

BERICHT ÜBER INGENIEUR- UND BERATUNGSLEISTUNGEN

Berichtsinhalt

ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT RAUSDORF

Auftraggeberin

GEMEINDE RAUSDORF

c/ o Amt Trittau
Europaplatz 5
22946 Trittau

Auftragnehmerin

IPP ESN POWER ENGINEERING GMBH

Am Kiel-Kanal 44
24106 Kiel

In Kooperation mit

FRANK IMMOBILIEN UND LEBENSFORMATE GMBH

Stadtdeich 7
20097 Hamburg

Ansprechpartner

JÜRGEN MEEREIS
Tel.: +49 431 200871-844
E-Mail: j.meereis@ipp-esn.de

Kiel, den 27. Februar 2026

Auftraggeber: Gemeinde Rausdorf
c/o Amt Trittau
Europaplatz 5
22946 Trittau

Ansprechpartner: Annerose Lüdtko, Bürgermeisterin der Gemeinde Rausdorf
Tel. 04154 6719, a.luedtke@rausdorf.com

Auftragnehmer: IPP ESN Power Engineering GmbH
Am Kiel-Kanal 44
24106 Kiel

Bearbeitung:
Patrice Ahmadi M.Eng., Dipl.-Phys. Jürgen Meereis,
Kateryna Thomsen M.Eng.

in Kooperation mit: FRANK Immobilien und Lebensformate GmbH
Stadtdeich 7
20097 Hamburg

Bearbeitung:
Energieberaterin Elide Cornacchia M.Sc., Noah Schöning M.Sc.

Stand: Überarbeitete Endfassung, 27. Februar 2026

Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen und Berechnungen war, sofern an einzelnen Stellen kein abweichendes Datum genannt ist, Mai 2025.

Förderhinweis: Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier Rausdorf wurde gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“.

Gefördert durch



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages

INHALTSVERZEICHNIS

1. Tabellenverzeichnis	1
2. Abbildungsverzeichnis	3
3. Abkürzungsverzeichnis	6
4. Zusammenfassung	8
4.1 Zentrale Ergebnisse	8
4.1.1 Reduktion des Wärmebedarfs	8
4.1.2 Wärmeversorgung	9
4.1.3 Mobilität	11
4.1.4 Photovoltaik	11
4.1.5 Klimaanpassung	12
4.2 Checkliste KfW energetische Stadtsanierung	12
5. Bestandsaufnahme	13
5.1 Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers	13
5.2 Gebäude- und Heizungsbestand	14
5.2.1 Wohnbebauung	14
5.2.2 Derzeitige Wärmeerzeugung	16
5.2.3 Ergebnisse der Fragebogenaktion zur Ist-Situation der Wohngebäude	18
5.2.4 Öffentliche Liegenschaften	20
5.3 Energie- und CO ₂ -Bilanz des Quartiers	20
5.4 Zusammenfassung Bestandsaufnahme	23
6. Energie- und CO ₂ -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung	25
6.1 Gebäudesanierungspotenzial – Vorgehensweise, Rahmenbedingungen	25
6.2 Förderprogramme und Umfeld für die Energetische Sanierung	25
6.2.1 Übersicht	25
6.2.2 KfW-Förderung Einzelmaßnahmen an der Heiztechnik	27
6.3 Mustersanierungsberatungen	27
6.3.1 Mustersanierungskonzept 1	29
6.3.2 Mustersanierungskonzept 2	38
6.3.3 Mustersanierungskonzept 3	47
6.3.4 Sanierungsrate	55
6.3.5 Zusammenfassende Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte von Wohngebäuden	56
6.4 Öffentliche Liegenschaft: Bürgerhaus / Feuerwehrgerätehaus	57
7. Versorgungsoptionen und -szenarien	61

7.1	Zentrale Versorgungsoptionen	61
7.1.1	Technische Versorgungslösungen	61
7.1.2	Entwurf Wärmenetz	63
7.1.3	Energiewirtschaftliche Ansätze	65
7.1.4	Anlagendimensionierung und Energiebilanzen	66
7.1.5	Investitionsschätzung.....	68
7.1.6	Wirtschaftlichkeitsberechnungen.....	69
7.1.7	CO ₂ -Bilanz und Primärenergiefaktor	71
7.1.8	Betreibermodelle.....	72
7.2	Dezentrale Versorgungsoptionen.....	75
7.3	Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen	77
7.4	Sensitivitätsanalysen	78
7.5	Zusammenfassung Wärmeerzeugung	83
8.	Mobilität	84
9.	Nutzung von Photovoltaik	89
9.1	Szenario 1: Dreipersonenhaushalt	90
9.2	Szenario 2: Dreipersonenhaushalt mit Stromspeicher	93
9.3	Szenario 3: Dreipersonenhaushalt mit Wärmepumpe	95
9.4	Szenario 4 & 5: Dreipersonenhaushalt mit Wärmepumpe und Speicher	98
9.5	Szenario 6: Dreipersonenhaushalt mit Stromspeicher und E-Auto	105
9.6	Ergebniszusammenfassung und Fazit	107
10.	Klimaanpassung	109
10.1	Anpassung an Starkregenereignisse.....	109
10.2	Waldbrandgefahr	110
11.	Gesamtenergiebilanz.....	112
12.	Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung	114
12.1	Gebäudesanierung	114
12.2	Leitungsgebundene Wärmeversorgung	114
12.2.1	Technische Herausforderungen	114
12.2.2	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen	114
12.2.3	Wirtschaftliche Herausforderungen	115
12.3	Mobilität	115
12.4	Photovoltaik	115
12.5	Klimaanpassung	115
13.	Öffentlichkeitsarbeit.....	117

13.1	Lenkungsgruppe	117
13.2	Allgemeine Öffentlichkeit.....	117
14.	Controlling-Konzept.....	119
14.1	Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	119
14.2	Bewertungsindikatoren.....	119
14.3	Dokumentation.....	120
15.	Umsetzungsempfehlungen	121
15.1	Maßnahmenkataloge	121
15.2	Zeitplan.....	136
16.	Literaturverzeichnis	137
17.	Anhang: Detaillierte Berechnungen der Versorgungsvarianten.....	141

1. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW.....	12
Tabelle 5-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers.....	20
Tabelle 5-2: Heizenergiebedarf im Quartier.....	22
Tabelle 5-3: CO ₂ -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger gemäß GEG	23
Tabelle 5-4: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO ₂ - und Primärenergiebilanz des Quartiers	23
Tabelle 6-1: Förderung und Boni Kredit 261 (BMWK, 2024).....	26
Tabelle 6-2: Förderrichtlinie BEG Einzelmaßnahmen seit 01.01.2024 (BMWK, 2023).....	27
Tabelle 6-3: Bauteile IST-Zustand, MSK 1	31
Tabelle 6-4: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 1	34
Tabelle 6-5: Variantenvergleich, MSK 1	34
Tabelle 6-6: Kostenschätzung Sanierungsvarianten MSK 1	37
Tabelle 6-7: Bauteile Ist-Zustand.....	40
Tabelle 6-8: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 2	43
Tabelle 6-9: Variantenvergleich MSK 2	43
Tabelle 6-10: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 2	46
Tabelle 6-11: Bauteile Ist-Zustand.....	49
Tabelle 6-12: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 3	51
Tabelle 6-13: Variantenvergleich MSK 3	51
Tabelle 6-14: Kostenschätzung MSK 3	54
Tabelle 6-15: IST-Zustand Bürgerhaus / Feuerwehrgerätehaus	58
Tabelle 6-16: Sanierungsempfehlungen Bürgerhaus / Feuerwehrgerätehaus	59
Tabelle 7-1: Energiewirtschaftliche Ansätze der zentralen Versorgungsvarianten	66
Tabelle 7-2: Parameter der Netzvarianten im Überblick	66
Tabelle 7-3: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO ₂ - und Primärenergiebilanz nach Erschließung eines Wärmenetzes mit 80 % Anschlussquote	72
Tabelle 7-4: Übersicht Betreibermodelle	74
Tabelle 7-5: Energiewirtschaftliche Ansätze der dezentralen Versorgungsvarianten	76
Tabelle 7-6: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse	79
Tabelle 8-1: Auspendler*innen aus Rausdorf	88
Tabelle 9-1: Energiewirtschaftliche Ansätze für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der PV- Anlagen.....	89
Tabelle 9-2: Ergebniszusammenfassung 7,5 und 2,4 kW _p	107
Tabelle 11-1: Gesamtenergiebilanz des Quartiers.....	113
Tabelle 14-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung des Quartierskonzeptes	120
Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen - Übersicht.....	121

Tabelle 15-2: Maßnahmensteckbrief „Vertiefte Sanierungsberatungen“	122
Tabelle 15-3: Maßnahmensteckbrief „Gemeinsame Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und Versorgungsanlagen“	123
Tabelle 15-4: Maßnahmensteckbrief „Kommunale Wärmeplanung“	124
Tabelle 15-5: Maßnahmensteckbrief „Weitere Hausanschlüsse Wärmenetz“	125
Tabelle 15-6: Maßnahmensteckbrief „Grundstücke mit Straßenüberflutung bei Starkregen“ ...	126
Tabelle 15-7: Maßnahmensteckbrief „Rigolen“	127
Tabelle 15-8: Maßnahmensteckbrief „Waldbrand-Prävention“	128
Tabelle 15-9: Maßnahmensteckbrief „Verkehrsberuhigung / Zebrastreifen“	129
Tabelle 15-10: Maßnahmensteckbrief „Ausweitung ÖPNV / hvv hop“	130
Tabelle 15-11: Maßnahmensteckbrief „Rentner- / Einkaufsbus“	131
Tabelle 15-12: Maßnahmensteckbrief „Mitfahrbank / Mitfahrapp“	132
Tabelle 15-13: Maßnahmensteckbrief „Fahrradstation“	133
Tabelle 15-14: Maßnahmensteckbrief „Wanderwege & Bänke“	134
Tabelle 15-15: Maßnahmensteckbrief „Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen und operative Umsetzung“	135
Tabelle 15-16: Indikativer Zeitplan der Maßnahmenumsetzung	136
Tabelle 17-1: Investitionskosten der untersuchten Varianten für das Wärmenetz.....	141
Tabelle 17-2: Wärmegestehungskosten der untersuchten zentralen Versorgungsvarianten....	143

2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4-1: Vollkostenvergleich und Treibhausgasemissionen Wärmenetz (blau unterlegt) mit dezentralen Versorgungsoptionen für ein quartierstypisches Einfamilienhaus	10
Abbildung 5-1: Lage der Gemeinde Rausdorf im Kreis Stormarn im Land Schleswig-Holstein, Kartengrundlage (OpenStreetMap, o. J.)	13
Abbildung 5-2: Das Quartier Rausdorf.....	14
Abbildung 5-3: Wohngebäudetypen in Rausdorf (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023).....	15
Abbildung 5-4: Baualtersklassen Gemeinde Rausdorf (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)	15
Abbildung 5-5: Anzahl der fossilen Heizungskessel nach Baujahren verteilt	16
Abbildung 5-6: Verteilung der Feuerstätten nach eingesetztem Energieträger	17
Abbildung 5-7: Alter der Ölkessel	17
Abbildung 5-8: Alter der Erdgaskessel	18
Abbildung 5-9: Fragebogen für alle Haushalte im Quartier.....	19
Abbildung 5-10: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses.....	21
Abbildung 5-11: Wärmeatlas des Quartiers Rausdorf.....	21
Abbildung 5-12: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern	22
Abbildung 6-1: Mustersanierungsobjekt 1, Vorderansicht.....	29
Abbildung 6-2: 3D Modellierung, erstellt mit dem Programm Hottgenroth	30
Abbildung 6-3: Thermische Gebäudehülle	30
Abbildung 6-4: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 1	32
Abbildung 6-5: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 1	32
Abbildung 6-6: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 1.....	33
Abbildung 6-7: Bewertung Variante 1, MSK 1	35
Abbildung 6-8: Bewertung Variante 2, MSK 1	35
Abbildung 6-9: Bewertung Variante 3, MSK 1	36
Abbildung 6-10: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 1, *Amortisationszeit in Jahren mit/ohne Sowieso-Kosten.....	38
Abbildung 6-11: Mustersanierungsobjekt 2, Vorderansicht.....	38
Abbildung 6-12: 3D Modellierung, erstellt mit dem Programm Hottgenroth	39
Abbildung 6-13: Thermische Gebäudehülle	39
Abbildung 6-14: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 2	41
Abbildung 6-15: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 2	41
Abbildung 6-16: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 2.....	42
Abbildung 6-17: Bewertung Variante 1, MSK 2	44
Abbildung 6-18: Bewertung Variante 2, MSK 2	44
Abbildung 6-19: Bewertung Variante 4, MSK 2	45

Abbildung 6-20: Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren, MSK 2, *Amortisationszeit in Jahren mit/ohne Sowieso-Kosten	46
Abbildung 6-21: Mustersanierungsobjekt 3, Vorderansicht.....	47
Abbildung 6-22: 3D Modellierung, erstellt mit dem Programm Hottgenroth	47
Abbildung 6-23: Thermische Gebäudehülle MSK 3	48
Abbildung 6-24: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 3	49
Abbildung 6-25: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 3	50
Abbildung 6-26: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 3.....	50
Abbildung 6-27: Bewertung Variante 1, MSK 3	52
Abbildung 6-28: Bewertung Variante 2, MSK 3	53
Abbildung 6-29: MSK 3, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren, *Amortisationszeit in Jahren mit / ohne Sowieso-Kosten	55
Abbildung 6-30: Entwicklung Wärmebedarf durch Gebäudesanierung	56
Abbildung 6-31: Außenansicht Bürgerhaus und Feuerwehrgerätehaus mit Anbau (v. l.).....	58
Abbildung 7-1: Bestandsnetz und potenzielles Wärmenetz.....	64
Abbildung 7-2: Anteile an der Wärmeerzeugung in den betrachteten Versorgungsvarianten für potenzielle Wärmenetze.....	68
Abbildung 7-3: Investitionskosten und BEW-Förderung (Zahlen: resultierender Saldo) für mögliche Wärmenetzsysteme	69
Abbildung 7-4: Gestehungskosten der zentralen Versorgungsvarianten für das potenzielle Wärmenetz im Ortskern (brutto).....	70
Abbildung 7-5: Wärmekosten pro Jahr bei einem Wärmebedarf in Höhe von 20 MWh (brutto)	71
Abbildung 7-6: Vergleich der wirtschaftlichsten Fernwärmevariante eines Ausbaus in neuen Versorgungsgebieten mit den typischen zur Verfügung stehenden dezentralen Heizungstechnologien - Wirtschaftlichkeit (alle Kosten inkl. MwSt.) und Klimabilanz.....	77
Abbildung 7-7: Darstellung der Abhängigkeiten der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Energiepreis für Holzhackschnitzel für den Einsatz im zentralen Hackschnitzelkessel	80
Abbildung 7-8: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Energiepreis für Strom für den Einsatz im Wärmenetz	80
Abbildung 7-9: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Energiepreis für Abwärme des Biogas-BHKW für den Einsatz im Wärmenetz	81
Abbildung 7-10: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh von der Anschlussquote der Gebäude des Quartiers	82
Abbildung 7-11: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Kapitalzinssatz.....	82
Abbildung 7-12: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh von den Baukosten des Wärmenetzes	83
Abbildung 8-1: Impressionen vom BarCamp Mobilität	84

Abbildung 8-2: Ergebnisse des BarCamps „Mobilität in Rausdorf“	87
Abbildung 9-1: Energieflussdiagramm - Dreipersonenhaushalt, Quelle: PV*SOL.....	90
Abbildung 9-2: Kumulierter Cashflow von Szenario 1 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	91
Abbildung 9-3: Kumulierter Cashflow von Szenario 1 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	92
Abbildung 9-4: Energieflussdiagramm Szenario 2, Quelle: PV*SOL.....	93
Abbildung 9-5: Kumulierter Cashflow von Szenario 2 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	94
Abbildung 9-6: Kumulierter Cashflow von Szenario 2 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	94
Abbildung 9-7: Nutzung des PV-Stroms bei Einsatz einer Wärmepumpe, Quelle: PV*SOL.....	95
Abbildung 9-8: Deckungsgrad Szenario 3, Quelle: PV*SOL	96
Abbildung 9-9: Kumulierter Cashflow von Szenario 3 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	97
Abbildung 9-10: Kumulierter Cashflow von Szenario 3 mit Strompreissteigerung.....	97
Abbildung 9-11: Nutzung des PV-Stroms bei Einsatz einer Wärmepumpe und 5 kWh Speicher, Quelle: PV*SOL	98
Abbildung 9-12: Nutzung des PV-Stroms monatsweise über ein Jahr, Quelle: PV*SOL.....	99
Abbildung 9-13: Deckungsgrad Szenario 4, Quelle: PV*SOL	100
Abbildung 9-14: Deckung des Verbrauchs monatsweise über ein Jahr, Quelle: PV*SOL.....	100
Abbildung 9-15: Kumulierter Cashflow von Szenario 4 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	101
Abbildung 9-16: Kumulierter Cashflow von Szenario 4 mit Strompreissteigerung.....	102
Abbildung 9-17: Kumulierter Cashflow von Szenario 5 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	103
Abbildung 9-18: Kumulierter Cashflow von Szenario 5 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	104
Abbildung 9-19: Energieflussdiagramm Szenario 6, Quelle: PV*SOL.....	105
Abbildung 9-20: Kumulierter Cashflow Szenario 6 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	106
Abbildung 9-21: Kumulierter Cashflow Szenario 6 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL	107
Abbildung 10-1: Vulnerable Straßenräume bei Starkregenereignissen	109
Abbildung 13-1: Befragungsergebnisse und Eindrücke von der ersten öffentlichen Veranstaltung.....	118

3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
AfA	Absetzung für Abnutzung (Abschreibungen)
ALKIS	Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz)
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BfA	Bundesagentur für Arbeit
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMWT	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DWD	Deutscher Wetterdienst
EE	Erneuerbare Energien / Energieträger
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EFH	Einfamilienhaus
EG	Erdgeschoß
EH	Effizienzhaus
el	elektrisch(e) (Arbeit oder Leistung)
EU	Europäische Union
EWKG	Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein)
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GO	Gemeindeordnung
h	Stunde
Hi	Heizwert
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IB.SH	Investitionsbank Schleswig-Holstein
IfEU	Institut für Energie- und Umweltforschung
IPP ESN	IPP ESN Power Engineering GmbH
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan

IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW _p	Spitzenleistung von Photovoltaikanlagen bei optimaler Sonneneinstrahlung („Kilowatt peak“)
LfU	Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein
LoD	Level of Detail
LS	Luftschicht
MaStR	Marktstammdatenregister
MIV	motorisierter Individualverkehr
MSK	Mustersanierungskonzept
NAH.SH	Nahverkehrsverbund Schleswig-Holstein GmbH
NH	Nachhaltigkeitsklasse in der BEG
NT	Niedertemperatur
NW	Nahwärme
NWG	Nichtwohngebäude
o. J.	ohne Jahresangabe
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
PV	Photovoltaik
QGIS	Quantum Geographic Information System
SerSan	Serielle Sanierung
SH	Schleswig-Holstein
SM	Sanierungsmanagement (im Rahmen des Programms „KfW 432“)
T€	1000 Euro
t	Tonne
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
V	Sanierungsvariante
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WE	Wohneinheit
WG	Wohngebäude
WLG	Wärmeleitgruppe
WP	Wärmepumpe
WPB	Worst Performing Building (Wohn- oder Nichtwohngebäude, die hinsichtlich des energetischen Sanierungszustands zu den schlechtesten 25 % der Gebäude in Deutschland gehören.
WPG	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz)

4. ZUSAMMENFASSUNG

4.1 ZENTRALE ERGEBNISSE

Das energetische Quartierskonzept befasste sich mit den Möglichkeiten

- den Wärmebedarf der privaten und öffentlichen Liegenschaften des Quartiers zu senken,
- den verbleibenden Wärmebedarf weitestgehend klimaneutral zu decken,
- einer bedarfsgerechten und klimafreundlichen Mobilität, im Rahmen der kommunalen Handlungsmöglichkeiten
- dezentraler Photovoltaikanlagen und
- der Klimaanpassung an vulnerablen Bereichen.

4.1.1 REDUKTION DES WÄRMEBEDARFS

Die Bebauungsstruktur im Quartier wird durch Einfamilienhäuser verschiedener Baualtersklassen geprägt. Diese weisen heterogene Sanierungsstände auf und verfügen häufig über fossile Heizungen.

Bei vielen Wohngebäuden sind energetische Sanierungspotenziale, insbesondere im Bereich der Gebäudehülle, festzustellen. Auch geringinvestive Maßnahmen wie Einblasdämmungen können bei einem entsprechenden Mauerwerk direkt zu positiven Einspareffekten führen. Eine Komplettsanierung zum Effizienzhaus ist für die meisten Gebäude nicht sinnvoll, da technisch nicht möglich und / oder wirtschaftlich nicht darstellbar.

Viele Gebäude verfügen nur teilweise über moderne Fenster und Türen, so dass sich ein Austausch gegen Elemente mit höherer Wärmedämmfunktion anbietet. Diese Maßnahmen sind insbesondere dann zu empfehlen, wenn Undichtigkeiten auftreten oder aus anderen Gründen ohnehin ein Austausch ansteht. Die Installation von Wärmepumpen kann eine sinnvolle Maßnahme sein, um unter Nutzung der aktuellen Förderlandschaft die Wärmeversorgung zu modernisieren und zu dekarbonisieren.

Die in diesem Bericht beschriebenen Mustersanierungskonzepte zeigen wirtschaftlich darstellbare Sanierungsvarianten mit bis über 80 % Endenergieersparnis auf. Diese sind häufig durch einen Heizungstausch hin zu regenerativen Heizungstypen erreichbar. Hier ist eine erhöhte Sanierungstätigkeit zu erwarten, auch weil ein Wärmenetz in Rausdorf aktuell nicht wirtschaftlich ist (vgl. Kapitel 4.1.2). Zwar ist eine Sanierungsrate in Rausdorf von 2 % p. a. realistisch, wie hoch diese tatsächlich ausfällt ist allerdings von der zukünftigen Förderlandschaft, den Baukosten sowie der Handwerkerverfügbarkeit abhängig.

Handlungsempfehlung:

Aufgrund des Baualters vieler Gebäude und den daraus resultierenden energetischen Einsparpotentialen sind kontinuierliche Betrachtungen des Gebäudebestandes sinnvoll. Die Gemeinde sollte daher immer wieder für Sanierungsberatungen des restlichen Bestandes, unter Einbeziehung von Energieeffizienzexperten oder (niedrigschwellig) der Verbrauchzentrale oder von Haus & Grund, gefördert durch das Land Schleswig-Holstein (Haus & Grund SH, o. J.), werben.

4.1.2 WÄRMEVERSORGUNG

Im Quartier besteht bereits ein kleines Wärmenetz mit fünf Anschlussnehmern. Die dafür erforderliche Wärme stammt aus einem Blockheizkraftwerk, das mit Biogas aus einer Biogasanlage betrieben wird.

Die ansonsten gegebene dezentrale Wärmeversorgung erfolgt über Heizkessel, die mit Erdgas (63 Anlagen, davon zwei Flüssiggaskessel) und Heizöl (21 Anlagen) sowie vier Stromheizungen betrieben werden. Außerdem gibt es 79 Scheitholz-Kaminöfen als Einzelraumheizung. Es ist anzunehmen, dass diese in der Regel ergänzend zu den oben genannten Heizungsanlagen eingesetzt werden.

Für die zukünftige Wärmeversorgung des Quartiers gibt es grundsätzlich zwei mögliche Ansätze, um die Klimaneutralität zu erreichen:

- Dezentrale Wärmeversorgung: Der Ersatz bestehender Erdgas- und Heizölkessel durch Wärmeerzeuger, die erneuerbare Energieträger nutzen, wie beispielsweise Wärmepumpen oder Pelletkessel.
- Zentrale Wärmeversorgung: Der Aufbau eines neuen oder die Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes, bei dem die Wärme zentral in einer Heizzentrale auf Basis erneuerbarer Energien erzeugt und über Wärmeleitungen mit zirkulierendem Wasser zu den Verbrauchern transportiert wird.

Da die Förderung der Biogasanlage Ende 2026 ausläuft, ist ein Folgekonzept erforderlich. Daher wurde neben der Nutzung möglicher Alternativen wie eines Hackschnitzelkessel oder einer Luftwärmepumpe geprüft, inwieweit der Aufbau eines neuen BHKW zu einer wirtschaftlichen Versorgung des Ortskerns führen kann.

Die Abdeckung von Spitzenlasten und Redundanz könnten zunächst noch durch einen Erdgaskessel erfolgen.

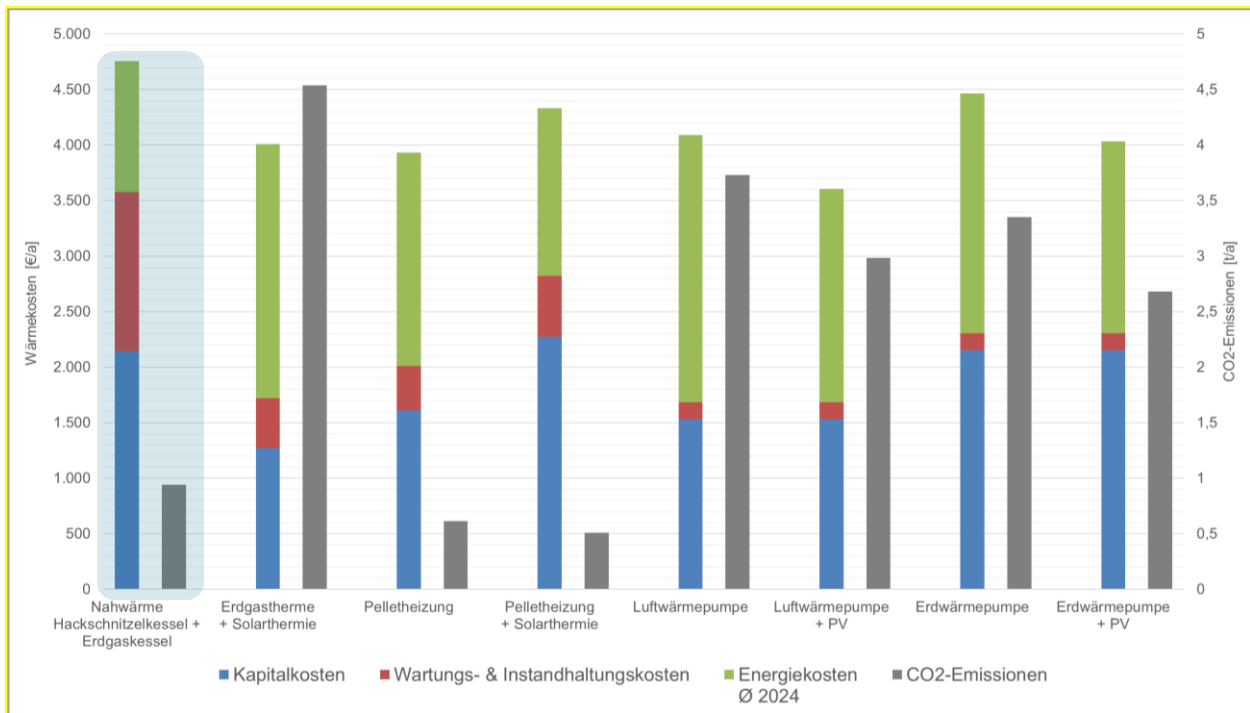


Abbildung 4-1: Vollkostenvergleich und Treibhausgasemissionen Wärmenetz (blau unterlegt) mit dezentralen Versorgungsoptionen für ein quartierstypisches Einfamilienhaus

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass ein den Ortskern versorgendes Wärmenetz zu Wärmekosten führen würde, die deutlich über denen dezentraler Versorgungsoptionen wie Wärmepumpen oder Pelletheizungen liegen. Der Hauptgrund dafür liegt in der geringen Wärmelinienendichte,¹ einem zentralen Indikator für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes: Die Berechnungen zeigen, dass die Wärmelinienendichte bei einer ambitionierten Anschlussquote von 80 % lediglich 0,61 MWh/(m·a) betragen würde. Diese niedrigen Werte resultieren aus dem recht großen Abstand zwischen vielen Gebäuden und der teilweise nur einseitigen Bebauung.

Abbildung 4-1 zeigt die Wärmekosten eines quartierstypischen Einfamilienhauses für ein wärmenetz (links) in Vergleich zu dezentralen Beheizungsvarianten. Dabei sind die aus den jeweiligen Investitionen resultierenden Kapitalkosten in blau, Wartungs- & Instandhaltungskosten in rosa und die Strom- bzw. Brennstoffkosten in grün dargestellt.²

Die Klimaauswirkungen der verschiedenen Varianten der Wärmegewinnung hängen maßgeblich davon ab, welche Stromerzeugung zugrunde gelegt wird. In Abbildung 4-1 wurden bei der Berechnung für die dezentrale Versorgung beim Bezug von Netzstrom die CO₂-Emissionen des deutschen Strommix zugrunde gelegt. Dadurch weisen Wärmepumpen in der dezentralen Versorgung vergleichsweise hohe CO₂-Emissionen auf.

Die CO₂-Emissionen beim Bezug von Netzstrom werden jedoch mit zunehmendem Anteil der regenerativen Stromerzeugung in den kommenden Jahren sukzessive zurückgehen. Da in Schleswig-Holstein 2023 26,2 Mio. MWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt und lediglich 15,1 MWh verbraucht wurden (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2024)

¹ Die Wärmelinienendichte gibt an, wie viel Wärme pro Meter Wärmeleitung jährlich aus einem Wärmenetz abgenommen würde.

² Fördermöglichkeiten für die Investitionskosten und ggf. die Betriebskosten (bei Großwärmepumpen eines Wärmenetzes) wurden im blauen bzw. grünen Block berücksichtigt.

sowie teilweise Anlagen zur Stromerzeugung mangels Transport- und Verwendungsmöglichkeiten abgeregelt werden, lässt sich auch argumentieren, dass in Schleswig-Holstein weit überwiegend echter Ökostrom zum Einsatz kommt und somit Wärmepumpen heute schon weitestgehend klimaneutral betrieben werden können.

Handlungsempfehlungen

Da die Erschließung bisher nicht über das Wärmenetz versorgter Bereiche bei den heutigen Investitionskosten insbesondere für den Bau von Wärmenetzen nicht wirtschaftlich darstellbar ist, ergibt sich für die Gemeinde kein Handlungsbedarf. Für die betroffenen Hauseigentümer besteht die wirtschaftlichste Variante zur Erfüllung der Vorgaben des GEG in Wärmepumpen, idealerweise mit teilweiser Stromnutzung durch eine eigene Photovoltaik-Anlage. Eine Umstellung steht spätestens dann an, wenn die bestehende Heizungsanlage ausfällt und nicht mehr reparierbar ist.

Sollten die Baukosten für Wärmenetze langfristig wieder sinken, könnten die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen aktualisiert werden. Allerdings ist damit zu rechnen, dass im Laufe der Zeit zunehmend Hauseigentümer auf Wärmepumpen umgestellt haben, so dass für ein Wärmenetz nur noch geringere Anschlussquoten verbleiben. Dies verschlechtert wiederum die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes.

4.1.3 MOBILITÄT

Die Handlungsmöglichkeiten einer Kommune wie Rausdorf mit etwa 230 Einwohner*innen im Bereich Mobilität sind begrenzt. Mögliche Maßnahmen, um Mobilität des Quartiers nutzungs- und klimafreundlicher zu gestalten, wurden daher partizipativ in einem alle Bewohner*innen angebotenen BarCamp identifiziert. Dieses ergab folgende Handlungsmöglichkeiten:

- Verkehrsberuhigung im Ortskern,
- Zebrastreifen an der zentralen Bushaltestelle,
- Verbesserung des ÖPNV-Rufbussystems „hvv hop“,
- Rentnerbus / Einkaufsbus,
- Mitfahrbank in Verbindung mit Mitfahrapp,
- Fahrrad-Servicestation (auch für durch das Quartier kommenden Tourist*innen) sowie
- Wanderwege und Bänke.

Da keine Datengrundlage in Form von Verkehrserhebungen des Quartiers, das je gemäß den Förderbestimmungen des Programms „KfW 432“ auch nur Teile der Kommune umfassen darf, vorliegen und die Effekte der o. g. Maßnahmen nicht quantifizierbar sind, können daraus keine möglichen CO₂-Reduzierungen abgeleitet werden.

Handlungsempfehlung:

Die Gemeinde sollte die im Rahmen des BarCamps vorgeschlagenen Maßnahmen weiter verfolgen und nach Möglichkeit umsetzen.

4.1.4 PHOTOVOLTAIK

Die exemplarischen Betrachtungen haben gezeigt, dass PV-Anlagen, sofern keine Verschattungen der Dächer vorliegen, in fast allen Szenarien wirtschaftlich zu betreiben sind.

Handlungsempfehlungen:

Im Rahmen ihrer Kommunikationsmöglichkeiten sollte die Gemeinde fortwährend auf die Wirtschaftlichkeit entsprechender Anlagen hinweisen. Ggf. könnten gemeinschaftliche Beschaffungen organisiert werden.

4.1.5 KLIMAAANPASSUNG

Klimaanpassung stellt auch im ruralen Raum eine Herausforderung für Kommunen und Bewohner dar. In Rausdorf wurden mehrere Orte identifiziert, die sich in der Vergangenheit vulnerable gegenüber Starkregenereignissen gezeigt haben.

Handlungsempfehlungen:

An den als vulnerabel identifizierten Orten können technische bzw. bauliche Maßnahmen im und am Straßenraum für eine verbesserte Retention und stärkeren Abfluss getroffen werden. Für Maßnahmen, die private Flächen betreffen, ist das Gespräch mit den Eigentümern zu suchen.

4.2 CHECKLISTE KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

Tabelle 4-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW

ZU BERÜCKSICHTIGENDE ASPEKTE	KAPITEL
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbesondere kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse)	5
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	nicht vorhanden
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	5.2
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	8
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	7
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	---
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	5.3, 6.3.5, 7.1.7
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	5.3, 6.2, 7
konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	6.3, 6.4, 7.1, 7.2, 7.5, 8, 9, 10, 15
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	11
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	6.3, 6.4, 7, 9
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne / Handlungskonzepte	8, 13
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten).	15
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	14
Bei Digitalisierungsvorhaben: Nutzung von Open Source-Ansätzen und offenen Standards; Beachtung von Datenschutz und -sicherheit	---

5. BESTANDSAUFNAHME

5.1 RÄUMLICHE LAGE UND FUNKTIONEN DES QUARTIERS

Rausdorf ist eine Gemeinde im Kreis Stormarn in Schleswig-Holstein ca. 20 km nordöstlich von Hamburg (Abbildung 5-1). Die Gemeinde hat circa 230 Einwohnerinnen und Einwohner und gehört zum Amt Trittau (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023).

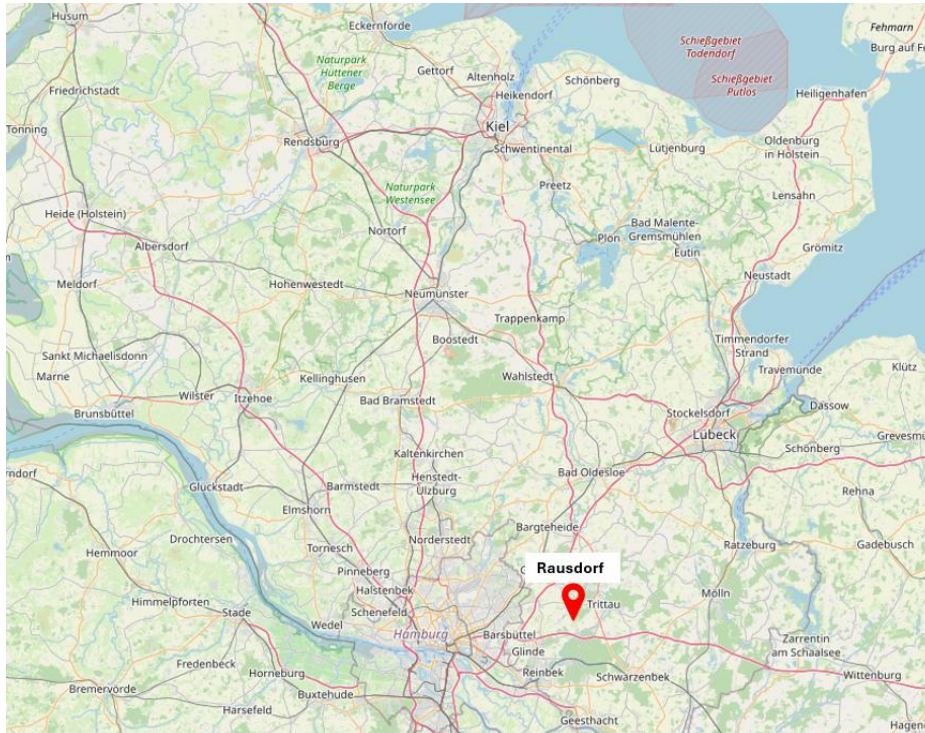


Abbildung 5-1: Lage der Gemeinde Rausdorf im Kreis Stormarn im Land Schleswig-Holstein, Kartengrundlage (OpenStreetMap, o. J.)

Das in Abbildung 5-2 dargestellte Quartiersgebiet ist nicht komplett deckungsgleich mit dem Rausdorfer Gemeindegebiet, enthält aber einen Großteil der Wohnbebauung. Gebäudeseitig handelt es sich überwiegend um Wohngebäude. Des Weiteren sind vier landwirtschaftliche Betriebe und vereinzelte Gewerbebetriebe im Quartier angesiedelt. Schulen, Kindergärten und medizinische Angebote befinden sich im ca. 6 km entfernten Trittau.

Für das Quartier werden aufgrund der o. g. Verhältnisse die Daten des gesamten Gemeindegebietes zur Analyse der Bevölkerungsentwicklung und der Baufertigstellungen verwendet.

Die Bevölkerungszahl von Rausdorf ist seit Beginn der 2000er Jahre konstant. Während im Jahr 2000 235 Personen in Rausdorf lebten, waren es im Jahr 2023 231 bei einem Durchschnittsalter von 47 Jahren (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023). Zur Volkszählung im Jahr 1987 lebten 199 Personen in der Gemeinde (Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein, 1987).

Rausdorf und das Amt Trittau gelten als attraktive Wohnstandorte für berufstätige Pendler*innen nach Hamburg. Als ruhiger Ort mit naturnaher Umgebung kombiniert Rausdorf die Vorteile einer dörflichen Gemeinschaft mit einer hervorragenden Anbindung an die Stadt Hamburg.

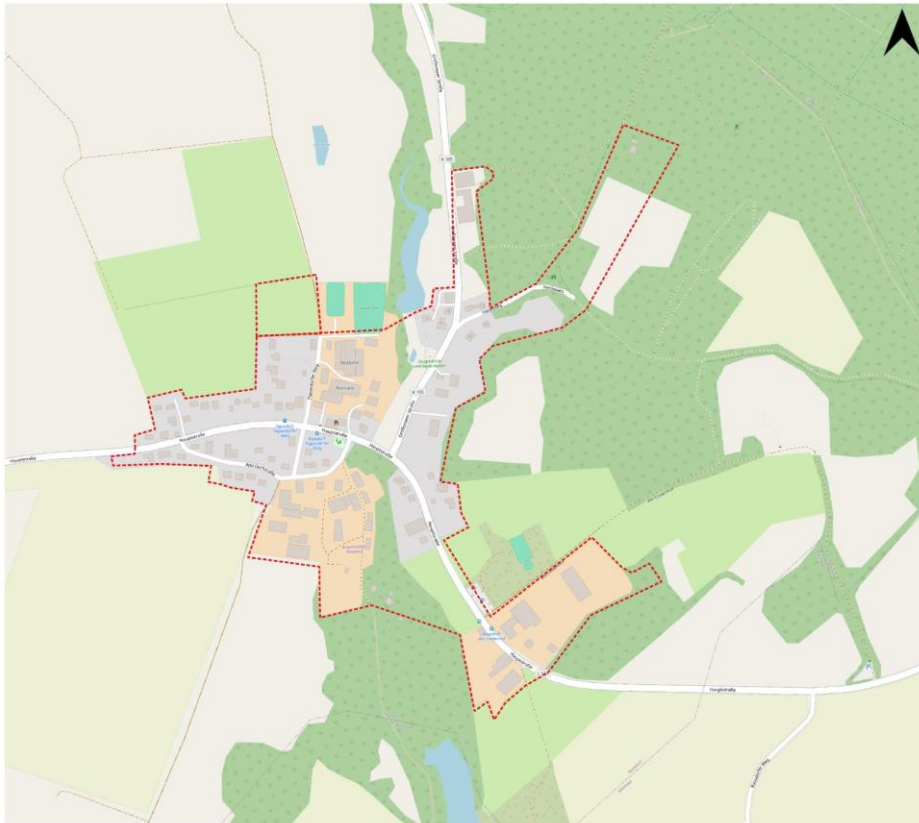


Abbildung 5-2: Das Quartier Rausdorf

5.2 GEBÄUDE- UND HEIZUNGSBESTAND

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

- Gasnetzdaten,
- Feuerstättendaten des Schornsteinfegers,
- Ergebnisse aus den im Quartier verteilten Fragebögen (vgl. [Abbildung 5-15](#)).

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

5.2.1 WOHNBEBAUUNG

Der Bestand der Wohngebäude in Rausdorf ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser und Doppelhäuser geprägt. Gebäude mit mehr als drei Wohneinheiten machen lediglich 4 % des Wohngebäudebestandes aus. Durch die Quartiersbegehung und die Auswertung von Luftbildern kann der hohe EFH-Anteil bestätigt werden.

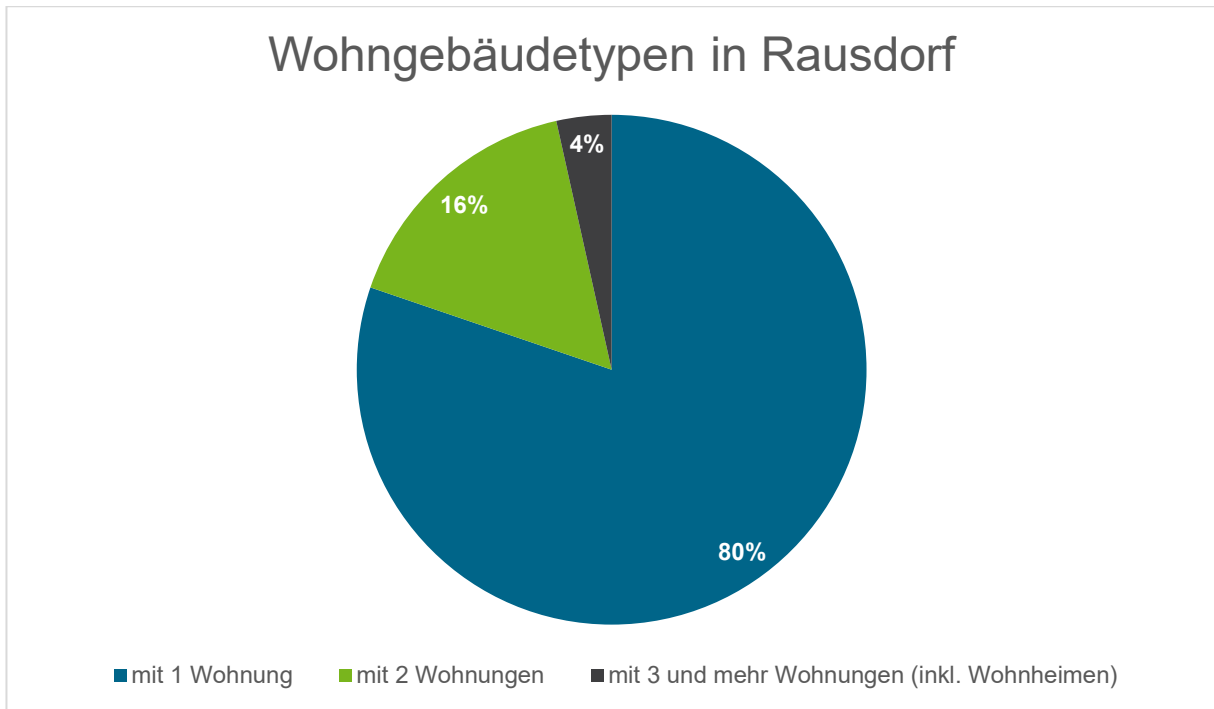


Abbildung 5-3: Wohngebäudetypen in Rausdorf (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023)

Die Wohngebäude in Rausdorf weisen heterogene Baualtersklassen auf. Grundlage dieser Untersuchung bilden Daten zu den Baujahren der Wohngebäude aus der Zensuserhebung von 2022. Diese beziehen sich auf das gesamte Gemeindegebiet und stellen Bauaktivitäten von vor 1919 bis zum Jahr 2021 dar. 2022 wurden 91 Wohngebäude in Rausdorf gezählt (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024).

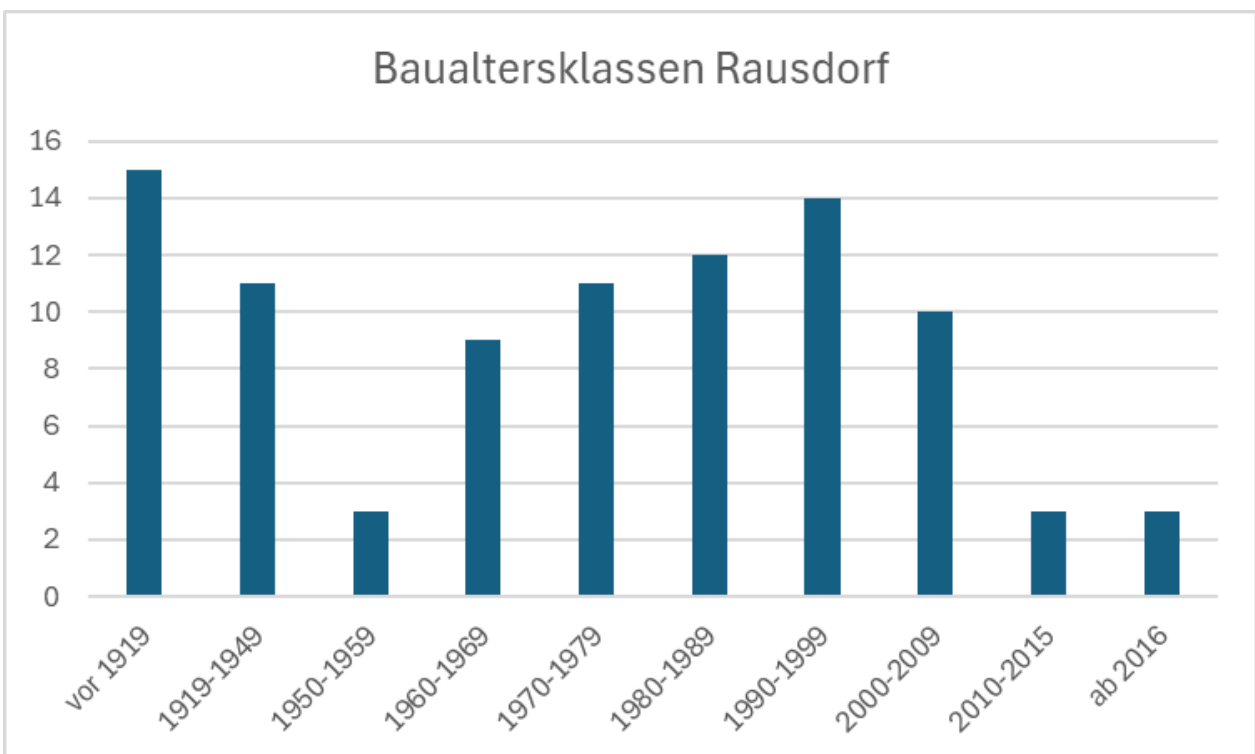


Abbildung 5-4: Baualtersklassen Gemeinde Rausdorf (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2024)

Wohngebäude aus der Zeit vor 1919 machen an einen hohen Anteil der Wohnbebauung in Rausdorf aus. Insbesondere entlang der Großenseer Straße stehen viele Gebäude, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts gebaut wurden (Riecken & Walther, 2009). Dies trifft auch auf den Bereich südlich der alten Dorfstraße zu. Des Weiteren sind viele Gebäude in den 80er und 90er Jahren entstanden. Entlang der Hauptstraße stehen diverse Baualtersklassen dicht beieinander. Nördlich des Papendorfer Wegs ist eine Erweiterung des Siedlungsgebietes geplant. Viele Einfamilienhäuser in Rausdorf werden durch die Eigentümer vermietet.

Es gibt keine denkmalgeschützten Gebäude im Quartiersgebiet.

5.2.2 DERZEITIGE WÄRMEERZEUGUNG

5.2.2.1 WÄRMENETZ

Die Wärmeversorgung der Gemeinde erfolgt größtenteils dezentral. Über ein kleines Wärmenetz werden die Liegenschaften des landwirtschaftlichen Betriebs und direkte Nachbarn versorgt. Die Inbetriebnahme der Biogas- und der KWK-Anlage mit einer thermischen Nutzleistung in Höhe von 232 kW erfolgte 2006. Die EEG-Förderung läuft demnach 2026 aus (Bundesnetzagentur, o. J.), sodass über den Fortbetrieb kurzfristig entschieden werden muss.

5.2.2.2 DEZENTRALE HEIZUNGSANLAGEN

Der zuständige Bezirksschornsteinfegermeister hat gemäß § 7 Abs. 11 EWKG die Daten der Feuerstättenschau zur weiteren Bearbeitung im Quartierskonzept anonym übergeben. Die Auswertung der Daten gibt Aufschluss über die relative Verteilung der eingesetzten Energieträger dezentraler Verbrennungs-Heizanlagen, das Alter dieser Wärmeerzeuger und auch über die Verwendung von Zusatzfeuerungen wie z. B. offenen Kaminen.

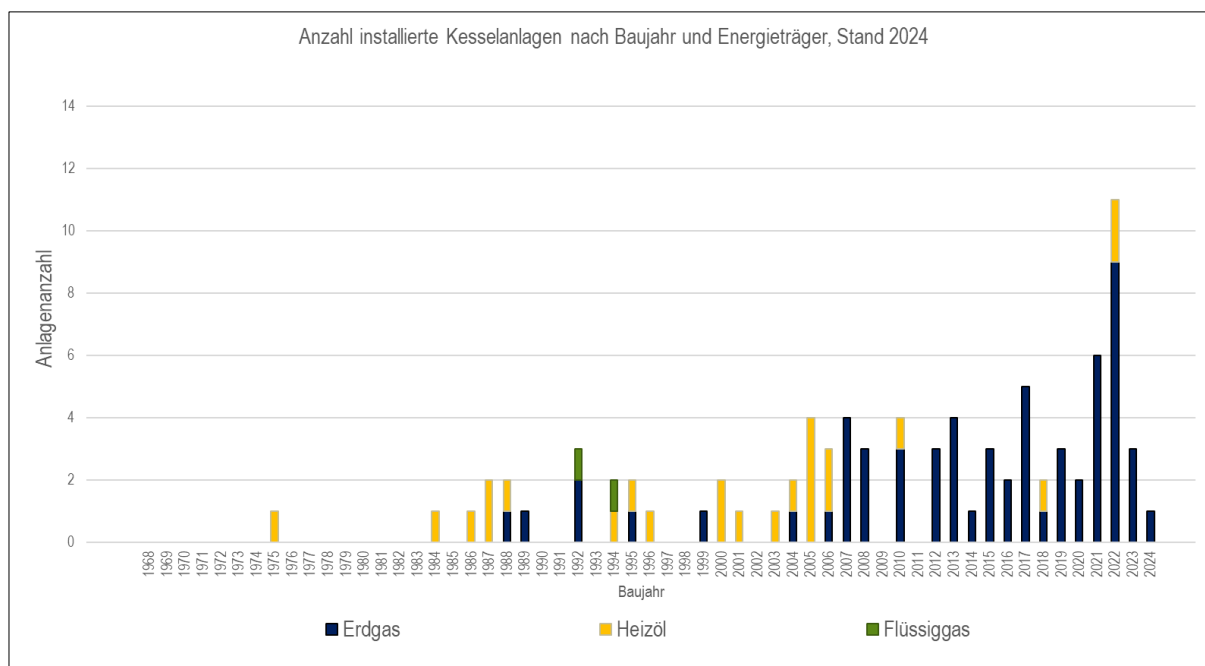


Abbildung 5-5: Anzahl der fossilen Heizungskessel nach Baujahren verteilt

Die Auswertung der Daten zeigt, dass zwei Drittel aller Wohngebäude zusätzlich zur primären Heizungsanlage über eine Feuerstätte für die Verbrennung von Scheitholz (79 Anlagen) verfügen. Dabei handelt es sich in über 95 % der Fälle um Einzelraumfeuerungen, die nicht in das

wasserführende Heizungssystem integriert sind. Scheitholz-Feuerstätten stellen damit die am häufigsten vertretene Feuerstättenart dar und werden in der Regel ergänzend zu anderen Heizungsanlagen genutzt. Ohne Berücksichtigung der Einzelraumfeuerungen dominieren in Rausdorf jedoch Erdgaskessel die Wärmeversorgung, gefolgt von Heizölheizungen.

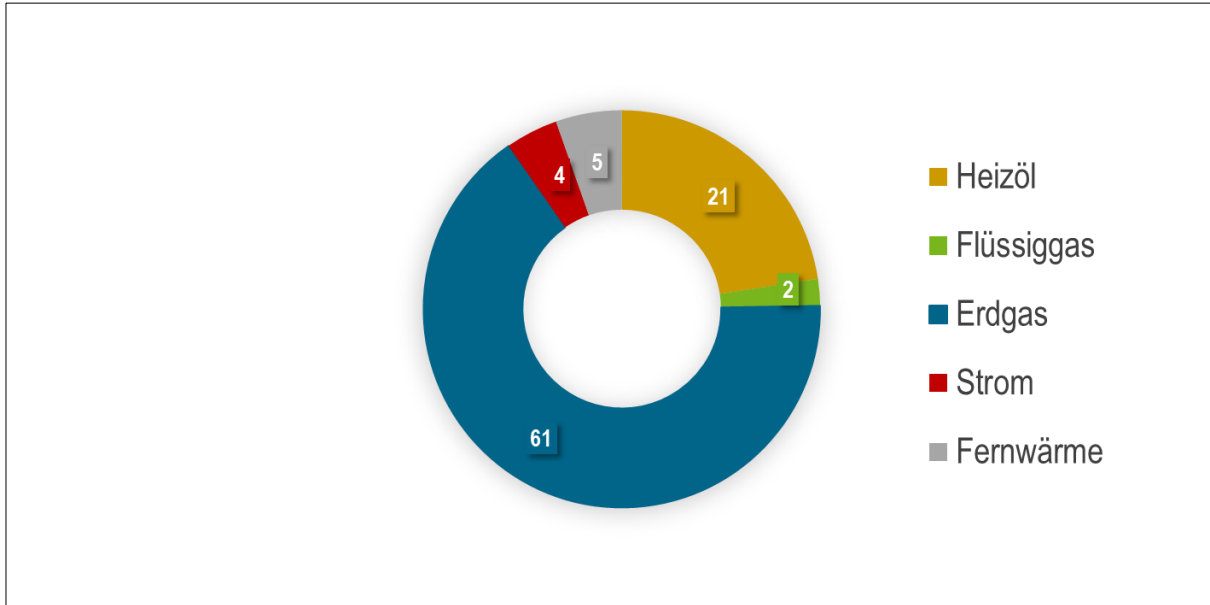


Abbildung 5-6: Verteilung der Feuerstätten nach eingesetztem Energieträger

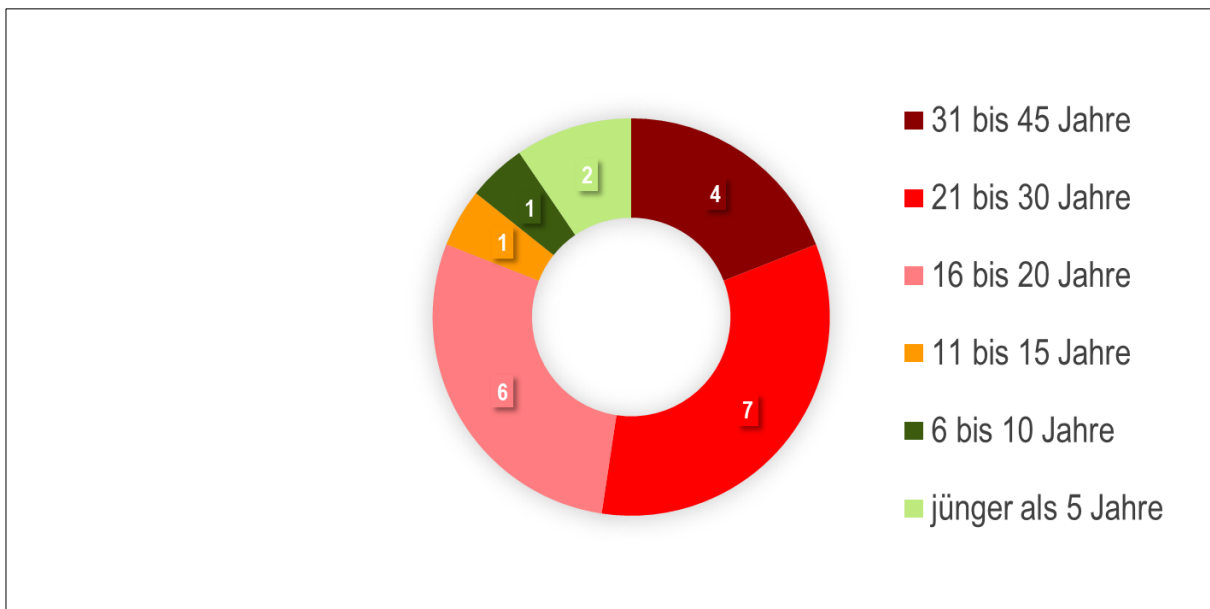


Abbildung 5-7: Alter der Ölkessel

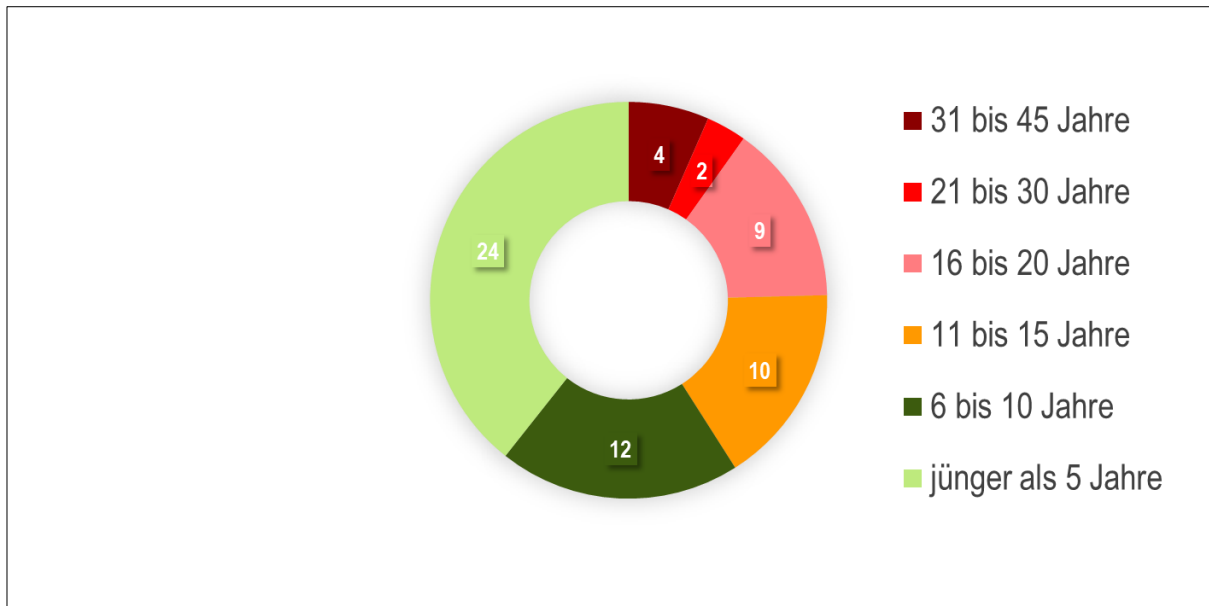


Abbildung 5-8: Alter der Erdgaskessel

Von den 21 installierten Heizölkesseln sind laut Feuerstättendatenbank elf älter als 20 Jahre und damit ersatzbedürftig. Bei den Erdgaskesseln sind lediglich sechs älter als 20 Jahre und damit ersatzbedürftig. Hier besteht - auch bei vorübergehender Beibehaltung einer fossilen Wärmezeugung - ein beträchtliches Energieeffizienzpotenzial, welches durch Optimierung der Regelung und Durchführung des hydraulischen Abgleichs i. H. v. rd. 20 bis 30 % hochgradig wirtschaftlich erschlossen werden kann (VdZ e. V. - Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie, 2024). 26 Hauseigentümer*innen haben erst in den vergangenen fünf Jahren neue Erdgaskessel eingebaut und sind somit, falls sie nicht eine relativ neue Anlage austauschen wollen, noch länger dem Risiko steigender Erdgaspreise ausgesetzt.

5.2.3 ERGEBNISSE DER FRAGEBOGENAKTION ZUR IST-SITUATION DER WOHNGEBÄUDE

Um die Abschätzung zum Wärmebedarf möglichst genau zu verifizieren sowie das Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung abzufragen, wurde ein Fragebogen erstellt (vgl. Abbildung 5-9). Dieser wurde an alle Haushalte des Quartiers verteilt und konnte auch online ausgefüllt werden.

Die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt überwiegend das grundsätzliche Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung (vgl. Tabelle 5-1).

Energetisches Quartierskonzept Rausdorf



Fragebogen

Im Quartierskonzept werden sowohl die Energie- und Kosteneinsparpotentiale im Bereich Gebäudesanierung als auch Optionen für eine zukunftsweisende Wärmeversorgung ermittelt. Um möglichst realistische Ergebnisse zu erarbeiten, wäre es hilfreich, Informationen zu Ihrer Heizung, dem Brennstoffverbrauch und Ihrem Gebäude aufzunehmen. **In einer Auftaktveranstaltung am 8. November 2024 um 18:00 Uhr im Bürgerhaus** (Hauptstr. 25) **möchten wir Sie genauer informieren**. Zudem können Sie sich um eine von drei kostenfreien Mustersanierungsberatung im Wert von über 1.000,- € bewerben.

Wir bitten Sie, diesen ausgefüllten Fragebogen entweder zur Auftaktveranstaltung mitzubringen oder ihn per E-Mail an v.lindemann@trittau.de zu senden, ihn beim Amt Trittau, Europaplatz 5, 22946 Trittau abzugeben oder ihn online auszufüllen. Sie tragen zu guten Ergebnissen des Konzeptes bei, wenn Sie den Fragebogen auch dann ausfüllen, wenn Sie derzeit kein Interesse an Gebäudesanierung oder einem Anschluss an ein Wärmenetz haben.

<https://easy-feedback.de/rausdorf/1893841/HEM285>



Das Beantworten der Fragen verpflichtet Sie zu nichts! Sollten Sie bei der Ermittlung der Daten Unterstützung benötigen oder sonstige Fragen haben, steht Ihnen Elide Cornacchia von der Firma FRANK Ecozwei gerne per Mail (elide.cornacchia@frank.de) oder telefonisch (0160 91380674) zur Verfügung.

1. Adresse des Objektes (Straße, Hausnr.) _____
2. Vorname, Name _____
3. Telefon / E-Mail _____
4. Wie viele Etagen hat das Gebäude? _____
5. Beheizte Wohnfläche _____ m²
6. Wann wurde Ihr Gebäude gebaut? Baujahr: _____
7. Sanierungen in den letzten Jahren (Maßnahme und Jahr): _____
8. Baujahr der Heizungsanlage _____ 9. Leistung der Heizungsanlage _____ kW
10. Brennstoff und Brennstoffverbrauch: Wie viel Energie benötigen Sie jährlich:
 - o Erdgas Verbrauch: _____ kWh oder m³ (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)
 - o Flüssiggas Verbrauch: _____ kWh oder Liter (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)
 - o Heizöl Verbrauch: _____ kWh oder Liter (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)
 - o Pellets Verbrauch: _____ kWh oder kg oder m³ (Nichtzutr. Einheiten bitte streichen!)
 - o Holz Verbrauch: _____ kg oder m³ (Nichtzutreffende Einheit bitte streichen!)
 - o Strom Verbrauch: _____ kWh (für Wärmepumpe Stromheizung)
 - o Nahwärme Verbrauch: _____ kWh
 - o Photovoltaik Leistung: _____ kW_p (hauseigene Anlage)
 - o Solarthermie Kollektor: _____ m² Kollektorfläche (hauseigene Anlage)
 - o Sonstiges Verbrauch: _____ Art der Heizung: _____
11. Art der Trinkwarmwasserbereitung: zentral über Heizungsanlage oder dezentral elektrisch
12. Grundsätzlich Interesse an einer klimafreundlichen, zentralen Wärmeversorgung? ja nein
13. Haben Sie Interesse an einer kostenlosen Energieberatung (Wert über 1000 €)? ja nein
14. Falls ja: Liegen Bauunterlagen vor? ja nein

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

Abbildung 5-9: Fragebogen für alle Haushalte im Quartier

Tabelle 5-1: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers

Charakteristik	Angabe	Anmerkung	
Abgegebene Fragebögen:	12		
Interesse an zentralen Wärmeversorgung	10	Ja	
	2	Nein	
Angabe Energieverbräuche	9	Mittelwert: 20,8 MWh/a	
Baualtersklasse vor 1949	4		
Baualtersklasse 1950-1964	-		
Baualtersklasse 1965-1979	3		
Baualtersklasse 1980-1999	4		
Baualtersklasse nach 2000	-		
Baujahr Heizung	1996-2024	Mittelwert: 2014	
Energieträger	4	Holz, Pellets	
	9	Erdgas	
	2	Heizöl	
	1	Strom	
	-	Flüssiggas	

5.2.4 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Im Quartier befinden sich eine öffentlich genutzte Einrichtung, das Bürger- und Feuerwehrgerätehaus.

5.3 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ DES QUARTIERS

Grundlage der Energie- und CO₂-Bilanzierung sind die abgeschätzten spezifischen Heizwärmebedarfe nach Baualtersklassen (siehe Kapitel 5.2.1). Die zweite notwendige Kenngröße ist die Energiebezugsfläche. Hier erfolgte die Abschätzung auf Basis von Geodaten. Das Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein stellt den Städten und Gemeinden in Schleswig-Holstein kostenfrei Geobasisdaten zur Verfügung.



Abbildung 5-10: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlasses

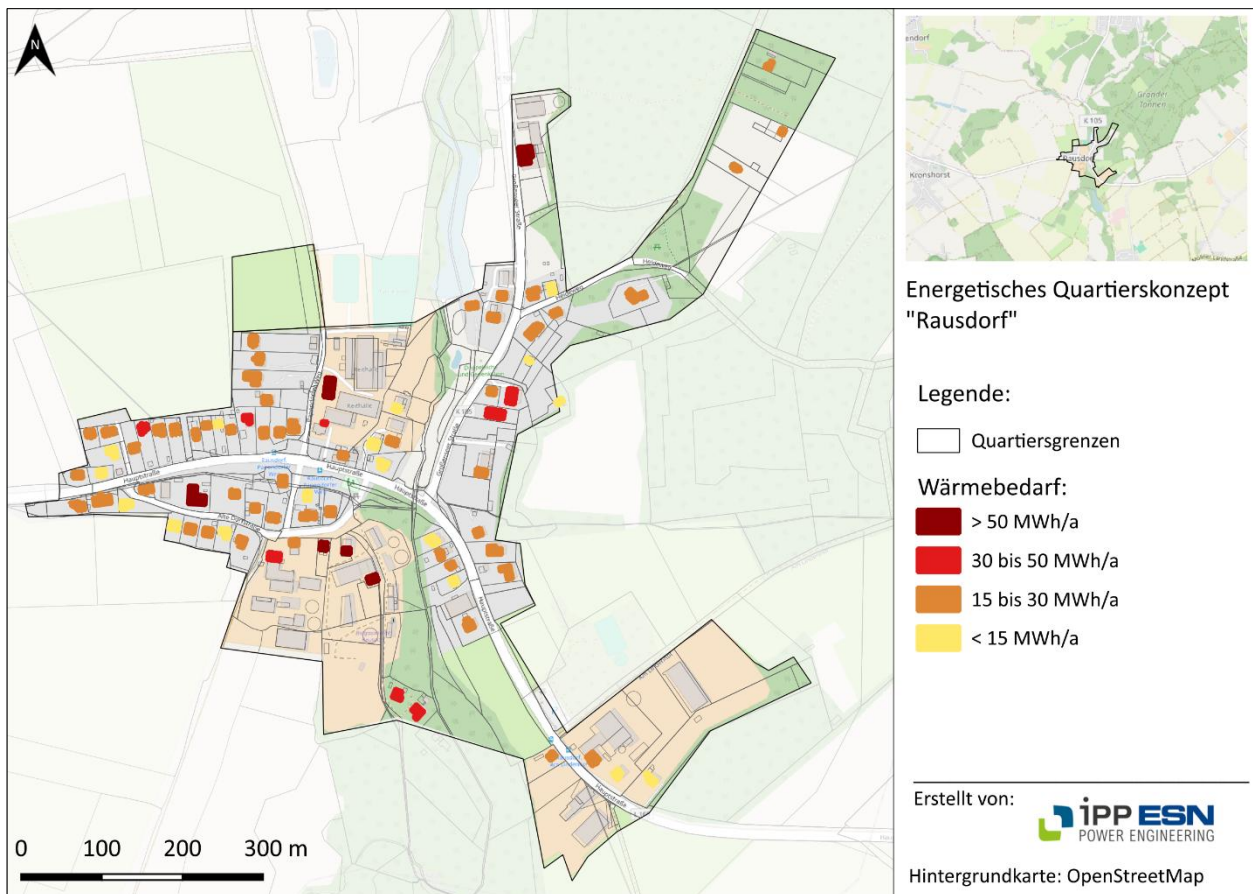


Abbildung 5-11: Wärmeatlas des Quartiers Rausdorf

Mit Hilfe des Liegenschaftskatasters und des 3D-Gebäudemodells (LoD1) konnten die Gebäudegrundflächen und die jeweilige Geschossanzahl ermittelt werden. Die so berechneten Heizenergiebedarfe je Gebäude wurden in einem letzten Schritt mit den übermittelten Realdaten der Fragebogenerhebung, des Gasverbrauchs und den Feuerstättendaten plausibilisiert.³

Das Ergebnis ist im Wärmetlas (vgl. Abbildung 5-11) dargestellt. Der gesamte Wärmebedarf des Quartiers beträgt 2.032 MWh/a.

Der Heizenergiebedarf im Quartier teilt sich gemäß Tabelle 5-2 auf Wohn- und Nichtwohngebäude auf.

Tabelle 5-2: Heizenergiebedarf im Quartier

Wohngebäude		Nichtwohngebäude		Gesamt	
Anzahl	MWh/a	Anzahl	MWh/a	Anzahl	MWh/a
85	1.996	3	36	88	2.032

Abbildung 5-12 zeigt die Verteilung der Energieträger im Quartier auf Basis der Auswertungen der Feuerstättendaten und der ergänzenden Plausibilitätsprüfungen aus den Gasverbrauchsdaten. Die Abbildung verdeutlicht den hohen Heizöl- und Erdgasanteil des Energieträgersplits der Kesselanlagen (bezogen auf den Endenergiebedarf).

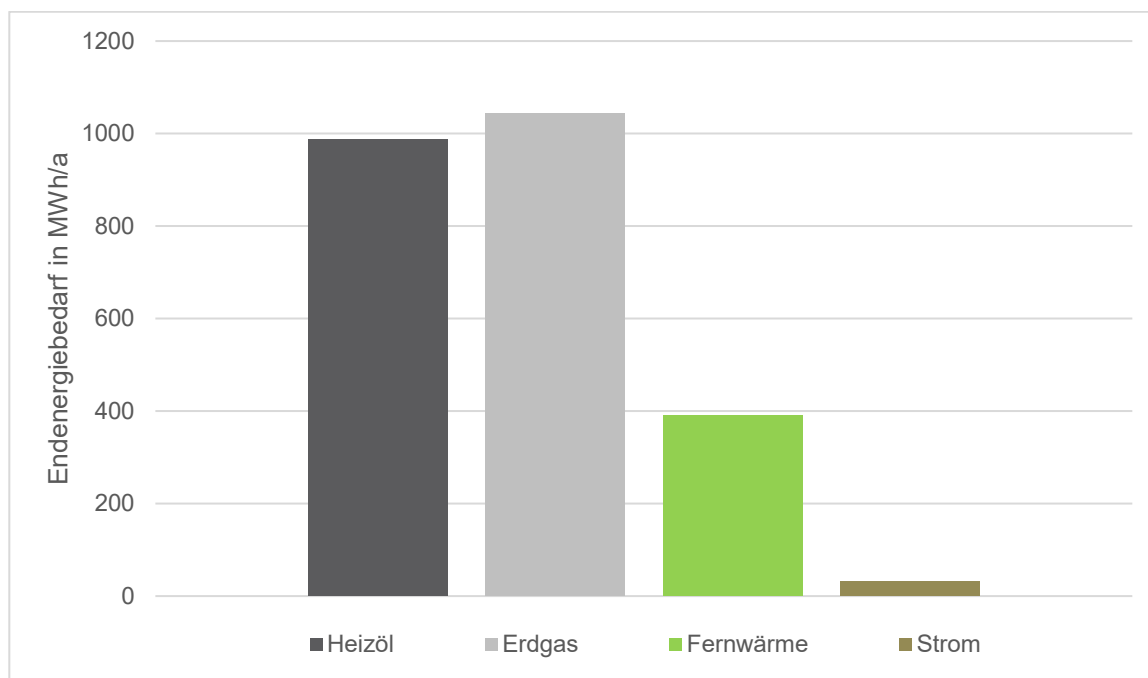


Abbildung 5-12: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern

Die Bestimmung der CO₂-Emissionen des Quartiers erfolgt durch die Multiplikation der ermittelten Energieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren (vgl. Tabelle 5-3).

³ Der spezifische Verbrauch wurde nach dem Tabula-Verfahren ermittelt (IWU, 2015).

Tabelle 5-3: CO₂-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger gemäß GEG

ENERGIETRÄGER	SPEZIFISCHE EMISSIONEN	PRIMÄRENERGIE-FAKTOREN
Erdgas	0,24 kg/kWh	1,1
Heizöl	0,31 kg/kWh	1,1
Flüssiggas	0,27 kg/kWh	1,1
Nah-/Fernwärme aus erneuerbaren B.	0,04 kg/kWh	0,2
Holzpellets	0,02 kg/kWh	0,2
Strom (netz-bezogen)	0,56 kg/kWh	1,8 / 1,2 ⁴

Tabelle 5-4 stellt die aktuelle Bilanz des Endenergiebedarfs, des Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen des Quartiers dar.

Tabelle 5-4: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO₂- und Primärenergiebilanz des Quartiers

Energieträger	Wärmebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO ₂ -Ausstoß [t]
Heizöl	740	870	958	270
Erdgas	887	1.043	1.148	250
Flüssiggas	60	71	78	19
Fernwärme	314	392	118	16
Strom	31	31	56	16
Summen	2.032	2.408	2.356	571

5.4 ZUSAMMENFASSUNG BESTANDSAUFNAHME

Das Quartier Rausdorf ist ein typisches Wohngebiet im ländlichen Raum mit einer energetisch vielfältigen Gebäudestruktur. Die Bevölkerung weist ein Durchschnittsalter von 47 Jahren auf. Die Wohngebäude sind größtenteils Ein- oder Zweifamilienhäuser und stammen aus verschiedenen Bauzeiten vom 19. Jahrhundert bis zu den 2020er Jahren. Die Bevölkerungszahl war in der jüngeren Vergangenheit konstant, was die Attraktivität Rausdorfs als Wohnstandort nahe der Hansestadt Hamburg unterstreicht. Gleichzeitig soll der Ort zukünftig wachsen, auch durch die Ausweisung eines neuen Baugebietes.

Mit dem Bürger- und Feuerwehrgerätehaus gibt es lediglich eine öffentliche Liegenschaft im Quartier.

Fossile Energieträger, insbesondere Erdgas und Heizöl, stellen aktuell die Hauptenergiequellen für das Quartier dar. Diese Energiequellen verursachen hohe CO₂-Emissionen. Die im Ortskern befindliche Biogasanlage ist am Ende der Förderungszeit und versorgt derzeit einzelne Gebäude in direkter Umgebung mit Abwärme aus dem Blockheizkraftwerk. Um erneut Förderungen zu

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

erhalten, müsste das Konzept überarbeitet und erhebliche Investitionen getätigt werden. Gleichzeitig könnte dies grundsätzlich die Chance sein, ein größeres Gebiet mit Abwärme zu versorgen.

Neben den aufgeführten Energieträgern wird im Quartier auch Scheitholz für Einzelraumheizungen eingesetzt. Mit insgesamt 79 Anlagen ist diese Heizungsart in fast jedem Haushalt vorhanden, wobei dazu keine konkreten Verbrauchsdaten erhoben werden können. Die Bedeutung von Scheitholz als Energiequelle liegt in seiner Verfügbarkeit als nachwachsender Rohstoff. Allerdings kann die Nutzung von Scheitholz durch ältere oder ineffiziente Heizgeräte negative Auswirkungen auf die Luftqualität haben, da sie oft mit erhöhten Feinstaubemissionen verbunden ist. Dennoch trägt Scheitholz zur Diversifizierung der Wärmequellen bei und bietet bei der Nutzung einer modernen Ofentechnologie Potenzial für eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung.

Um die Energiewende im Quartier voranzutreiben, sollte ein schrittweiser Umstieg von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Quellen angestrebt werden. Dies würde nicht nur die CO₂-Emissionen reduzieren, sondern auch die energetische Unabhängigkeit des Quartiers stärken.

6. ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

6.1 GEBÄUDESANIERUNGSPOTENZIAL – VORGEHENSWEISE, RAHMENBEDINGUNGEN

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

Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wurde die energetische Gebädeförderung 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. So wird das Ziel einer energieeffizienteren Ausführung als beim gesetzlich vorgeschriebenen Mindeststandard erreicht.

Förderfähige Kosten bei Sanierungen von Bestandsgebäuden sind

- Wärmedämmung von Wänden, Dachflächen und Geschossdecken;
- Erneuerung, Ersatz oder erstmaliger Einbau von Fenstern und Außentüren;
- Erneuerung der Heizungsanlage im Gebäude;
- Einbau und Erneuerung einer Lüftungsanlage;
- Einbau und Installation von Geräten zur digitalen Energieverbrauchsoptimierung;
- alle Umfeldmaßnahmen, die im direkten Zusammenhang mit der energetischen Sanierung stehen (z. B. Gerüststellung, Abriss / Entsorgung etc.)

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die KfW sowie das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) mit der Durchführung des Förderprogramms beauftragt. Im Teilprogramm BEG WG liegt die Zuständigkeit für die Durchführung der Kreditvariante für Effizienzhäuser sowie die Förderung der Einzelmaßnahmen zur Heiztechnik bei der KfW. Die Zuständigkeit für die Durchführung der Zuschussvariante für BEG-Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle liegt beim BAFA (KfW, o. J. a).

6.2 FÖRDERPROGRAMME UND UMFELD FÜR DIE ENERGETISCHE SANIERUNG

6.2.1 ÜBERSICHT

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

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

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

Auch die Baubegleitung wird mit einem zusätzlichen Kreditbetrag und Tilgungszuschuss gefördert. Bei einem Mehrfamilienhaus mit drei oder mehr Wohneinheiten beträgt der maximale Kreditbetrag 4.000 € je Wohneinheit bzw. bis zu 40.000 € je Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzhaus-Stufe erreicht wird. Bei einem Ein- oder Zweifamilienhaus, einer Doppelhaushälfte oder einem Reihenhaus beträgt der maximale Kreditbetrag bis 10.000 € je Vorhaben, bei einem Tilgungszuschuss von 50 % (KfW, 2023).

Tabelle 6-1: Förderung und Boni Kredit 261 (BMWK, 2024)

	Tilgungszuschuss	Klassen		Boni (bis 20% kumulierbar)	
		EE	NH	WPB	SerSan
EH Denkmal	5 %	5 %	5 %	-	-
EH 85	5 %	5 %	5 %	-	-
EH 70	10 %	5 %	5 %	10 % (nur EE)	-
EH 55	15 %	5 %	5 %	10 %	15 %
EH 40	20 %	5 %	5 %	10 %	15 %

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

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

von 5 % zu den Förderkonditionen aus den BEG-Programmen Einzelmaßnahmen (nur für Wohngebäude) oder BEG Wohngebäude (BAFA, 2022).

Seit dem 01.01.2024 gelten neue Förderbedingungen für die Einzelmaßnahmen. Die genauen Konditionen für die einzelnen Maßnahmen sind in Tabelle 6-2 aufgeführt. Die Maßnahmen an der Heiztechnik werden von der KfW gefördert.

Tabelle 6-2: Förderrichtlinie BEG Einzelmaßnahmen seit 01.01.2024 (BMWK, 2023)

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

6.2.2 KfW-FÖRDERUNG EINZELMAßNAHMEN AN DER HEIZTECHNIK

Die Förderung für den Heizungstausch übernimmt seit Februar 2024 die KfW. Seit Mai 2024 sind selbstnutzende Eigentümer sowie Wohnungseigentumsgemeinschaften antragsberechtigt. Seit August 2024 sind auch private Vermieter bzw. Unternehmen wie Wohnungsgesellschaften antragsberechtigt (KfW, 2024).

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

6.3 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN

Es wurden für drei Gebäude des Quartiers Mustersanierungskonzepte erstellt, die den derzeitigen Gebäudestand aufzeigen und entsprechende Sanierungsmaßnahmen ableiten lassen. Da

Gebäude ausgewählt wurden, die die verschiedenen Baualtersklassen des Quartiers repräsentieren, lassen die Ergebnisse Rückschlüsse auf den gesamten Bestand zu. Ziel ist es, übertragbare Maßnahmen zu entwickeln, die Energie einsparen und somit eine Reduzierung von CO₂-Emissionen bewirken.

Die Begehungen mit den jeweiligen Hauseigentümern fanden am 8. und 10. Januar 2025 statt. Für die Bearbeitung wurden verschiedene Unterlagen zur Verfügung gestellt, u. a. Planunterlagen, Informationen über bereits durchgeführte Sanierungen, die Verbrauchsdaten der letzten Jahre und die Nutzerstatistik. Mithilfe dieser Daten und der Begehungen wurden Energiebedarfsberechnungen mit dem Programm Hottgenroth ETU Planer nach der DIN 18599 durchgeführt.

Für die 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 und somit Energieverluste statt.

Im Anschluss daran erfolgte die energetische Bewertung der Ist-Zustände sowie die Beschreibung der Energiebilanzen. Für die energetischen Gebäudebewertungen stellen die vorhandenen Energieverbräuche wichtige Indikatoren dar. Die Energiebilanzen geben Antworten auf die Fragen, ob die Häuser viel oder wenig Energie verbrauchen und durch welche Maßnahmen sich wie viel Energie einsparen lässt. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt. Aus der Bilanz ergibt sich dann der Endenergiebedarf Q_E (notwendige Energiemenge, die für die Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung zu erwarten ist) und der Primärenergiebedarf Q_P des Gebäudes (zusätzliche Einbeziehung der Energiemenge der vorgelagerten Prozesskette außerhalb des Gebäudes mit Gewinnung, Umwandlung und Verteilung).

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

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

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

Nach den energetischen Berechnungen der einzelnen Varianten erfolgte eine Kostenschätzung, die auf der DIN 276 im Hochbau basiert. Dieses normierte Verfahren ermöglicht eine strukturierte Kostenschätzung der einzelnen Bauteile und ist auch bei Banken anerkannt. Dies ist deshalb von Bedeutung, da über entsprechende Vergleichsobjekte die Werthaltigkeit der Maßnahmen durch die Banken und ihre Sachverständigen geprüft werden können. Die hier angegebenen 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 6.3.1 bis 6.3.2 dargestellt.

6.3.1 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 1

6.3.1.1 BESTANDSAUFNAHME

Bei dem Mustersanierungsobjekt 1 handelt es sich um ein freistehendes Mehrfamilienhaus aus dem Jahr 1984 mit einem Erdgeschoss, Dachgeschoss und einem ausgebauten Spitzboden. Zusätzlich wurde eine Wohneinheit im Jahr 2014 angebaut. Das Gebäude ist unterkellert.



Abbildung 6-1: Mustersanierungsobjekt 1, Vorderansicht

Das Wohnhaus mit 330 m² Wohnfläche befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand. Der Spitzboden ist beheizt. Die Fassade ist gedämmt und enthält weiterhin eine Luftschicht von 2 cm. Im Jahr 2024 wurde eine Wärmepumpe für Raumwärme und Warmwasser eingebaut. Zusätzlich sind zwei Kaminöfen vorhanden. Das Dach ist mit PV-Modulen belegt (8,25 kW_p). Die Kellerdecke ist mit 4 cm Dämmung versehen worden.

Bei den Fenstern handelt es sich um zweifach verglaste Modelle, die teilweise im Jahr 2014 und 2023 ausgetauscht wurden.

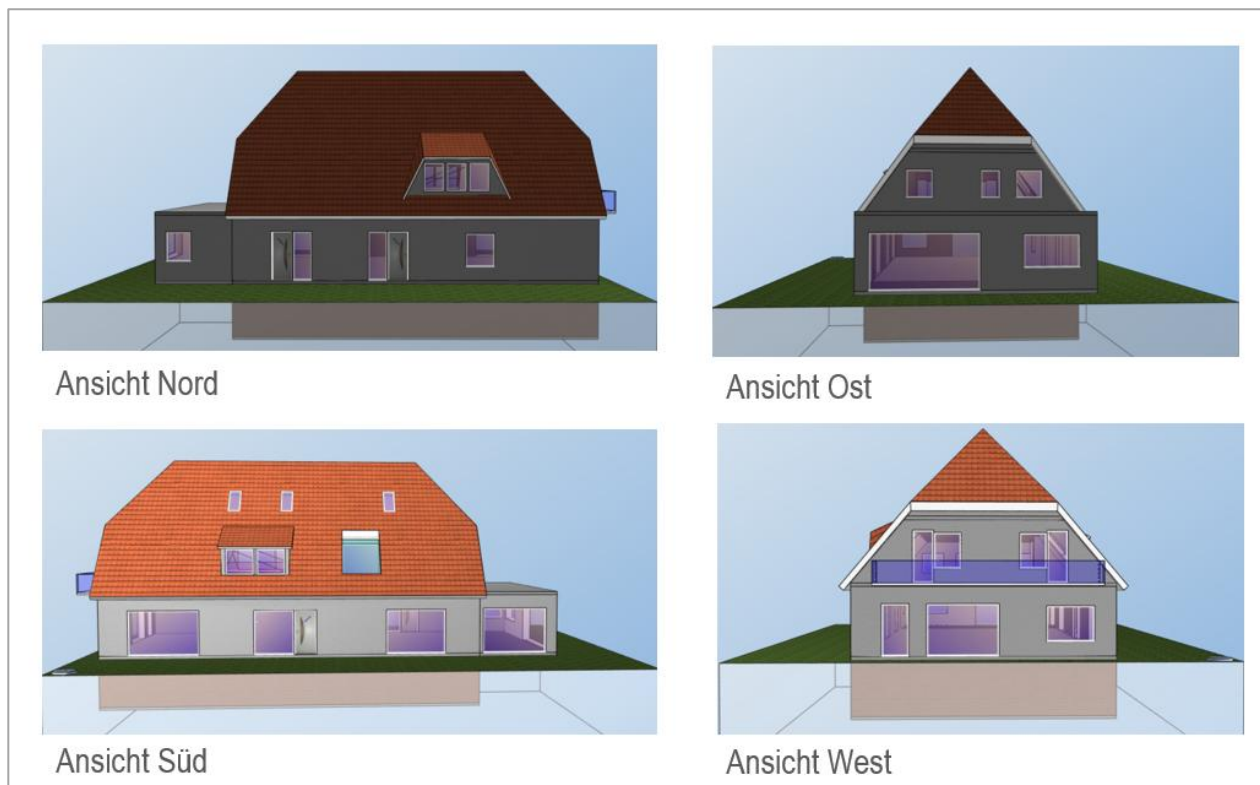


Abbildung 6-2: 3D Modellierung, erstellt mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

Das Erdgeschoss, das Obergeschoss und das Dachgeschoss sind beheizt. Das Kellergeschoss ist unbeheizt, mit Ausnahme der beiden Treppenhäuser.

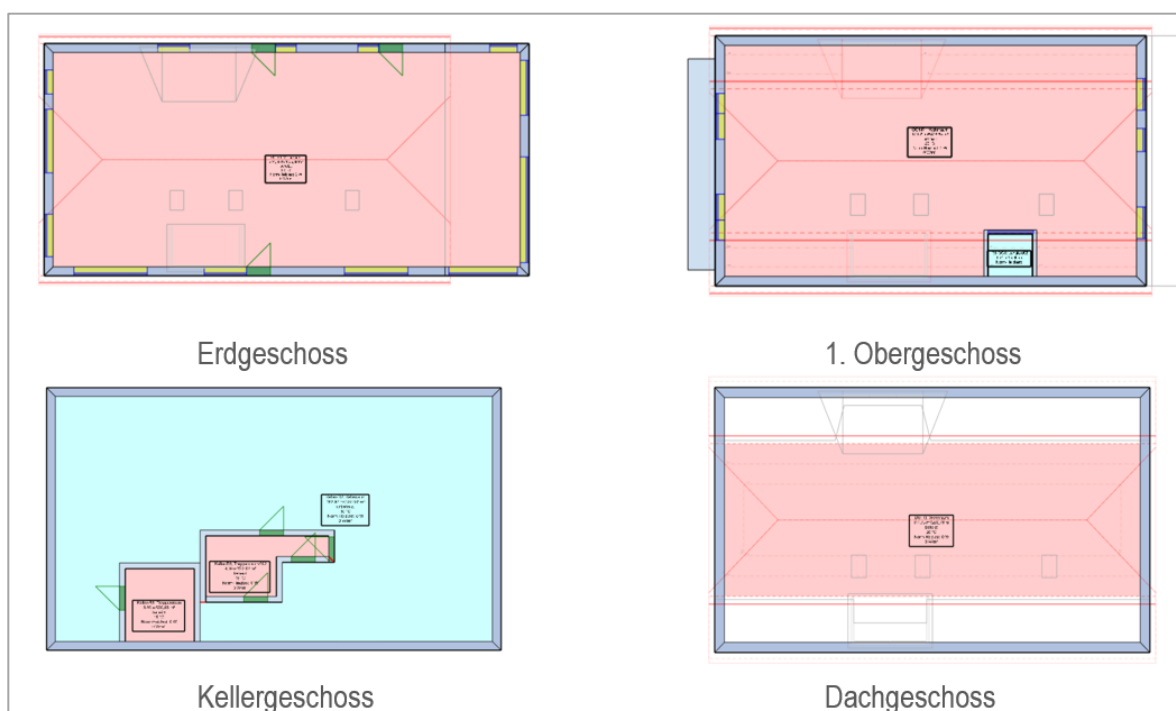


Abbildung 6-3: Thermische Gebäudehülle

Energetische Bewertung Ist-Zustand

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

Tabelle 6-3: Bauteile IST-Zustand, MSK 1

Bauteil	U-Wert ⁵ in W/(m ² ·K)	U _{max} GEG ⁶ in W/(m ² ·K)	U _{max} BEG ⁷ in W/(m ² ·K)
Dach	0,50	0,24	0,14
Flachdach Anbau	0,32	0,24	0,14
Außenwände	0,30	0,24	0,20
Außenwände Anbau	0,30	0,24	0,20
Fenster	2,7 / 1,3	1,30	0,95
Hauseingangstür	2,90	1,80	1,30
Kellerdecke	0,69	0,30	0,25
Innenwände Kellerabgang Treppenhaus	0,60	0,30	0,25
Kellereingangstür	2,23	1,80	1,30
Bodenplatte Treppenhaus	0,60	0,30	0,25
Bodenplatte Anbau	0,19	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.

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

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

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

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Bei dem betrachteten Gebäude verursacht die Transmission (56.482 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Lüftungsverlusten (27.010 kWh/a) – siehe Abbildung 6-4. Aufgrund der hohen Effizienz der vorhandenen Anlagentechnik sind im Gebäude keine Verluste durch die Anlagentechnik festzustellen.

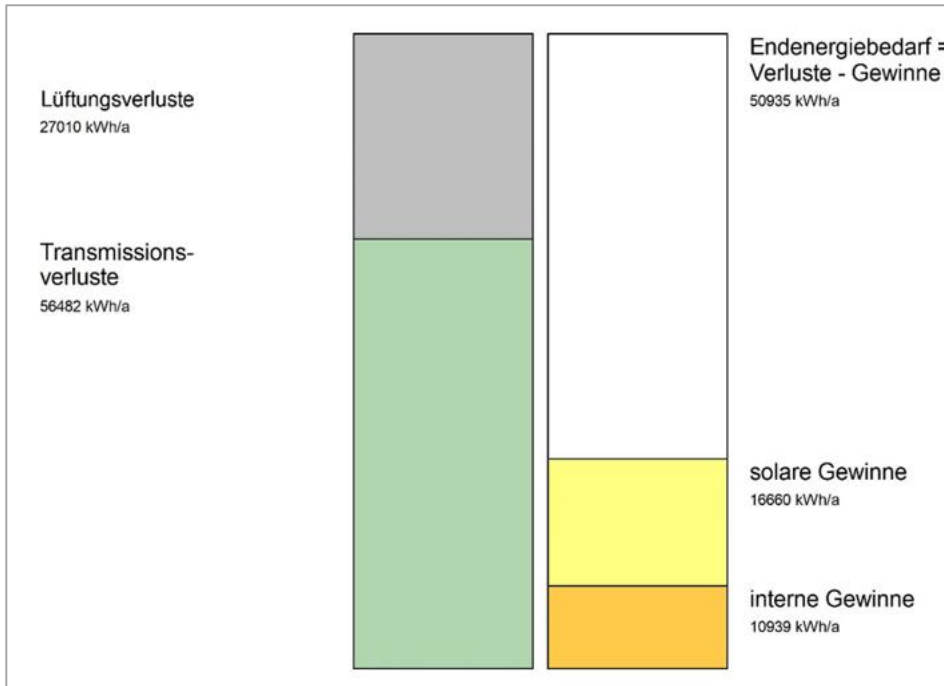


Abbildung 6-4: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 1

Wie genau sich die Transmissionsverluste zusammensetzen, ist Abbildung 6-5 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei den Fenstern (16.924 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von dem Dach (16.510 kWh/a) und dem Keller (14.024 kWh/a) sowie der Außenwand (9.025 kWh/a).

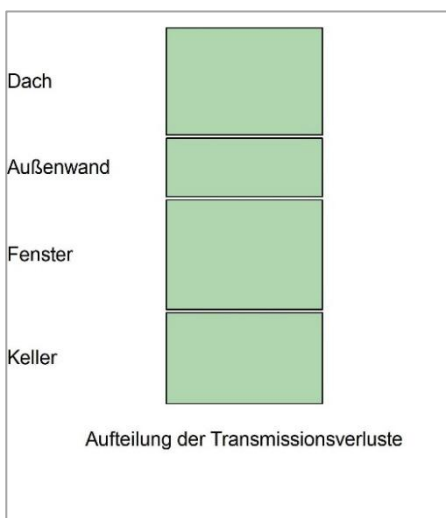


Abbildung 6-5: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 1

Bewertung des Gebäudes

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 38 kg/(m²·a). Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie C eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 125,3 kWh/(m²·a). Wie in Kapitel 6.3 beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

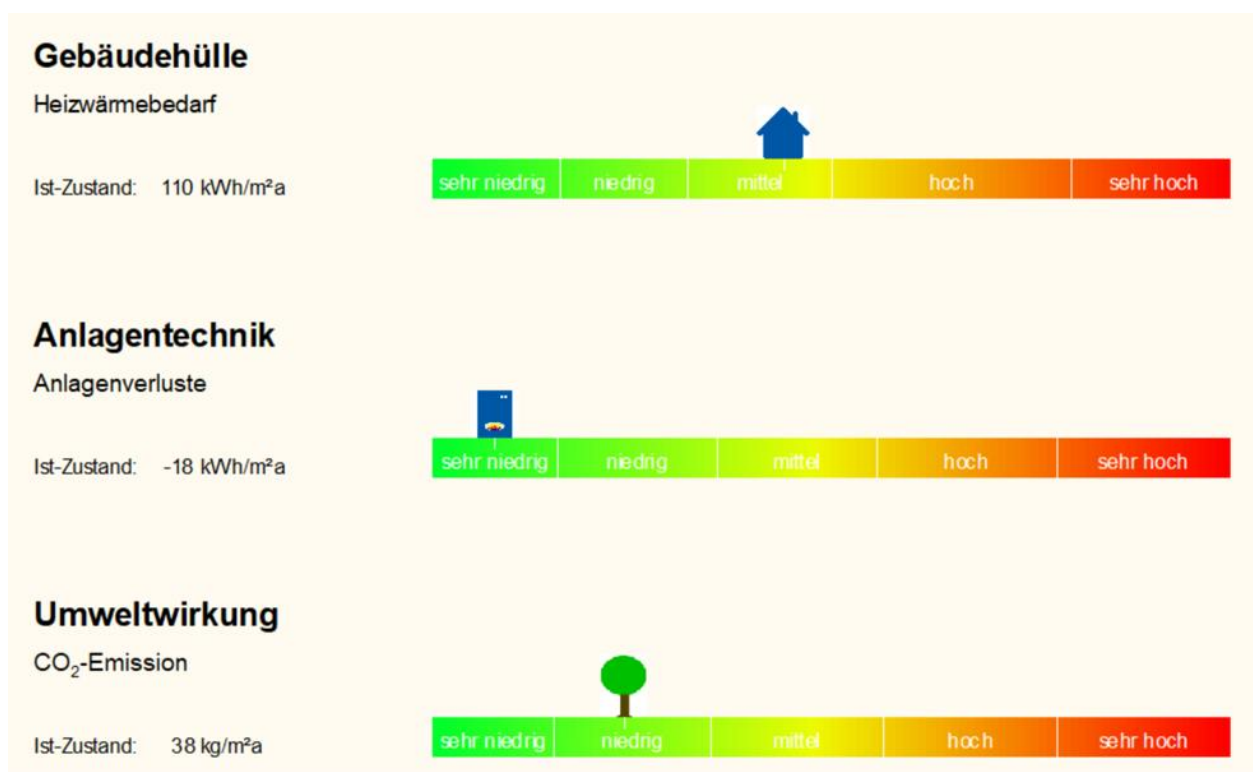


Abbildung 6-6: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 1

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

mittlere Innentemperatur:	20,0 °C,
Luftwechselrate:	0,79 h ⁻¹ ,
interne Wärmegevinne:	6.959 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf:	4.660 kWh pro Jahr.

6.3.1.2 SANIERUNGSVARIANTEN

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

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

Tabelle 6-4 enthält eine Gegenüberstellung der verschiedenen Sanierungsvarianten.

Tabelle 6-4: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 1

Bauteil	V1: Fenster, Türen	V2: Wie V1 + Kellerdecke	V3: Wie V2 + Hauptdach
Baukonstruktion			
Fenster	$U_w=0,90$	$U_w=0,90$	$U_w=0,90$
Hauseingangstüren	$U_D=1,30$	$U_D =1,30$	$U_D =1,30$
Hauptdach	-	-	18 cm WLG 035
Kellerdecke	-	10 cm WLG 035	10 cm WLG 035
Innenwände Kellerabgang Treppenhaus	-	8 cm WLG 035	8 cm WLG 035
Kellereingangstür	-	$U_D =1,30$	$U_D=1,30$
Anlagentechnik			
Hydraulischer Abgleich	Ja	Ja	Ja
Austausch Heizungsanlage	Nein	Nein	Nein

Tabelle 6-5: Variantenvergleich, MSK 1

	Ist-Zustand	V1	V2	V3
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	125	111	97	78
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	100	88	78	63
Reduzierung des Endenergiebedarfs	-	25 %	34 %	47 %
CO₂-Emissionen [kg/(m²·a)]	38	33	29	23
Reduzierung der CO₂-Emissionen	-	12 %	23 %	38 %

Variante 1: Austausch der Fenster und der Hauseingangstür

In Variante 1 werden die Fenster und die Hauseingangstür erneuert und werden so den zeitgemäßen energetischen Anforderungen gerecht. Der neue förderfähige U-Wert für die Fenster beträgt $0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, für die Hauseingangstür ist es ein U-Wert von $1,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von $50.935 \text{ kWh}/\text{Jahr}$ reduziert sich auf $44.986 \text{ kWh}/\text{Jahr}$. Es ergibt sich somit eine Einsparung von $5.949 \text{ kWh}/\text{Jahr}$ bei gleichem Nutzungsverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.242 kg pro Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von $125 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{Jahr}$ auf $111 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{Jahr}$. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt rechnerisch 12% .

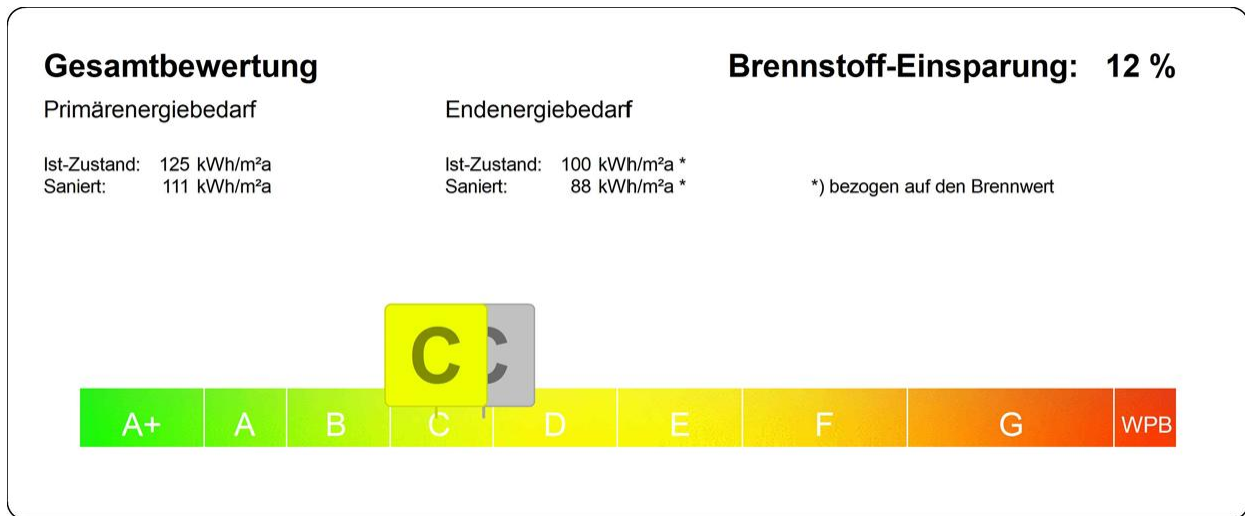


Abbildung 6-7: Bewertung Variante 1, MSK 1

Variante 2: Kellerdeckendämmung und Dämmung der Innenwände am Kellerabgang im Treppenhaus + Tausch der Kellertür

Nach dem Fenster- und Haustürenaustausch, wird in Variante 2 zusätzlich die Kellerdecke mit 10 cm WLG 035 und die Innenwände des Kellerabgangs im Treppenhaus mit 8 cm WLG 035 gedämmt. Außerdem wird die Kellereingangstür ausgetauscht.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 50.935 kWh/Jahr reduziert sich auf 39.506 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.430 kWh/Jahr bei gleichem Nutzungsverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.343 kg CO₂ pro Jahr reduziert.

Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 125 kWh/m²/Jahr auf 97 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt rechnerisch 22 %.

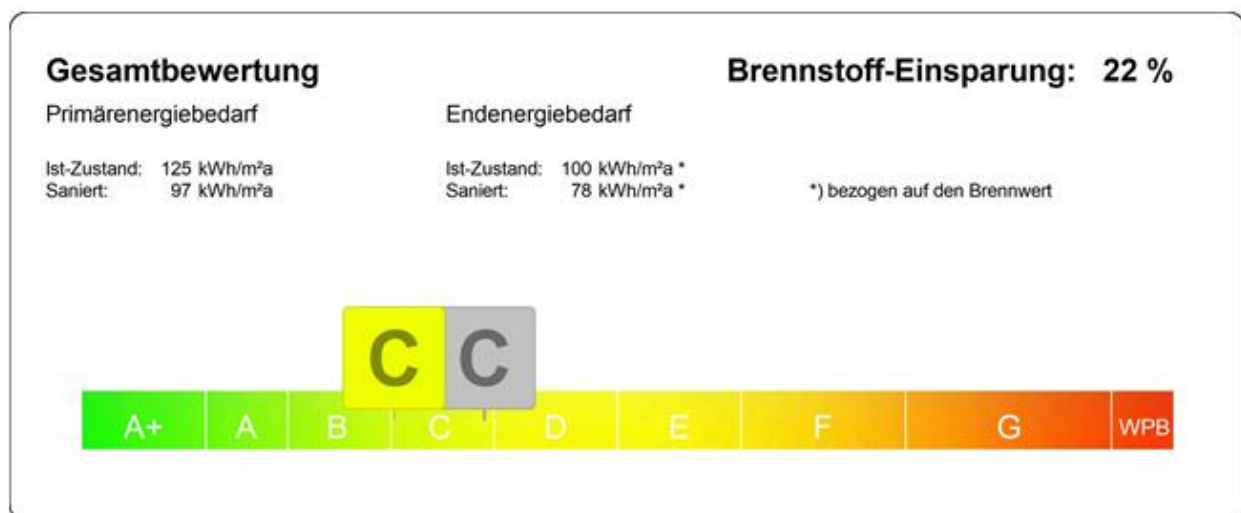


Abbildung 6-8: Bewertung Variante 2, MSK 1

Variante 3: Dachdämmung

In Variante 3 wird zusätzlich zu den in Variante 2 beschriebenen Maßnahmen das Dach mit 18 cm WLG 035 gedämmt.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 50.935 kWh/Jahr reduziert sich auf 31.940 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18.995 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 7.225 kg CO₂ pro Jahr reduziert.

Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 78 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3 beträgt 37%.

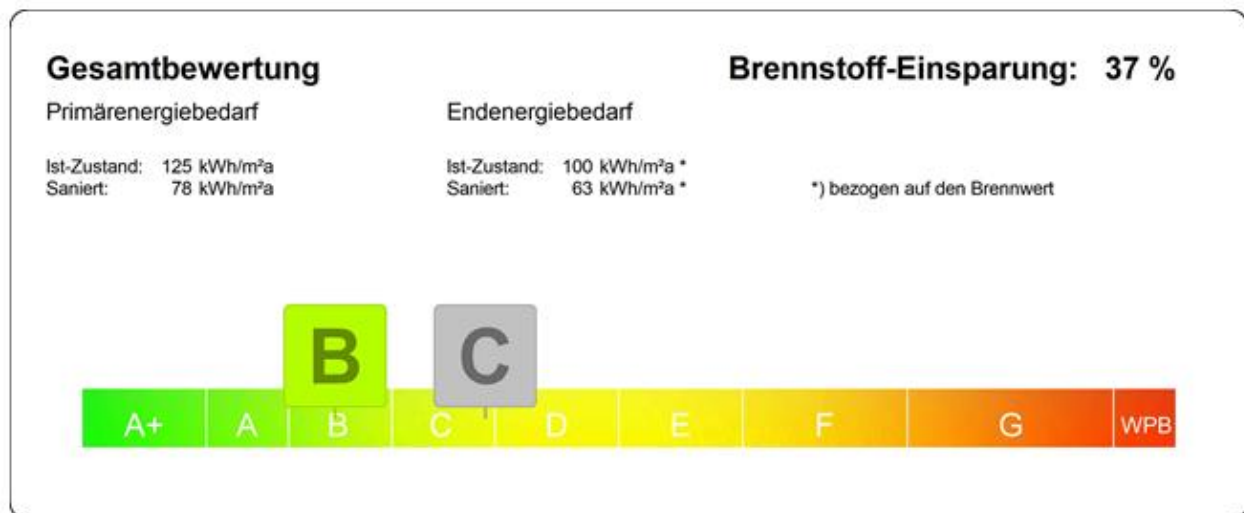


Abbildung 6-9: Bewertung Variante 3, MSK 1

6.3.1.3 KOSTENSCHÄTZUNG

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

6.3.1.4 WIRTSCHAFTLICHE AUSWERTUNG

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

Grundsätzlich ist das Gebäude in einem guten energetischen Zustand. Daher werden maximal knapp 40 % Endenergie-Einsparung durch die Maßnahmenpakete erreicht. Bei dem Tausch der Türen und Fenster und der Dachsanierung handelt es sich um Maßnahmen, die ohnehin anstehen, sobald die Bauteile abgängig werden. Durch die Dachsanierung können zusätzlich 15 % Endenergieeingespart werden; allerdings ist diese Maßnahme mit sehr hohen Kosten verbunden.

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 40 Jahren betrachtet. Für dieses Objekt liegen aufgrund der neu angeschafften Wärmepumpe noch keine Abrechnungen vor. Abbildung 6-10 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der

Investitionskosten und Sowieso-Kosten auf der einen Seite und der Energiekostensparnis (nach 40 Jahren) sowie der Förderzuschüsse auf der anderen Seite.

Tabelle 6-6: Kostenschätzung Sanierungsvarianten MSK 1

Bauteil	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Fenster, Türen	+ Kellerdecke	+ Hauptdach
Fenster	28.000 €	28.000 €	28.000 €
Hauseingangstüren	15.000 €	15.000 €	15.000 €
Hauptdach			183.000 €
Kellerdecke		18.500 €	18.500 €
Innenwände Kellerabgang Treppenhaus		7.500 €	7.500 €
Kellereingangstür		25.000 €	25.000 €
Optimierung Regelung (inkl. hydraul. Abgleich)	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Kostenschätzung (brutto)	45.000 €	96.000 €	228.000 €
BEG-Förderung	9.000 €	19.200 €	36.000 €
Endinvestition	36.000 €	76.800 €	192.000 €
„Sowieso-Kosten“	36.600 €	36.600 €	183.000 €

Bei den „Sowieso-Kosten“ handelt es sich um Kosten für Maßnahmen, dessen Ausführung mittel- bis langfristig „sowieso“ (also auch unabhängig von Energieeinsparbemühungen) durch den Eigentümer erforderlich wären. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass Bauteile wie z. B. Fenster oder das Dach in der Regel dann modernisiert werden, wenn sie sowieso sanierungsbedürftig (z. B. undicht) sind. In diesem Moment stellt sich für die Eigentümer*innen nicht mehr die Frage, ob eine Sanierung erfolgt, und Kosten der Sanierung sind sowieso fällig. Dann ist nur noch die Entscheidung zu fällen, ob die Sanierung nach den dann greifenden gesetzlich geforderten Mindeststandards (GEG) erfolgt, oder ob die Mehrkosten für die Standards der BEG in Kauf genommen werden (vgl. Tabelle 6-3). Diese Mehrkosten sind dann hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit (Amortisationszeiträume) zu vergleichen mit der bei einer Sanierung nach BEG verfügbaren Förderung sowie den bei einer Sanierung nach BEG zusätzlichen Energieeinsparungen im Vergleich zur Sanierung nach GEG.

In diesem Sinne werden die Amortisationszeiträume sowohl für die gesamten Investitionskosten (im Vergleich zur Einsparung gegenüber dem Status quo) als auch rein für die energetischen Mehrkosten (ohne Sowieso-Kosten) im Vergleich zu Förderung und zusätzlicher Energieeinsparung (von GEG auf BEG) dargestellt.

Abbildung 6-10 zeigt auf, dass sich Variante 1 zwar als Gesamtinvestition innerhalb von 23 Jahren amortisiert, die reinen energetischen Mehrkosten allerdings bereits durch die Fördermittel abgedeckt werden und damit eine sofortige Amortisation der anspruchsvolleren Sanierung nach BEG eintritt.

Variante 2 ist mit höheren Kosten verbunden, amortisiert sich daher erst nach 30 bzw. 18 Jahren. Variante 3 ist aufgrund der Dachdämmung das kostenintensivste Maßnahmenpaket, amortisiert sich allerdings bereits nach 4 Jahren, wenn man nur die energetischen Mehrkosten betrachtet,

d. h. die Dachsanierung sowieso fällig ist. Insbesondere Variante 1 und 2 sind daher für dieses Objekt wirtschaftlich und empfehlenswert. Variante 3 ist sinnvoll, sobald das Dach abgängig ist.

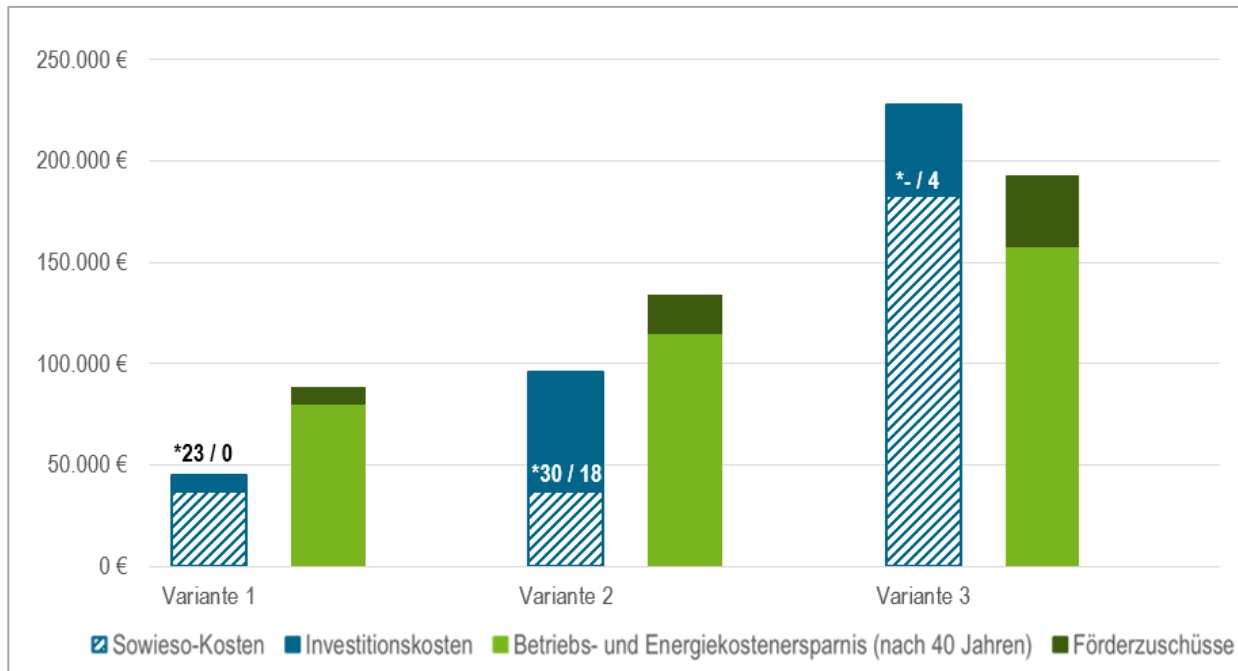


Abbildung 6-10: Rentabilität der Varianten nach 40 Jahren, MSK 1, *Amortisationszeit in Jahren mit/ohne Sowieso-Kosten

6.3.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 2

6.3.2.1 BESTANDSAUFNAHME

Bei Mustersanierungsobjekt 2 handelt es sich um ein freistehendes Haus mit zwei Wohneinheiten aus dem Jahr 1970. Das Objekt besteht aus einem Vollgeschoss und einem Dachgeschoss.



Abbildung 6-11: Mustersanierungsobjekt 2, Vorderansicht

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Allgemeinzustand.

Die Dachschrägen sowie die oberste Geschossdecke sind bereits gedämmt worden. Im Jahr 2021 fand ein teilweiser Fenstertausch statt, die verbleibenden Fenster stammen aus dem ursprünglichen Baujahr. Bei der Heizung handelt es sich um einen Erdgaskessel aus dem Jahr 1996, der durch einen Kaminofen unterstützt wird. Energetische Schwachpunkte der Immobilie sind insbesondere die alten Fenster sowie die Hauseingangs- und Kellertüren.

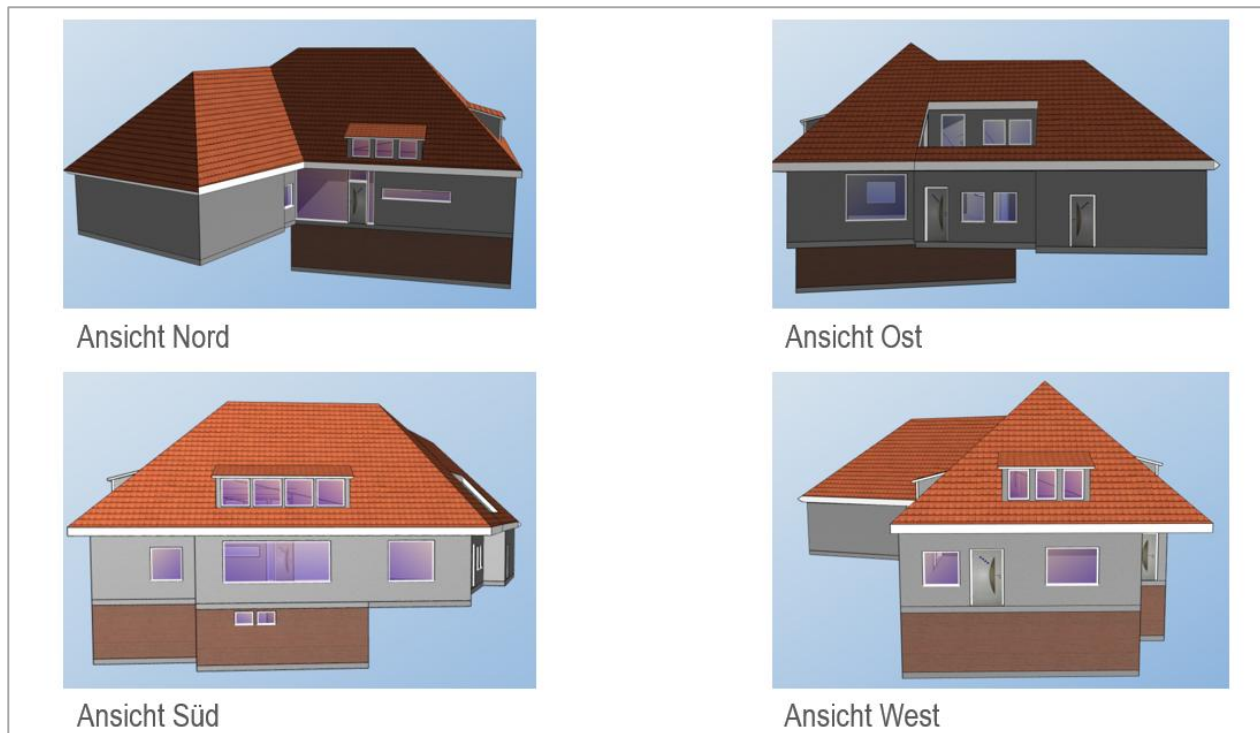


Abbildung 6-12: 3D Modellierung, erstellt mit dem Programm Hottgenroth

Thermische Gebäudehülle

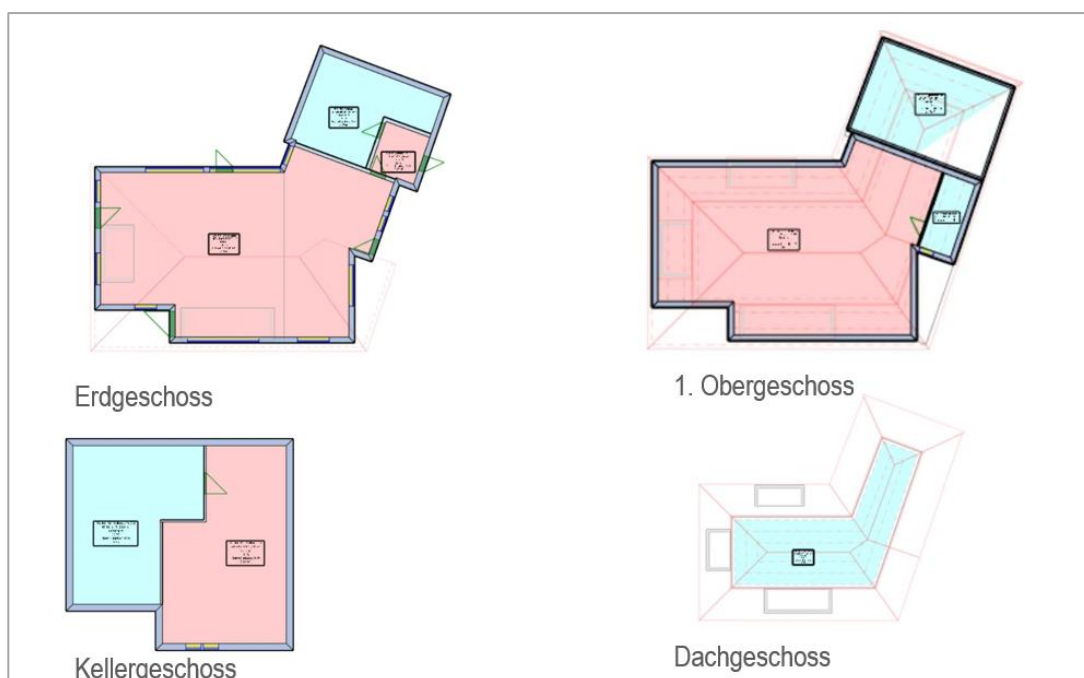


Abbildung 6-13: Thermische Gebäudehülle

Zur thermischen Gebäudehülle ist festzuhalten, dass das Erdgeschoss und das Obergeschoss beheizt sind. Der Keller ist teilweise beheizt.

Energetische Bewertung Ist-Zustand

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

Tabelle 6-7: Bauteile Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert ⁸ in W/(m ² ·K)	U _{max} GEG ⁹ in W/(m ² ·K)	U _{max} BEG ¹⁰ in W/(m ² ·K)
Dach	0,27	0,24	0,14
Oberste Geschossdecke	0,18	0,24	0,14
Außenwände	1,28	0,24	0,20
Fenster	5,0 / 2,7 / 1,5	1,30	0,95
Hauseingangstür	2,9 / 4,0	1,80	1,30
Kellerdecke	1,00	0,30	0,25
Innenwände Kellerabgang/Garage	2,15 / 1,45	0,30	0,25
Kellereingangstür	2,90	1,80	1,30
Bodenplatte	1,20	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 (66.922 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (51.904 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (21.030 kWh/a).

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

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

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

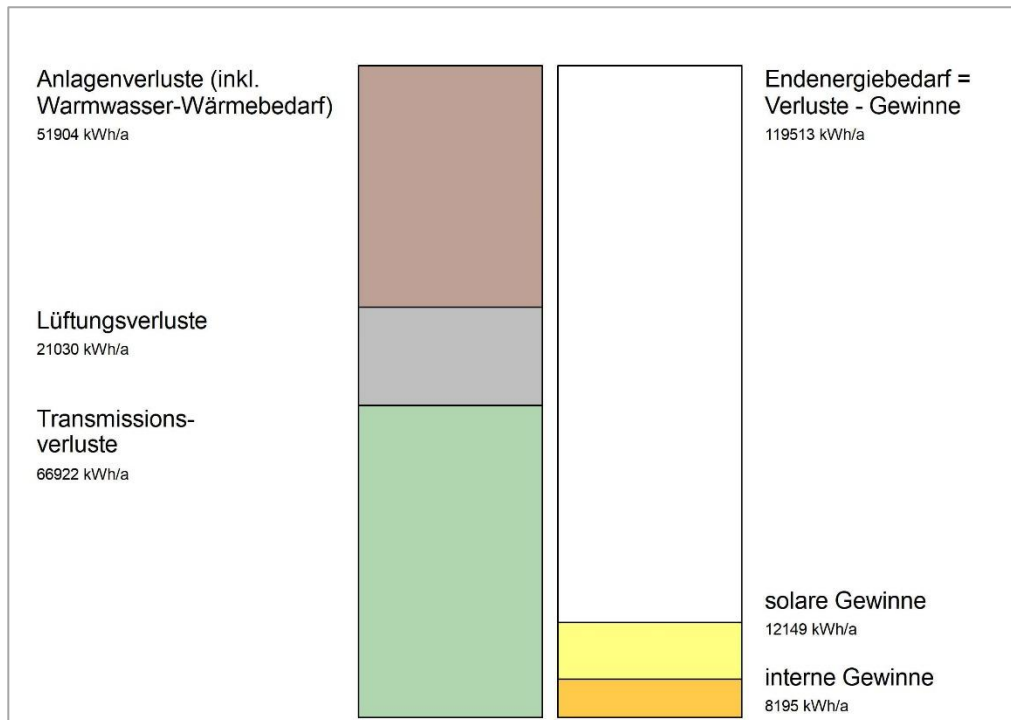


Abbildung 6-14: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 2

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist Abbildung 6-15 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei der Außenwand (27.244 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt vom Keller (21.461 kWh/a), den Fenstern (14.089 kWh/a) und dem Dach (4.128 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Heizungsverluste die größten Verluste dar, gefolgt von der Hilfsenergie.

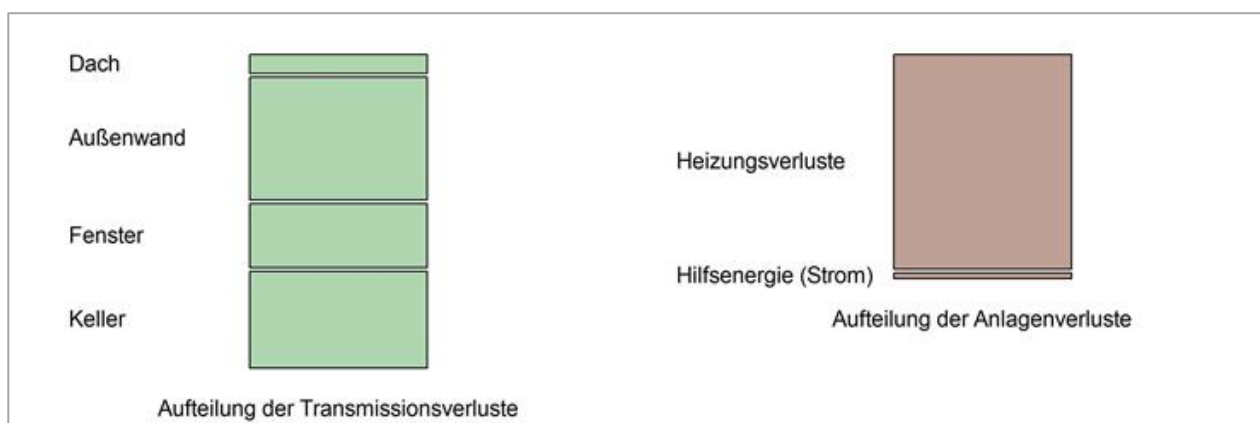


Abbildung 6-15: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 2

Bewertung des Gebäudes

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 66 kg/(m²·a). Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie H eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 300 kWh/(m²·a). Wie zuvor beschrieben, ist nicht der

Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

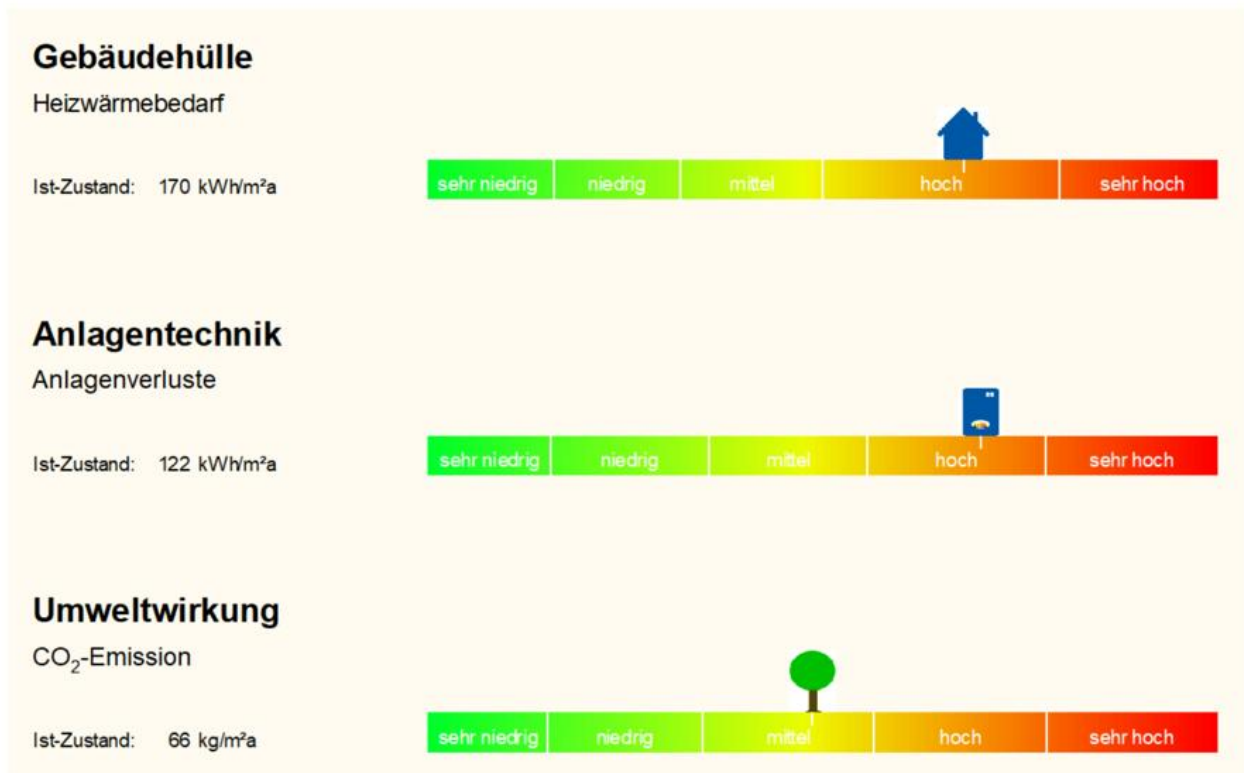


Abbildung 6-16: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 2

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

mittlere Innentemperatur: 20,0 °C,
 Luftwechselrate: 0,79 h⁻¹,
 interne Wärmegewinne: 5.410 kWh pro Jahr,
 Warmwasser-Wärmebedarf: 3.623 kWh pro Jahr.

6.3.2.2 SANIERUNGSVARIANTEN

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

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

Tabelle 6-8 enthält die Gegenüberstellung vier verschiedener Sanierungsvarianten.

Tabelle 6-8: Übersicht Sanierungsvarianten MSK 2

Bauteil	V1: Außenwand, Fenster, Tür	V2: Wie V1 + Keller, Ga- rage	V3: Wie V2 + Wärme- pumpe, PV
Baukonstruktion			
Fassade	16 cm WLG 035	16 cm WLG 035	16 cm WLG 035
Fenster	$U_w=0,90$	$U_w =0,90$	$U_w =0,90$
Hauseingangstür	$U_D=1,30$	$U_D =1,30$	$U_D =1,30$
Kellerdecke	-	12 cm WLG 035	12 cm WLG 035
Innenwände Kellerabgang/Garage	-	16 cm WLG 035 10 cm WLG 035	16 cm WLG 035 10 cm WLG 035
Kellereingangstür	-	$U_D =1,30$	$U_D =1,30$
Anlagentechnik			
Hydraulischer Abgleich	Ja	Ja	Ja
Austausch Heizungs- anlage	-	-	Wärmepumpe
Photovoltaik	-	-	30m ² , 6 kW _p

Tabelle 6-9: Variantenvergleich MSK 2

	Ist-Zustand	V1	V2	V3
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	300	217	195	93
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	300	217	195	51
Reduzierung des End- energiebedarfs	-	29 %	36 %	83 %
CO₂-Emissionen [kg/(m²·a)]	66	48	43	29
Reduzierung der CO₂- Emissionen	-	29 %	36 %	57 %

Variante 1: Fassadendämmung, Fenster- und Hauseingangstüraustausch

In Variante 1 wird die Fassade mit 16 cm WLG 035 gedämmt. Außerdem werden die Fenster und die Hauseingangstür erneuert und werden so den zeitgemäßen energetischen Anforderungen gerecht. Der neue förderfähige U-Wert für die Fenster beträgt 0,90 W/(m²·K), für die Hauseingangstür ist es ein U-Wert von 1,30 W/(m²·K).

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 119.513 kWh/Jahr reduziert sich auf 85.593 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 33.920 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden durch diese geringinvestive Maßnahme um 7.458 kg pro Jahr reduziert.

Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 300 kWh/m²/Jahr auf 217 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 28 %.

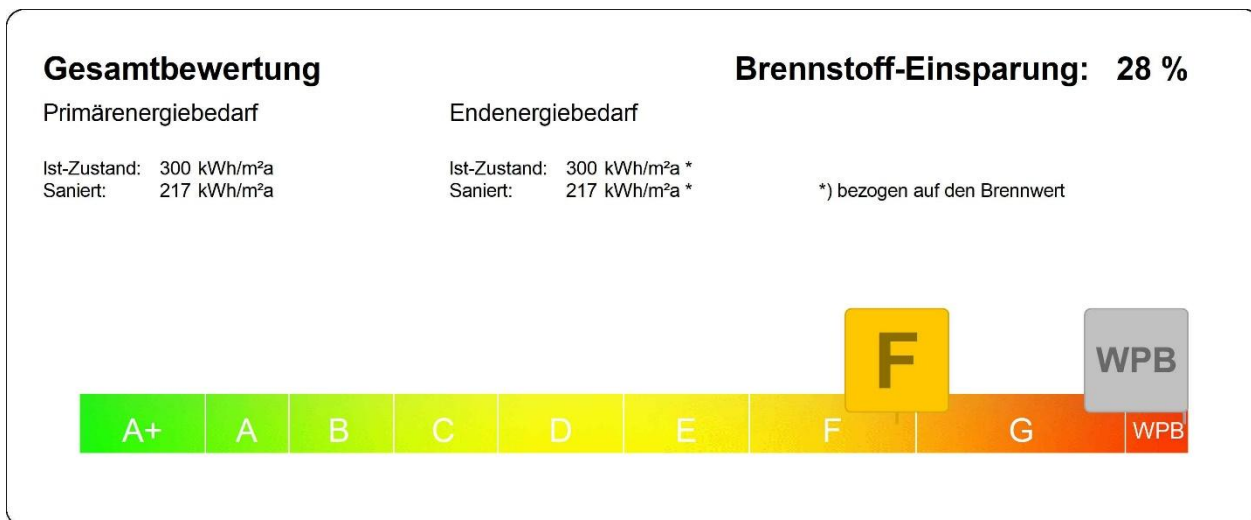


Abbildung 6-17: Bewertung Variante 1, MSK 2

Variante 2: zzgl. Kellerdeckendämmung, Dämmung des Kellerabgangs und der Garage

Neben der Dämmung der Fassade und dem Austausch der Fenster und der Hauseingangstür wird in Variante 2 zusätzlich die Kellerdecke mit 12 cm WLG 035 gedämmt, die Innenwände des Kellerabgangs und der Garage jeweils mit 16 cm WLG 035.

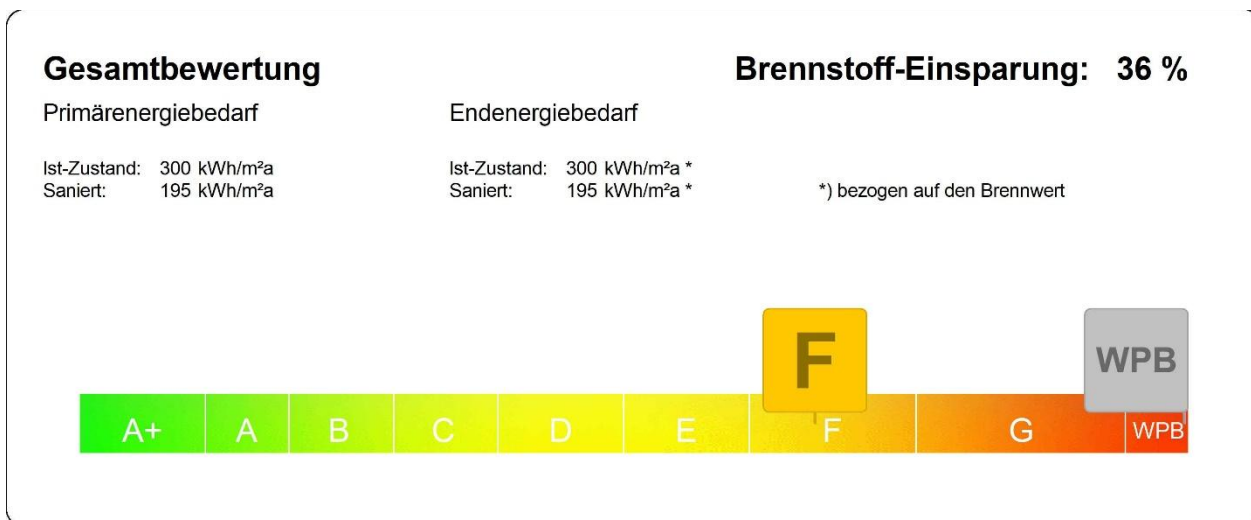


Abbildung 6-18: Bewertung Variante 2, MSK 2

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 119.513 kWh/Jahr reduziert sich auf nunmehr 77.034 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 42.479 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen. Die CO₂-Emissionen werden um 9.338 kg pro Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des

Gebäudes von 305 kWh/m²/Jahr auf 195 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 36 %.

Variante 3: zzgl. Wärmepumpe und Photovoltaik

Bei dieser Variante wird eine Wärmepumpe mit einer 30 m² Photovoltaikanlage kombiniert.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 119.513 kWh/Jahr reduziert sich auf 20.337 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 99.176 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 14.910 kg CO₂ pro Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 93 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 4 beträgt 83 %.

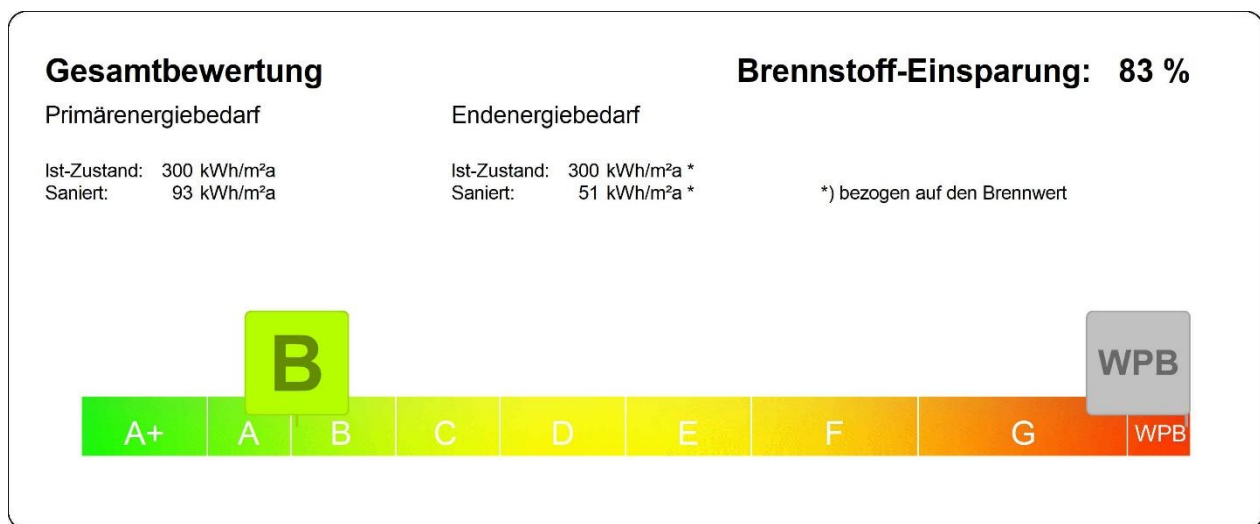


Abbildung 6-19: Bewertung Variante 4, MSK 2

6.3.2.3 KOSTENSCHÄTZUNG

Tabelle 6-10 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

6.3.2.4 WIRTSCHAFTLICHE AUSWERTUNG

Die wirtschaftliche Auswertung erfolgt unter Einbezug der verfügbaren Fördermittel der BEG. Dabei handelt es sich um die Förderung der Einzelmaßnahmen, die als Zuschuss vom BAFA zur Verfügung gestellt werden, ergänzt durch den Zuschussbonus über einen individuellen Sanierungsfahrplan. Der Kredit für ein Effizienzhaus wird durch die KfW 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 Heizenergieverbrauch des Objektes liegt bei etwa 36.000 kWh/a. Für den Brennstoff wird eine Teuerungsrate von jährlich 4 % angenommen.

Abbildung 6-20 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und Sowieso-Kosten auf der einen Seite und der Energiekostensparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Bei den Sowieso-Kosten handelt es sich

um Kosten für Maßnahmen, dessen Ausführung mittel- bis langfristig „sowieso“ (also auch unabhängig von Energieeinsparbemühungen) durch den Eigentümer erforderlich wären (vgl. Kapitel 6.3.1.3).

Tabelle 6-10: Kostenschätzung Sanierungsvarianten, MSK 2

Bauteil	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Außenwand, Fenster, Tür	Var. 1 + Keller, Garage	Var. 2 + Wärmepumpe, PV
Fassade	50.000 €	50.000 €	50.000 €
Fenster	28.000 €	28.000 €	28.000 €
Hauseingangstür	20.000 €	20.000 €	20.000 €
Kellerdecke		5.500 €	5.500 €
Innenwände Kellerabgang Treppenhaus		4.500 €	4.500 €
Innenwände Garage		6.300 €	6.300 €
Kellereingangstür		15.000 €	15.000 €
Nahwärmeanschluss			
Wärmepumpe			30.000 €
Photovoltaik			9.600 €
Optimierung Regelung (inkl. hydraul. Abgleich)	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Kostenschätzung (brutto)	100.000 €	131.300 €	170.900 €
BEG-Förderung /KfW Heizung	20.000 €	24.000 €	39.000 €
Endinvestition	80.000 €	107.300 €	131.900 €
„Sowieso-Kosten“	40.800 €	40.800 €	72.800 €

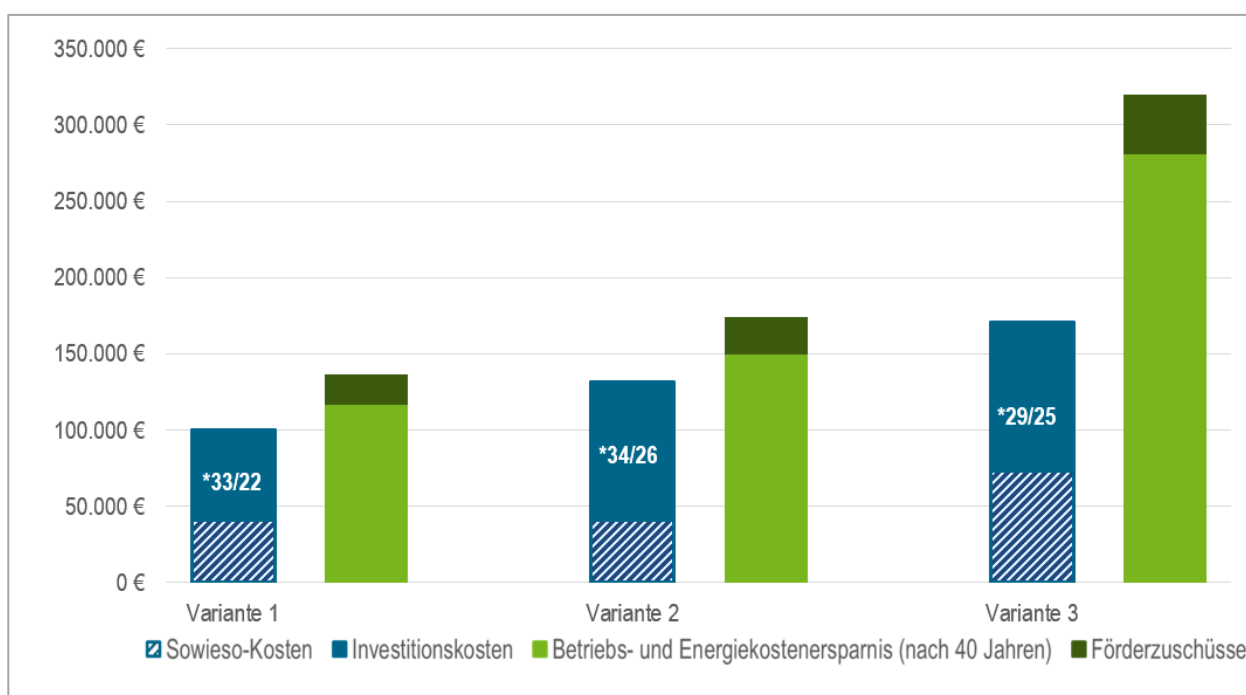


Abbildung 6-20: Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren, MSK 2, *Amortisationszeit in Jahren mit/ohne Sowieso-Kosten

Abbildung 6-20 zeigt auf, dass sich alle Varianten im Betrachtungszeitraum amortisieren. Alle drei Maßnahmenpakete sind zwar mit hohen Kosten verbunden, der Anteil der Sowieso-Kosten ist jedoch nicht zu vernachlässigen. Insbesondere die Außenwand und die Fenster sowie die Hauseingangstür stellen energetische Schwachpunkte dar und sollten optimiert werden.

6.3.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT 3

6.3.3.1 BESTANDSAUFNAHME

Bei Mustersanierungsobjekt 3 handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus aus dem Jahr 1906 mit zwei Vollgeschossen und einem Dachgeschoss.



Abbildung 6-21: Mustersanierungsobjekt 3, Vorderansicht

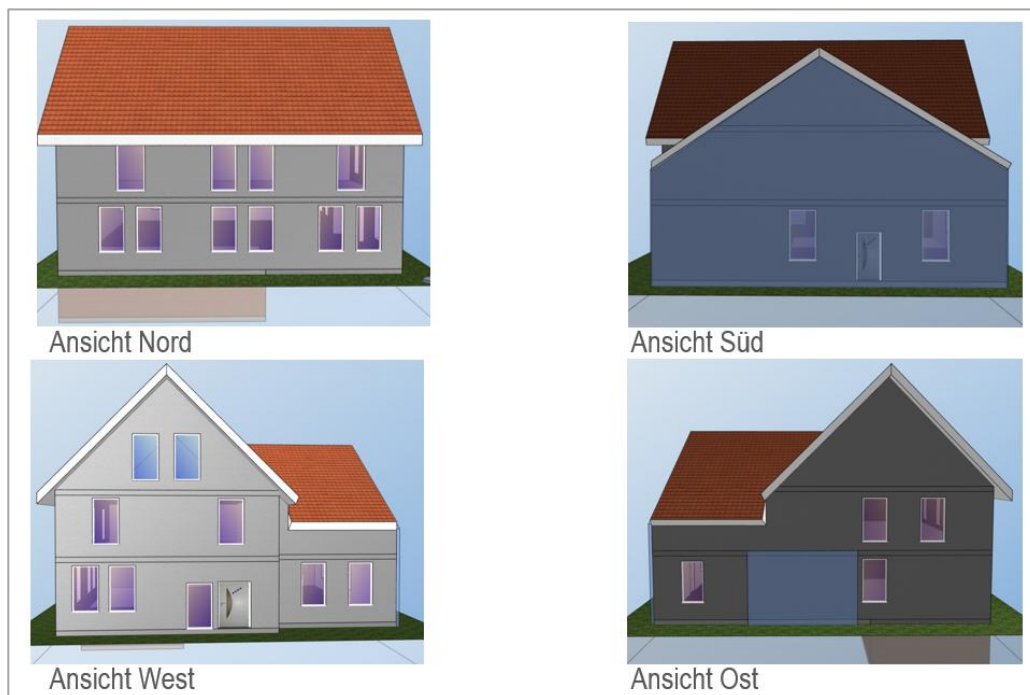


Abbildung 6-22: 3D Modellierung, erstellt mit dem Programm Hottgenroth

Die energetische Situation des über 110 Jahre alte Objektes befindet sich in einem optimierungswürdigen Allgemeinzustand, insbesondere in Bezug auf Türen, Fenster und die Fassade.

Im Jahr 1980 fand ein Fenstertausch statt. Beheizt werden die Wohnbereiche mittels eines Gaskessels aus dem Baujahr 2012. Zusätzlich sind zwei Kaminöfen vorhanden.

Thermische Gebäudehülle

Erdgeschoss und Teile des ersten Obergeschosses sind beheizt, das Dach- und das Kellergeschoss sind unbeheizt.



Abbildung 6-23: Thermische Gebäudehülle MSK 3

Energetische Bewertung Ist-Zustand

In Tabelle 6-11 befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit den momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die der Gesetzgeber mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der Fördermittelgeber bei förderfähigen Maßnahmen (BEG) bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt.

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.

Tabelle 6-11: Bauteile Ist-Zustand

Bauteil	U-Wert in W/(m ² ·K)	U _{max} GEG in W/(m ² ·K)	U _{max} BEG in W/(m ² ·K)
Oberste Geschossdecke	1,20	0,24	0,14
Fenster	2,70	1,30	0,95
Fassade	1,50	0,24	0,20
Hauseingangstür	2,90	1,80	1,30
Kellerdecke	1,60	0,30	0,25
Bodenplatte	1,60	0,30	0,25

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Bei dem betrachteten Gebäude verursacht die Transmission (89.507 kWh/a) die größten Verluste, gefolgt von den Anlagenverlusten (71.895 kWh/a) und den Lüftungsverlusten (24.050 kWh/a).

Wie genau sich die Transmissions- und Anlagenverluste zusammensetzen, ist Abbildung 6-25 zu entnehmen. Demnach sind die größten Transmissionsverluste bei der Außenwand (30.281 kWh/a) zu verzeichnen, gefolgt von dem Dach (22.418 kWh/a), dem Keller (21.923 kWh/a) und den Fenstern (14.884 kWh/a). Bei den Anlagenverlusten stellen die Heizungsverluste die größten Verluste dar, gefolgt von der Hilfsenergie.

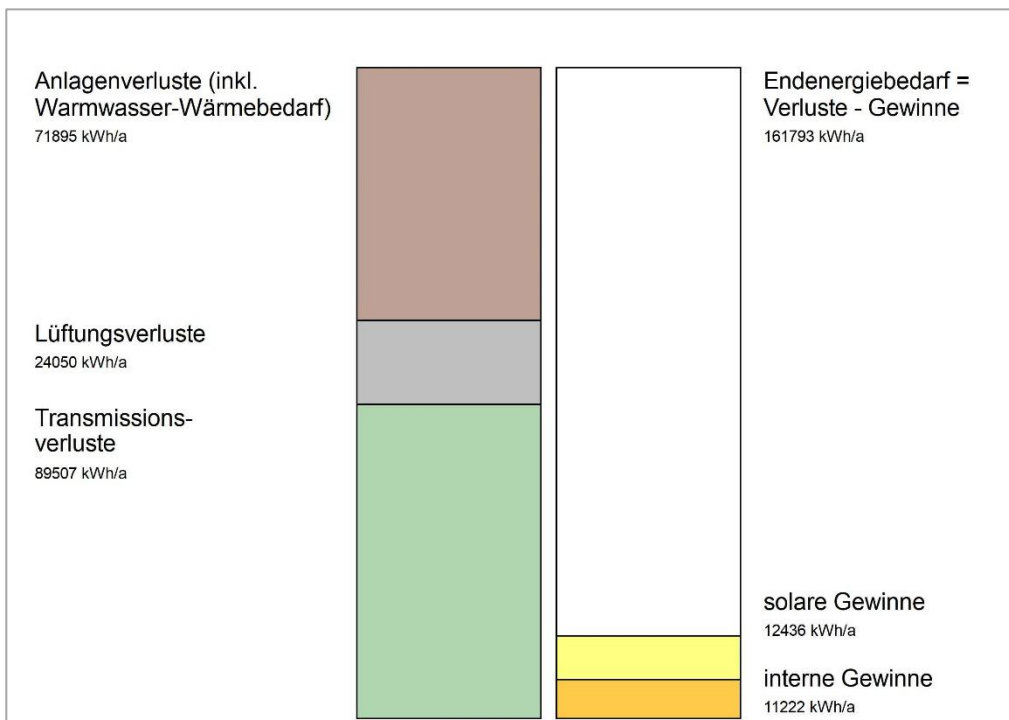


Abbildung 6-24: Energetische Verluste und Gewinne Ist-Zustand, MSK 3

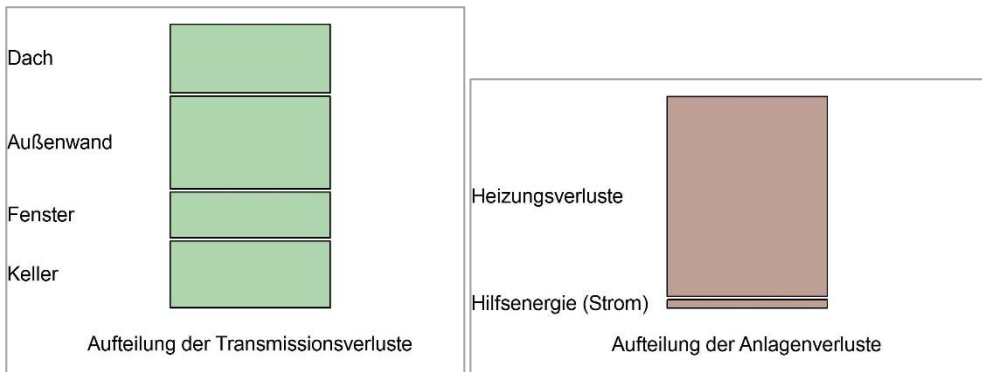


Abbildung 6-25: Energetische Verluste Ist-Zustand, MSK 3

Bewertung des Gebäudes

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 60 kg/(m²·a). Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Anlage 9 GEG. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird das Gebäude in die Kategorie H eingeordnet (Klassen A-H). Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 281 kWh/(m²·a). Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist nicht der Primärenergiebedarf, sondern der Endenergiebedarf zur energetischen Bewertung des Gebäudes geeignet.

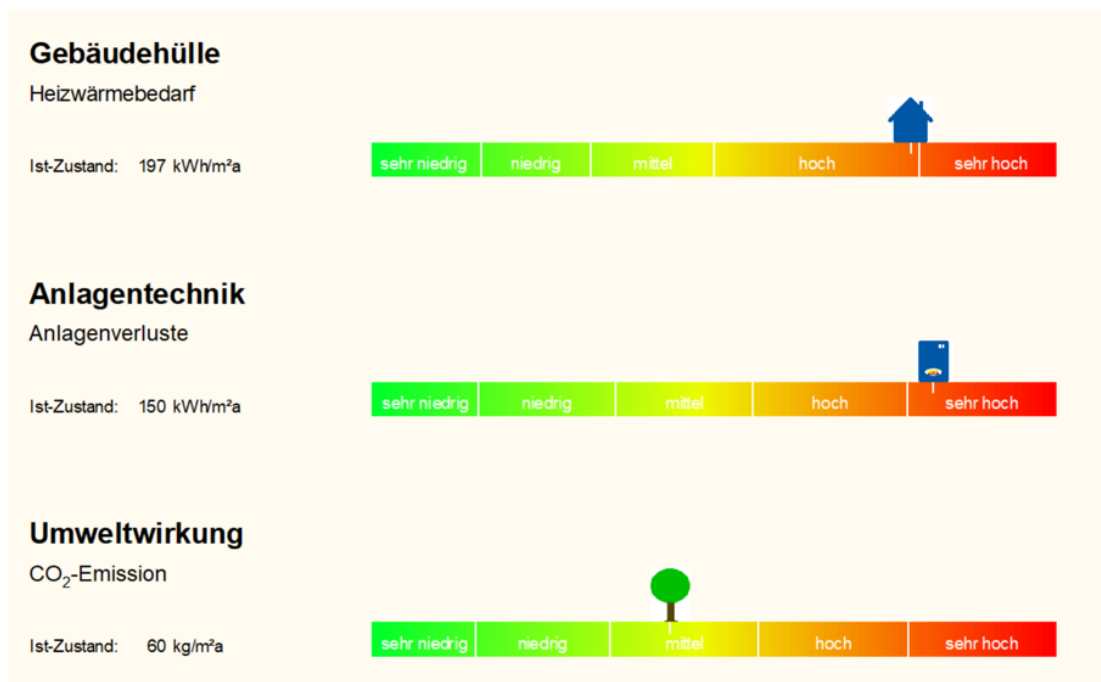


Abbildung 6-26: Gebäudehülle, Anlagentechnik, Umweltwirkung Ist-Zustand, MSK 3

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

mittlere Innentemperatur: 20,0 °C,
 Luftwechselrate: 0,79 h⁻¹,
 interne Wärmegewinne: 6.252 kWh pro Jahr

Warmwasser-Wärmebedarf: 4.187 kWh pro Jahr.

Tabelle 6-12: Übersicht Sanierungsvarianten, MSK 3

Bauteil	V1: Fenster, Fassade, Türen	V2: Wie V1 + Oberste Geschossdecke	V3: Wie V2 + Abwär- menutzung
Baukonstruktion			
Fenster	$U_w=0,90$	$U_w =0,90$	$U_w =0,90$
Fassade	6 cm WLG 035	6 cm WLG 035	6 cm WLG 035
Hauseingangstür	$U_D=1,30$	$U_D =1,30$	$U_D =1,30$
Oberste Geschossdecke	-	22 cm WLG 035	22 cm WLG 035
Anlagentechnik			
Hydraulischer Abgleich	Ja	Ja	Ja
Austausch Heizungsanlage	-	-	Ja, Abwärme aus Milchproduktion
Photovoltaik	-	-	-

6.3.3.2 SANIERUNGSVARIANTEN

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

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

Tabelle 6-13: Variantenvergleich MSK 3

	Ist-Zustand	V1	V2	V3
Primärenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	281	200	157	6
Endenergiebedarf [kWh/(m²·a)]	354	257	205	170
Reduzierung des Endenergiebedarfs		27 %	42 %	52 %
CO₂-Emissionen [kg/(m²·a)]	60	42	33	26
Reduzierung der CO₂-Emissionen		29 %	45 %	56 %

Variante 1: Austausch der Fenster + Austausch Hauseingangstür + Einblasdämmung

In Variante 1 werden die alten Fenster und die Hauseingangstür im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen ausgetauscht. Bei den Fenstern handelt es sich um dreifach verglaste Modelle mit einem U_w -Wert von $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Die neue Hauseingangstür soll einen U_D -Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aufweisen. Zusätzlich wird die Fassade per Einblasdämmung ertüchtigt.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 161.793 kWh/Jahr reduziert sich auf 117.389 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 44.406 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 8.031 kg pro Jahr reduziert.

Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 200 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 1 beträgt 27 %.

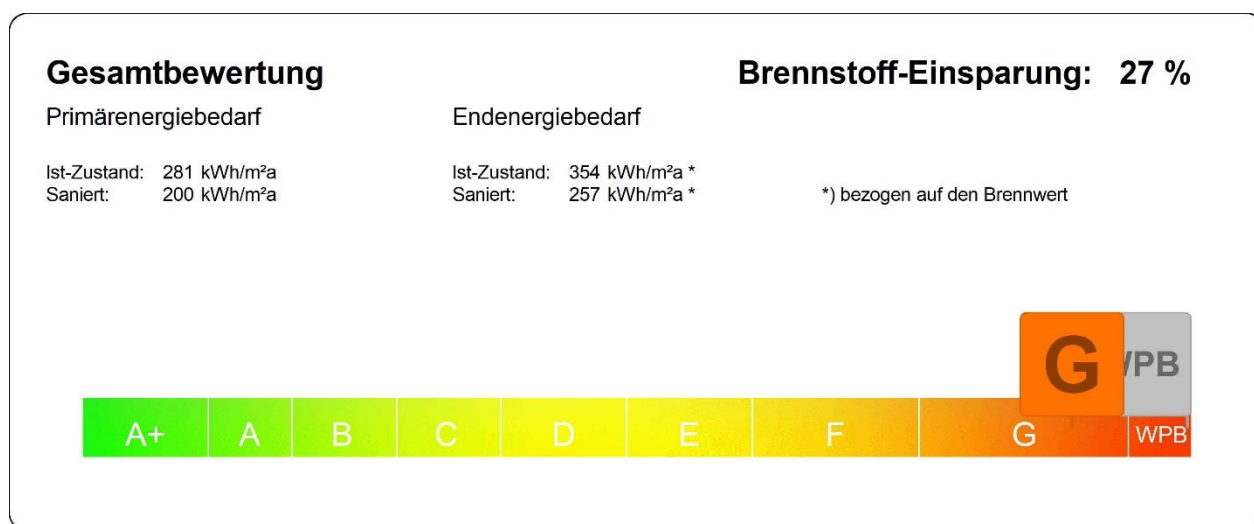


Abbildung 6-27: Bewertung Variante 1, MSK 3

Variante 2: Oberste Geschossdeckendämmung

In Variante 2 wird zusätzlich zu den in Variante 1 genannten Maßnahmen auch die oberste Geschossdecke mit 22 cm Dämmstoff versehen.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 161.793 kWh/Jahr reduziert sich auf 93.653 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 68.140 kWh/Jahr bei gleichem Nutzerverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 12.281 kg pro Jahr reduziert.

Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 157 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 2 beträgt 42 %.

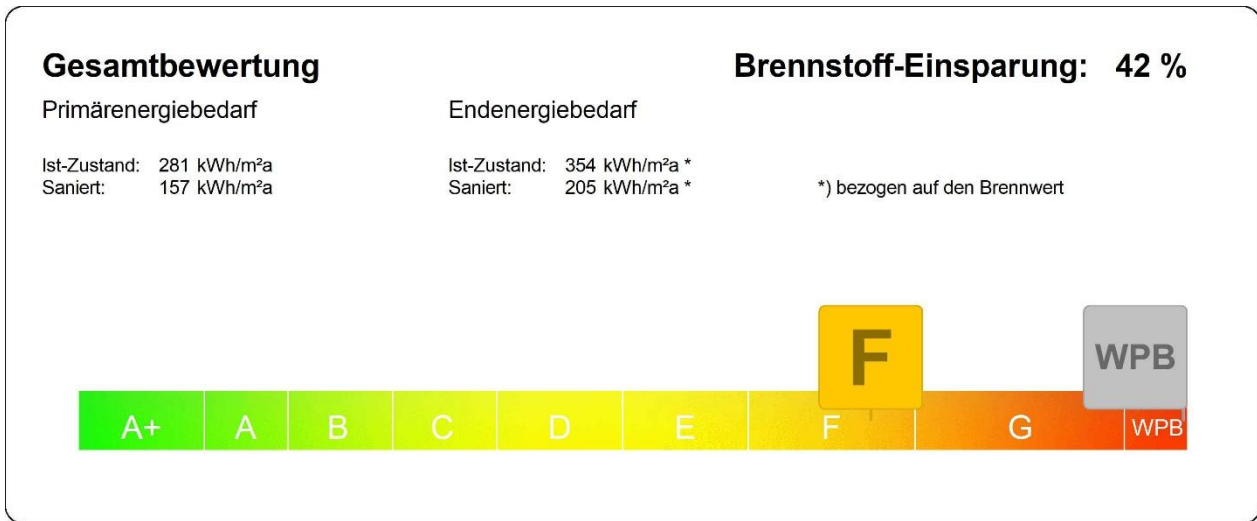


Abbildung 6-28: Bewertung Variante 2, MSK 3

Variante 3: Abwärmenutzung

In Variante 3 werden die Maßnahmen aus Variante 2 um eine Ertüchtigung der Anlagentechnik ergänzt. In dieser Variante wird vorgeschlagen, die Abwärme aus der Milchproduktion, die bereits zur Warmwasserbereitung im Gebäude genutzt wird, zusätzlich auch für die Heizung einzusetzen, als ökologische Alternative zu den vorhandenen Gaskesseln.

Der derzeitige, rechnerische Endenergiebedarf von 161.793 kWh/Jahr reduziert sich auf 78.008 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 83.785 kWh/Jahr bei gleichem Nutzungsverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 15.368 kg pro Jahr reduziert. Anders als der Endenergiebedarf berücksichtigt der Primärenergiebedarf auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf 7 kWh/m²/Jahr. Die Brennstoffeinsparung der Sanierungsvariante 3 beträgt 52 %.

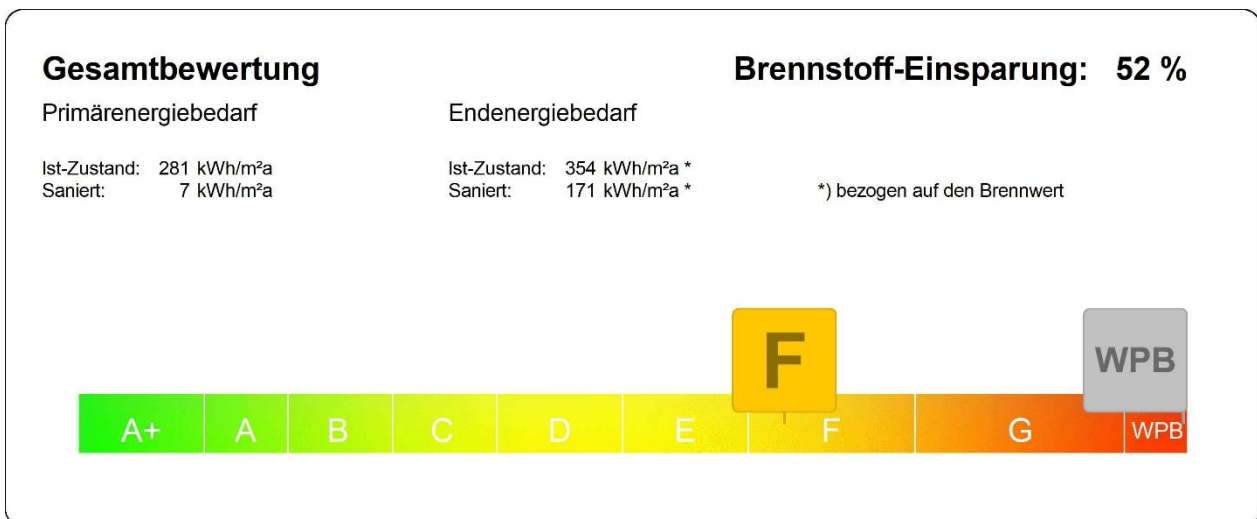


Abbildung 6-34: Bewertung Variante 4, MSK 3

6.3.3.3 KOSTENSCHÄTZUNG

Tabelle 6-14 enthält die Kostenschätzung und basiert auf der DIN 276 - Kosten im Hochbau.

Tabelle 6-14: Kostenschätzung MSK 3

Bauteil	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Fassade, Fenster, Türen	Var. 1 + Oberste Geschossdecke	Var. 2 + Abwärme
Fenster	46.000 €	46.000 €	46.000 €
Fassade	10.000 €	10.000 €	10.000 €
Hauseingangstür	10.000 €	10.000 €	10.000 €
Oberste Geschossdecke		26.000 €	26.000 €
Nahwärmeanschluss			
Abwärme			10.000 €
Optimierung Regelung (inkl. hydraul. Abgleich)	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Kostenschätzung (brutto)	68.000 €	94.000 €	104.000 €
BEG-Förderung	12.000 €	12.000 €	15.000 €
Endinvestition	56.000 €	82.000 €	89.000 €
Sowieso-Kosten	47.600 €	69.700 €	81.700 €

6.3.3.4 WIRTSCHAFTLICHE AUSWERTUNG

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

Es wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen über einen Zeitraum von 40 Jahren betrachtet. Basis für die Berechnung sind die Energieverbräuche und Kosten der vergangenen Jahre. Diese wurden den Heizkostenabrechnungen des Eigentümers entnommen. Der durchschnittliche Erdgasverbrauch des Objektes liegt bei ca. 92.000 kWh/a.¹¹ Für den Brennstoff wird eine Teuerungsrate von jährlich 4 % angenommen.

¹¹ Da von den Bewohnern keine Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt wurden, erfolgte die Verbrauchsschätzung auf Basis der energetischen Modellierung im Programm Hottgenroth. Ausgangspunkt war der durch die Hottgenroth berechnete spezifische Heizwärmebedarf des Gebäudes. Dieser wurde mit der vorhandenen Wohnfläche multipliziert, wodurch sich ein rechnerischer Jahresverbrauch von ca. 110.000 kWh/a ergab. Zur Plausibilitätsprüfung wurde dieser Wert mit den typischen Verbrauchsdaten vergleichbarer Wohngebäude desselben Baualters abgeglichen. Aufgrund der außergewöhnlich niedrigen Belegungsdichte (nur zwei Personen auf einer sehr großen Wohnfläche) ist davon auszugehen, dass der tatsächliche Verbrauch unter dem berechneten Referenzwert liegt. Vor diesem Hintergrund wurde der Nutzenergiebedarf (92.000 kWh/a) laut energetischer Berechnung als Grundlage für die Verbrauchsschätzung herangezogen.

Abbildung 6-29 zeigt für die einzelnen Sanierungsvarianten eine Gegenüberstellung der Investitionskosten und Sowieso-Kosten auf der einen Seite und der Energiekostensparnis (nach 40 Jahren) sowie Förderzuschüsse auf der anderen Seite. Bei den Sowieso-Kosten handelt es sich um Kosten für Maßnahmen, deren Ausführung mittel- bis langfristig „sowieso“ (also auch unabhängig von Energieeinsparbemühungen) durch den Eigentümer erforderlich wären.

Um eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für Variante 3 durchführen zu können, fehlen aktuell Referenzprojekte, an denen sich Annahmen zur Rentabilität treffen ließen. Daher werden lediglich Variante 1 und 2 betrachtet. Beide Varianten amortisieren sich in wenigen Jahren, was die Effektivität der Maßnahmen unterstreicht. Der Anteil der Sowieso-Kosten ist durch den umfangreichen Fenstertausch hoch. Aufgrund des Alters der Bauteile ist mindestens Variante 1 empfehlenswert.

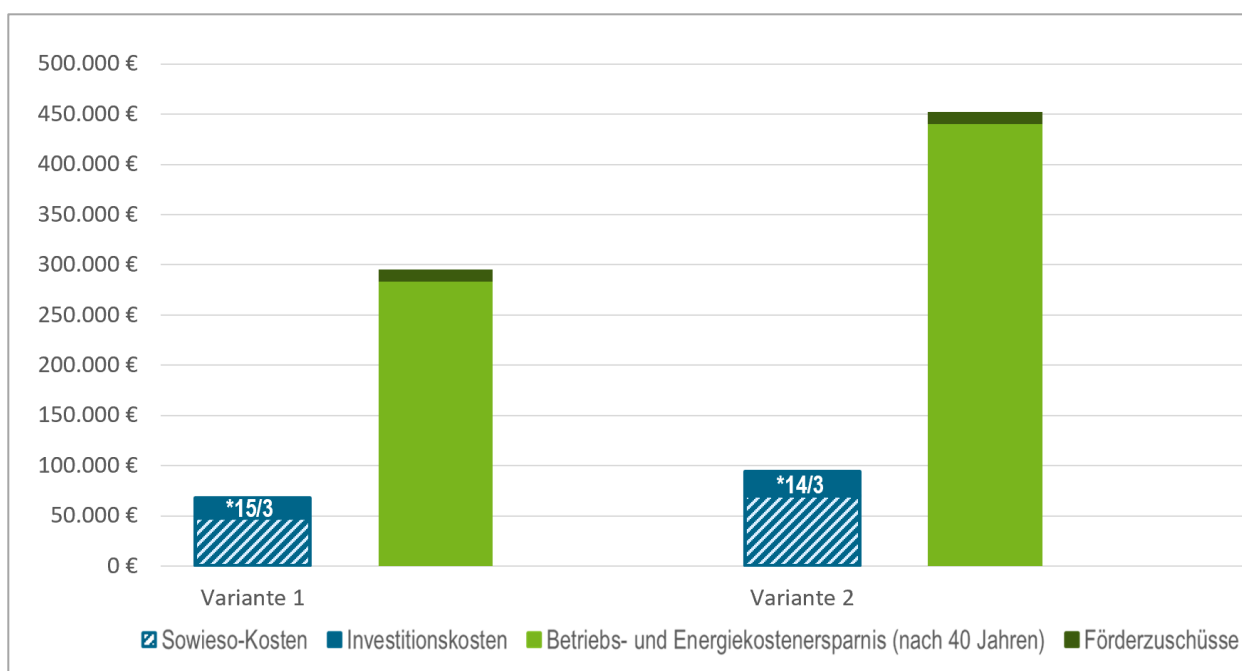


Abbildung 6-29: MSK 3, Rentabilität der Maßnahmen nach 40 Jahren, *Amortisationszeit in Jahren mit / ohne Sowieso-Kosten

6.3.4 SANIERUNGSRATE

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

Als Sanierung definieren wir alle Maßnahmen, die bei Betrachtung der Investitionskosten und unter Einbeziehung der verfügbaren Förderung wirtschaftlich sind. Aus den Ergebnissen der Mustersanierungskonzepte und dem Vergleich, welchen Anteil die jeweilige Baualtersklasse im Quartier hat, leiten wir ab, um wie viel Prozent der Wärmebedarf bei einer „quartiersdurchschnittlichen Sanierung“ sinkt. Aus dieser quartiersdurchschnittlichen Sanierung berechnen wir die Wärmebedarfseinsparungen bis zum Jahr 2030 bzw. bis zum Jahr 2050 für die Sanierungsrate von 1 % bzw. von 2 %.

Dabei orientiert sich die Rate von 1 % am bundesdeutschen Durchschnitt, die Rate von 2 % stellt ein optimistischeres Szenario dar. Den Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass bei einer wirtschaftlichen Sanierung im Quartier Rausdorf durchschnittlich 39 % des Heizenergiebedarfs eingespart werden können. Diese Zahl ist abhängig von der Gebäudealtersstruktur im Quartier. Bei einer Sanierungsrate von 1 % könnte der Wärmebedarf der Gebäude bis zum Jahr 2050 um 10 % gesenkt werden, bei einer ambitionierten Sanierungsrate in Höhe von 2 % sogar um das Doppelte.

In Anbetracht der derzeitigen Baukostensituation und einer eingeschränkten Handwerkerverfügbarkeit erscheint ein Szenario von 2 % Sanierungsrate grundsätzlich deutschlandweit eher unrealistisch. Aufgrund eines relativ hohen Anteils an Häusern aus der Vor-Kriegszeit kann jedoch von einer Sanierungsrate von mindestens 1 % jährlich durchaus ausgegangen werden. Aufgrund der fehlenden Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes in Rausdorf ist zusätzlich mit vermehrten Sanierungsmaßnahmen an der Anlagentechnik zu rechnen, weshalb eine Rate von ca. 2 % hier im Quartier doch als realistisch erscheint. Wie umfassend die Gebäude saniert werden ist jedoch u. a. von verfügbaren Fördermitteln und der Entwicklung der Bau- und Materialkosten in den nächsten Jahren abhängig.

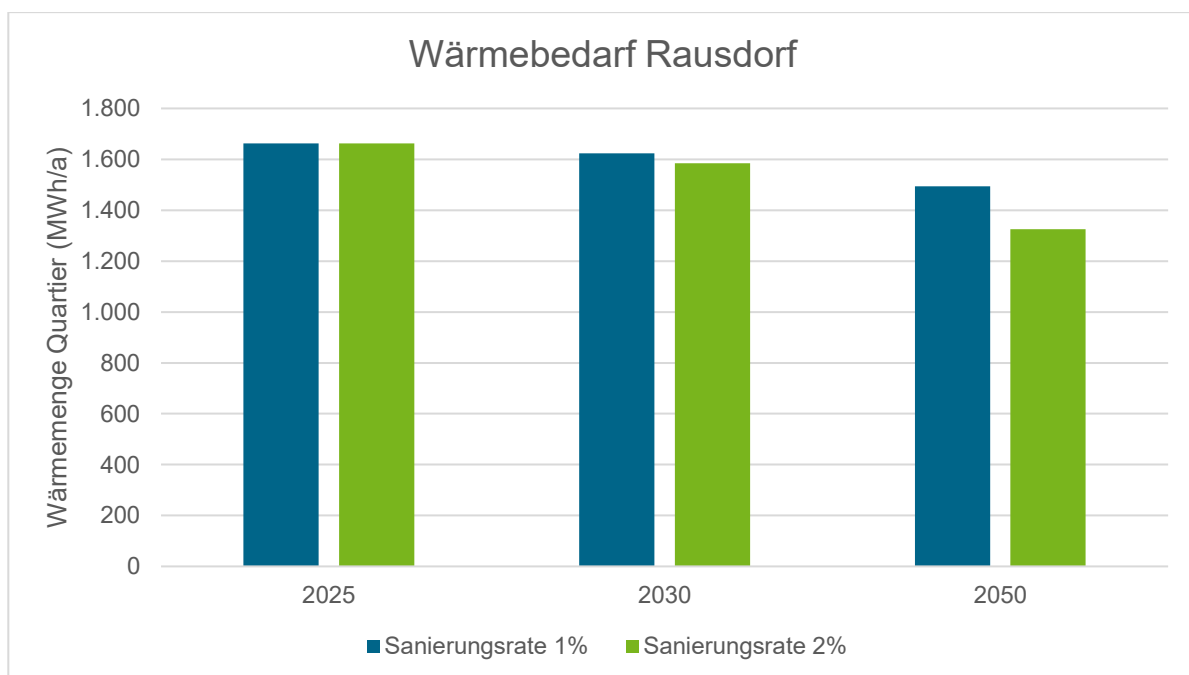


Abbildung 6-30: Entwicklung Wärmebedarf durch Gebäudesanierung

6.3.5 ZUSAMMENFASSENDE ERGEBNISSE DER MUSTERSANIERUNGSKONZEPTE VON WOHNGEBÄUDEN

Für die drei Mustersanierungsobjekte wurden zunächst detaillierte Bestandsaufnahmen durchgeführt, bei denen der derzeitige energetische Zustand jedes Gebäudes ermittelt und energetische Schwachpunkte identifiziert wurden. Darauf aufbauend wurden für jedes Objekt verschiedene Sanierungsvarianten erarbeitet.

Bei Mustersanierungsobjekt 1 handelt es sich um ein Haus aus dem Baujahr 1984. An der Gebäudehülle wurden bereits einige Sanierungsmaßnahmen vorgenommen, ebenso wie an der Anlagentechnik, die aus einer modernen Wärmepumpe besteht und durch Photovoltaikanlagen auf dem Dach unterstützt wird. Das energetische Optimierungspotenzial liegt daher unter dem Niveau

der beiden anderen Objekte. Gleichwohl lohnen sich hier auch Einzelmaßnahmen wie z. B. der Tausch von Fenstern und Türen, die sich nach verhältnismäßig kurzer Zeit amortisieren.

Bei Mustersanierungsobjekt 2 handelt es sich um ein Zweifamilienhaus aus dem Baujahr 1970. Viele Bauteile bieten noch Energie-Einsparpotentiale, u. a. die Fassade, die Kellerdecke und teilweise Fenster und Türen. Alle betrachteten Maßnahmenpakete amortisieren sich im Betrachtungszeitraum. Eine umfangreiche Sanierung mit einer Installation einer Wärmepumpe ist allerdings mit hohen Kosten verbunden.

Bei Mustersanierungsobjekt 3 handelt es sich um ein kaum saniertes „Bauernhaus“ aus dem Jahr 1906. Alle Bauteile bieten Potential zur energetischen Sanierung. Alle Varianten amortisieren sich deutlich innerhalb von 40 Jahren und bieten einen hohen Mehrwert in Bezug auf Wohnkomfort, Brennstoffeinsparung und Instandhaltung der Gebäudehülle. Zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Heizung durch Abwärmenutzung aus der Milchproduktion auf dem gleichen Gelände wären differenziertere Planungsleistungen erforderlich.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass alle Gebäude Potential zur energetischen Sanierung aufweisen. Je neuer das Gebäude ist, desto weniger Energieeinsparpotential ist in der Gebäudehülle zu erwarten. Häufig können geringinvestive Maßnahmen, wie z. B. eine Kerndämmung, bereits große Energieeinsparungen herbeiführen. Alle Gebäude haben teilweise alte Fenster und Türen, die kurz bis mittelfristig getauscht werden müssten. Dabei handelt es sich um Maßnahmen, die dringend notwendig werden. Andere Maßnahmen wie Einblasdämmungen in vorhandene Luftschichten der Fassade können ebenfalls mit geringem Aufwand hohe Einsparungen mit sich bringen. Grundsätzlich können immer geringinvestive Maßnahmen wie ein hydraulischer Abgleich angedacht werden, da diese wenig kosten und unmittelbar zu Einsparungen und höherem Wohnkomfort führen.

Eine Sanierung zum Effizienzhaus wäre für die betrachteten Häuser mit sehr hohen Kosten verbunden und technisch sowie wirtschaftlich nicht zu empfehlen.

Grundsätzlich sind 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.

6.4 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFT: BÜRGERHAUS / FEUERWEHRGERÄTEHAUS

Für das Bürgerhaus wurde ein Sanierungssteckbrief erstellt, der die wesentlichen Handlungsbedarfe am Gebäude skizziert.

Die untersuchte Liegenschaft beinhaltet drei Gebäudeteile. Das Bürgerhaus aus dem Jahr 1986, das Feuerwehrgerätehaus welches ursprünglich 1960 erbaut wurde und ein Anbau, der im Jahr 2012 entstand.

Alle drei Gebäude verfügen über je ein Geschoss, das Erdgeschoss, und befinden sich im Besitz der Gemeinde.

Das Bürgerhaus ist nicht unterkellert und verfügt über einen Versammlungsraum, eine Küche sowie zwei Toiletten. Alle Räume sind beheizt. Im Jahr 2012 wurde das Dach des Bürgerhauses gemäß den aktuellen technischen Standards gedämmt. Die Fenster, die noch aus dem Jahr 1986 stammen, haben Holzrahmen. Es sind keine Feuchteschäden an den Fenstern oder an der Fassade erkennbar.

Das Feuerwehrgerätehaus verfügt noch über alle Bauteile der thermischen Hülle aus dem Jahr 1960, mit Ausnahme des Tors, das im Jahr 2015 ausgetauscht wurde. Der Anbau umfasst einen Gruppensaal, der ebenfalls beheizt ist. Alle Bauteile dieses Anbaus stammen aus dem Jahr 2012.



Abbildung 6-31: Außenansicht Bürgerhaus und Feuerwehrgerätehaus mit Anbau (v. l.)

Tabelle 6-15: IST-Zustand Bürgerhaus / Feuerwehrgerätehaus

Gebäudehülle – Ist-Zustand der Bauteile				
Bauteil	Beschreibung	U-Wert Ist in $W/(m^2 \cdot K)$ Abschätzungen gemäß Gebäudetypologie SH	U_{max} GEG mit Raum-Soll- temperatur $\geq 19 \text{ °C}$ in $W/(m^2 \cdot K)$	U_{max} GEG mit Raum-Soll- temperatur von 12 bis $< 19 \text{ °C}$ in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand (Bürgerhaus)	Ziegelmauerwerk (ungedämmt)	0,60	0,24	0,35
Außenwand (Feuerwehr- gerätehaus)	Ziegelmauerwerk (ungedämmt)	1,40	0,24	0,35
Außenwand (Anbau)	Ziegelmauerwerk (gedämmt)	0,30	0,24	0,35
Eingangstür (Bürgerhaus)	Material: Holz Verglasung: zweifach	2,90	1,80	1,80
Tor (Feuerwehrgerä- tehaus)	Material: Metall Baujahr: 2015	1,0	k. A.	k. A.
Fenster (Bürgerhaus)	Holzfenster 2-fach verglast	2,70	1,30	1,90
Fenster (Feuerwehrgerä- tehaus)	Holzfenster 2-fach verglast	3,0	1,30	1,90
Fenster (Anbau)	Holzfenster 2-fach verglast	1,30	1,30	1,90
Boden	Boden	0,60	0,30	k. A.
Dach	Satteldach / Süd- Seite mit PV-Modu- len	0,20	0,24	0,35
Heizungs- und Anlagentechnik – Ist-Zustand				
Heizungsart:		Erdgas		
Anlagenbaujahr:		2024		
Warmwasserbereitung:		Dezentral		
Lüftung:		Freie Lüftung		

Alle drei Gebäudeteile werden über eine Gasheizung erwärmt, wobei der Kessel im Jahr 2024 erneuert wurde. Im Zuge des Kesseltausches wurde im Jahr 2024 auch ein hydraulischer Abgleich durchgeführt. Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral über Durchlauferhitzer. Zudem ist das Dach des Gebäudes mit Photovoltaikanlagen ausgestattet. Das Gebäude weist in Teilen energetischen Optimierungsbedarf auf. Da das Gebäude nur zeitweilig genutzt wird, wäre eine umfassende energetische Sanierung nach BEG oder KfW-Effizienzhaus zwar möglich, aber derzeit in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit (Aufwendungen, Amortisation und Effekt) als eher unverhältnismäßig einzustufen. Daher wird z. Zt. keine sehr hohe Priorität von über die in Tabelle 6-16 genannten hinausgehenden Sanierungsmaßnahmen gesehen.

Als erste Maßnahmen soll der Austausch der Fenster im Bürgerhaus und Feuerwehrgerätehaus sowie die nachträgliche energetische Optimierung der Luftschicht der Mauerwerks-Fassade dieser beiden Gebäude mit verhältnismäßig geringen Aufwendungen umgesetzt werden. Eine Luftdichtheitsprüfung, ggf. in Verbindung mit einer Thermografie, kann die energetischen Schwachpunkte näher lokalisieren, sodass gezielte Maßnahmen geplant werden können.

Tabelle 6-16: Sanierungsempfehlungen Bürgerhaus / Feuerwehrgerätehaus

Sanierungsempfehlung & Maßnahmenbeschreibung	
Dach	Da im Jahr 2012 bereits eine Sanierung durchgeführt wurde, ist es derzeit nicht sinnvoll bzw. wirtschaftlich, weitere energetische Maßnahmen zu ergreifen.
Außenwand	Ggf. kann die Luftschicht nachträglich gedämmt und / oder die Fassade von außen mit einem Wärmedämmverbundsystem / Riemchen versehen werden.
Fenster	Da die Aufenthaltsräume nur zeitweilig benutzt werden, ist ein Austausch der alten Fenster / Außentüren nur dann sinnvoll, wenn die Bauteile beschädigt oder abgängig sind oder die Fassade gedämmt wird.
Eingangstüren	Die Hauseingangstüren bieten künftig noch energetisches Austauschpotential, wenn z. B. sowieso ein Austausch (z. B. nach Beschädigung) ansteht.
Boden	Hier ist nur mit konstruktiv und wirtschaftlich hohem Aufwand eine Optimierung zu erreichen, bei relativ geringen energetischen Effekten.
Heizung / Warmwasser	Keine Optimierung erforderlich, da der Kessel im Jahr 2024 saniert wurde. Mittelfristig jedoch Ersatz durch EE.
Lüftung	Fensterlüftung über Fenster möglich.
Wärmebrücken	Schimmelbildungen konnten vor Ort nicht erkannt werden – von daher sind offenbar keine sichtbaren Auswirkungen oder gar Beeinträchtigungen von Wärmebrücken vorhanden.
Luftdichtheit	Zur Ergründung von Undichtheiten und Wärmeverlusten ist eine Luftdichtheitsprüfung zu empfehlen, um gezielte Maßnahmen zur Energieeinsparung zu planen. Ggf. auch in Verbindung mit Thermografie Aufnahmen (am besten von innen).

Fördermöglichkeiten

Im Rahmen der Sanierung des Bürgerhauses (Nichtwohngebäude) gibt es zahlreiche förderfähige Maßnahmen.

Der KfW-Kredit 263 kommt bei einer Komplettsanierung einer Bestandsimmobilie zum Effizienzhaus 70 oder besser 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 bis zu 10 Mio. € je Vorhaben gefördert. Der Tilgungszuschuss (bis zu 3,5 Mio. €) reduziert das Darlehen und verkürzt die Laufzeit.

Je besser die Effizienzhaus-Stufe der Immobilie nach der Sanierung, desto höher der Tilgungszuschuss (KfW, o. J. c). Auch die Baubegleitung wird mit einem zusätzlichen Kreditbetrag und Tilgungszuschuss gefördert. Eine zusätzliche Förderung gibt es für

- die notwendige Fachplanung und Baubegleitung durch eine Energieeffizienz-Expertin oder einen Energieeffizienz-Experten sowie eine akustische Fachplanung durch eine Akustikerin oder einen Akustiker und
- die Nachhaltigkeitszertifizierung mit dem „Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude“, wenn eine Effizienzgebäude-Stufe mit Nachhaltigkeits-Klasse erreicht wird (KfW, o. J. c).

Das BAFA ist für die Förderung der BEG-Einzelmaßnahmen zuständig. Das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen liegt bei 300 Euro brutto. Der Grundfördersatz beträgt 15 % der förderfähigen Ausgaben. Die Höchstgrenze der förderfähigen Ausgaben für energetische Maßnahmen beträgt insgesamt 500 Euro pro Quadratmeter Nettogrundfläche (im thermisch konditionierten Gebäudevolumen, nach § 3 Absatz 1 Nummer 22 GEG) (BAFA, o. J. a).

Das BAFA ermöglicht zusätzlich die Förderung einer energetischen Fachplanung und Baubegleitung zu 50 %. Diese kann nur im Zusammenhang mit einer Förderung von folgenden Einzelmaßnahmen im Rahmen dieser Richtlinie beantragt werden:

- Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle,
- Anlagentechnik (außer Heizung),
- Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik) (nur bei Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes) (BAFA, 2024)

7. VERSORGUNGSOPTIONEN UND -SZENARIEN

Die Reduzierung des Wärmebedarfs mithilfe energetischer Sanierung von Gebäuden ist ein erster Teilbereich des Quartierskonzeptes. Ein zweiter Bestandteil ist die Optimierung der Wärmeversorgung und ggf. ihre Anpassung an den zukünftig geringeren Verbrauch. Nach der Betrachtung der Sanierungspotenziale im vorangegangenen Kapitel folgt in diesem Kapitel die ganzheitliche Untersuchung der Versorgungsoptionen des Quartiers.

Man unterscheidet bei der Wärmeversorgung zwischen einer dezentralen, also gebäudeindividuellen Wärmeversorgung und einer zentralen Versorgung mit Nah- oder Fernwärme (Pfnür, Winiewska, Mailach, & Oschatz, 2016). Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Nah- und Fernwärme existiert dabei nicht, so dass beide Begriffe synonym verwendet werden können. Die dezentrale Wärmeversorgung erfolgt durch die Wärmeerzeugung direkt im jeweiligen Gebäude. In der Gemeinde Rausdorf wird ein Teil der Gebäude bereits über ein zentrales Wärmenetz versorgt, während der überwiegende Anteil nach wie vor mit dezentralen Heizöl- und Erdgaskesseln innerhalb der jeweiligen Gebäude beheizt wird (vgl. Kapitel 5.2.2).

7.1 ZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Vor dem Hintergrund der notwendigen Reduktion der CO₂-Emissionen aus Klimaschutzgründen und zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit wird eine zentrale und weitestgehend regenerative Wärmeversorgung des Quartiers angestrebt. Da die Gemeinde bereits über ein Wärmenetz verfügt, wurde u. a. das Erweiterungspotenzial dieses Netzes detailliert untersucht.

Die Planung des Wärmeverteilsystems erfordert zunächst die Festlegung eines geeigneten Netzaufbaus, bzw. die Berücksichtigung der bereits bestehenden Netzabschnitte. Dabei ist nicht nur die Struktur der Wärmeverteilungsnetze und deren Betriebstemperaturen zu betrachten, sondern auch die Netzdimensionierung und die damit verbundenen Wärmeverluste.

7.1.1 TECHNISCHE VERSORGUNGSLSÖSUNGEN

Basierend auf den verfügbaren Informationen zu den Gebäuden und den Gegebenheiten des Quartiers wird untersucht, wie eine zentrale Wärmeversorgung im Quartier zukünftig gestaltet werden könnte. In einem zweistufigen Verfahren wurden dabei zunächst vielfältigste derzeit verfügbare Verfahren und Technologien anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien qualitativ auf Realisierbarkeit im Quartier geprüft. Nach dieser mit der Lenkungsgruppe (vgl. Kapitel 13.1) abgestimmten Abwägung wurden die Wärmeerzeugung durch Einsatz von Öl- und Gaskesseln (ausgenommen Redundanzabdeckung und Spitzenlasten), Brennstoffzellen, Erdgas-BHKW, Tiefengeothermie und Abwärmennutzung von Elektrolyseuren oder Pyrolyse in den quantitativen Detailbetrachtungen für den Ausbau einer zentralen Wärmeversorgung nicht weiter berücksichtigt:

- Alleinige Öl- und Erdgaskessel sind aus Klimaschutzgründen und zunehmend auch aus Kostengründen sowie aufgrund der eingeschränkten Versorgungssicherheit für eine zentrale Wärmeversorgung nicht weiter akzeptabel. Darüber hinaus müssen sich aufgrund von § 30 WPG ab März 2025 neue Wärmenetze zu mindestens 65 % aus erneuerbaren Quellen versorgen.
- Der Einsatz eines Erdgas-BHKW wird angesichts der Nutzung eines fossilen Energieträgers, der aktuellen Förderbedingungen sowie der steigenden Bepreisung der CO₂-Emissionen nicht

als zukunftsfähige und wirtschaftliche Lösung angesehen - die Einschränkungen hinsichtlich des erneuerbaren Anteils gelten analog zu denen für Öl- und Erdgaskessel.

- Brennstoffzellen wären nur dann ökologisch sinnvoll, wenn sie mit grünem Wasserstoff betrieben würden, der bisher kaum verfügbar ist, hier nicht wirtschaftlich eingesetzt werden kann und in absehbarer Zeit energiewirtschaftlich in anderen Bereichen (z. B. Dekarbonisierung bestimmter Industriesektoren oder Schwerlastverkehr) dringender als für Heizzwecke benötigt wird (IPP ESN, 2019).
- Aufgrund des begrenzten Leistungsbedarfs der Gemeinde und der hohen Investitionskosten ist eine wirtschaftliche Nutzbarkeit von Tiefengeothermie unwahrscheinlich, so dass es auch als unangemessen erscheint, kostspielige Voruntersuchungen zu tätigen.

Damit verbleiben für die Wärmeversorgung die nachfolgend beschriebenen Quellen, die in verschiedenen Konstellationen detaillierter untersucht wurden.

Das Quartier verfügt bereits über ein Wärmenetz, das durch die Abwärme des im Quartier liegenden Biogas-BHKW versorgt wird (vgl. Kapitel 5.2.2). Die Erweiterung des Wärmenetzes wird zunächst unter hinsichtlich der technischen Möglichkeiten zur Netzerweiterung geprüft, gefolgt durch eine Beurteilung der wirtschaftlichen Machbarkeit.

Das Biogas-BHKW ist seit 25.10.2006 in Betrieb und verfügt über eine Leistung von 232 kW_{th} (Bundesnetzagentur, o. J.). Der Betrieb des Biogas-BHKW ist aufgrund der EEG-Förderung bis Ende 2026 weitestgehend gesichert. Der Weiterbetrieb hängt von den dann gegebenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Daher werden zusätzlich zu den Berechnungen für den Netzausbau auch die Berechnung der Wärmegestehungskosten für Alternativen zur bisher vom BHKW genutzten Abwärme analysiert.

Eine weitere mögliche Wärmequelle besteht aus einem Holzhackschnitzelkessel. 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 Holzhackschnitzelkessels positiv beeinflusst werden. Die Vorratshaltung an Holzhackschnitzeln wird durch einen maßgeschneiderten Bunker gewährleistet.

Bei der Beschaffung von Holzhackschnitzeln sollte zur Vermeidung von Transportemissionen und zur Überprüfbarkeit einer nachhaltigen Holzproduktion möglichst auf eine regionale Herkunft Wert gelegt werden. Biomasse ist jedoch auch bei nachhaltigen Quellen ein generell begrenzter Rohstoff, dessen Nutzung vor allem an Orten bzw. zu Einsatzzeiten vorgesehen werden sollte, bei denen keine sinnvollen Alternativen verfügbar sind (Meereis, 2023).

Die dritte mögliche Wärmequelle ist eine Großwärmepumpe, welche die Umweltwärme der Umgebungsluft nutzt. Zur Ermittlung der Jahresarbeitszahl und damit der korrekten Berechnung des Strombedarfs werden die stündlichen Messwerte der Außentemperatur der Wetterstation Schleswig zugrunde gelegt. Die für den Betrieb der Wärmepumpen benötigte elektrische Energie wird aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen.

In allen Varianten wird zur Abdeckung von Redundanz (temporäre Ausfälle der primären Wärmequelle) und der Spitzenlast (in nur wenigen Stunden pro Jahr bei extremer Kälte anfallender Wärmebedarf) als siebte Wärmequelle ein Erdgaskessel vorgesehen.

Die fossilen Redundanz- und Spitzenlastabdeckung durch den Erdgaskessel stellt im Sinne der Wärmewende einen Kompromiss dar: Einerseits handelt es sich bei Erdgas noch um einen

fossilen Energieträger, der mittelfristig zu ersetzen ist. Andererseits sind aufgrund der sehr begrenzten Einsatzzeiten und Anteile an der Wärmeerzeugung die CO₂-Emissionen gering und die vergleichsweise niedrigen Investitionskosten eines solchen Kessels halten die Kapitalkosten des Gesamtsystems in Grenzen. Eine Dimensionierung z. B. der Holzhackschnitzelkessel oder Luftwärmepumpen gemäß des gesamten Netzleistungsbedarfs wäre mit signifikant höheren Investitionskosten und damit höheren Kosten des Wärmebezugs aus dem Netz verbunden. Durch die niedrigeren Investitionskosten des nur sehr begrenzt genutzten Erdgaskessels kann vermieden werden, dass sich besonders preissensible Haushalte gegen einen Fernwärmeanschluss entscheiden und so lange wie möglich bei ihrer bisherigen fossilen Wärmeversorgung bleiben.

Es wird in der Dimensionierung der Wärmeerzeuger stets darauf geachtet, dass der Erdgaskessel einen Anteil von 10 % der Wärmebereitstellung nicht überschreitet. Anderenfalls entspräche das Wärmenetz nicht den Förderbedingungen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW). Ohne investive Förderung lassen sich Wärmenetze derzeit jedoch nicht errichten und wirtschaftlich betreiben. Die ersten beiden untersuchten Varianten sind fiktive Versorgungsvarianten und prüfen lediglich, zu welchem Anteil die Abwärme des bestehenden BHKW die Versorgung des Quartiers gewährleisten könnte. Bei der ersten Variante wird die Begrenzung fossiler Energieträger auf 10 % nicht eingehalten (vgl. Abbildung 7-2). Langfristig kann und muss das Erdgas durch Biomethan oder grünen Wasserstoff ersetzt werden - oder der Kessel durch einen komplett anderen Wärmeerzeuger.

Diese verschiedenen Wärmequellen sind in jeweils geeigneter Form miteinander zu kombinieren. Dies wird in Kapitel 7.1.4. beschrieben.

7.1.2 ENTWURF WÄRMENETZ

7.1.2.1 PRÜFUNG ERWEITERUNGSMÖGLICHKEITEN BESTANDSNETZ

Da die Leitungen zur Versorgung der Liegenschaften im direkten Umfeld der Biogasanlage dimensioniert wurden, ist eine Nutzung der bestehenden Leitungen zur Versorgung des gesamten Ortskerns nicht möglich. Es muss also eine separate Einspeisung in ein neu zu errichtendes Netz erschlossen werden.

Für die Ermittlung der Gesamtinvestitionen sowie der Netzwärmeverluste möglicher neu zu errichtender Wärmenetze ist die Bestimmung der Trassenlänge erforderlich. Die Trassenlänge wurde näherungsweise mithilfe der frei zugänglichen Software QGIS (Quantum Geographic Information System) ermittelt. Die Netzwärmeverluste, die durch Wärmeabgabe aus den mit heißem Wasser gefüllten Heizungsleitungen an das umgebende Erdreich entstehen, sind hierbei exemplarisch für ein gut gedämmtes und zu empfehlendes Wärmenetz sogenannter Twin-Rohre mit gemeinsamem Vor- und Rücklauf in einem Mantel mit gemeinsamer Isolierung berechnet worden.

Die Auslegung des Wärmenetzes erfolgt nach den aktuellen Wärmebedarfen der Gebäude. Grundlage der Berechnung ist angesichts der hier gegebenen Netz- bzw. Nutzungskonstellationen eine Anschlussquote von 80 %. Alle Wärmeerzeugungsanlagen wurden ebenfalls auf den aktuellen Wärmebedarf bei einer Anschlussquote in Höhe von 80 % ausgelegt, da davon auszugehen ist, dass sich nicht alle Eigentümer*innen sofort anschließen lassen werden. Langfristig ist zudem mit einer Sanierung einer Vielzahl von Gebäuden zu rechnen. Die Sanierungen werden jedoch nicht auf einen Schlag realisiert, sondern sukzessive verteilt über viele Jahre (vgl. Kapitel 6.3.5). Dadurch werden weitere Kapazitäten frei, durch die wiederum weitere Gebäude angeschlossen werden können.

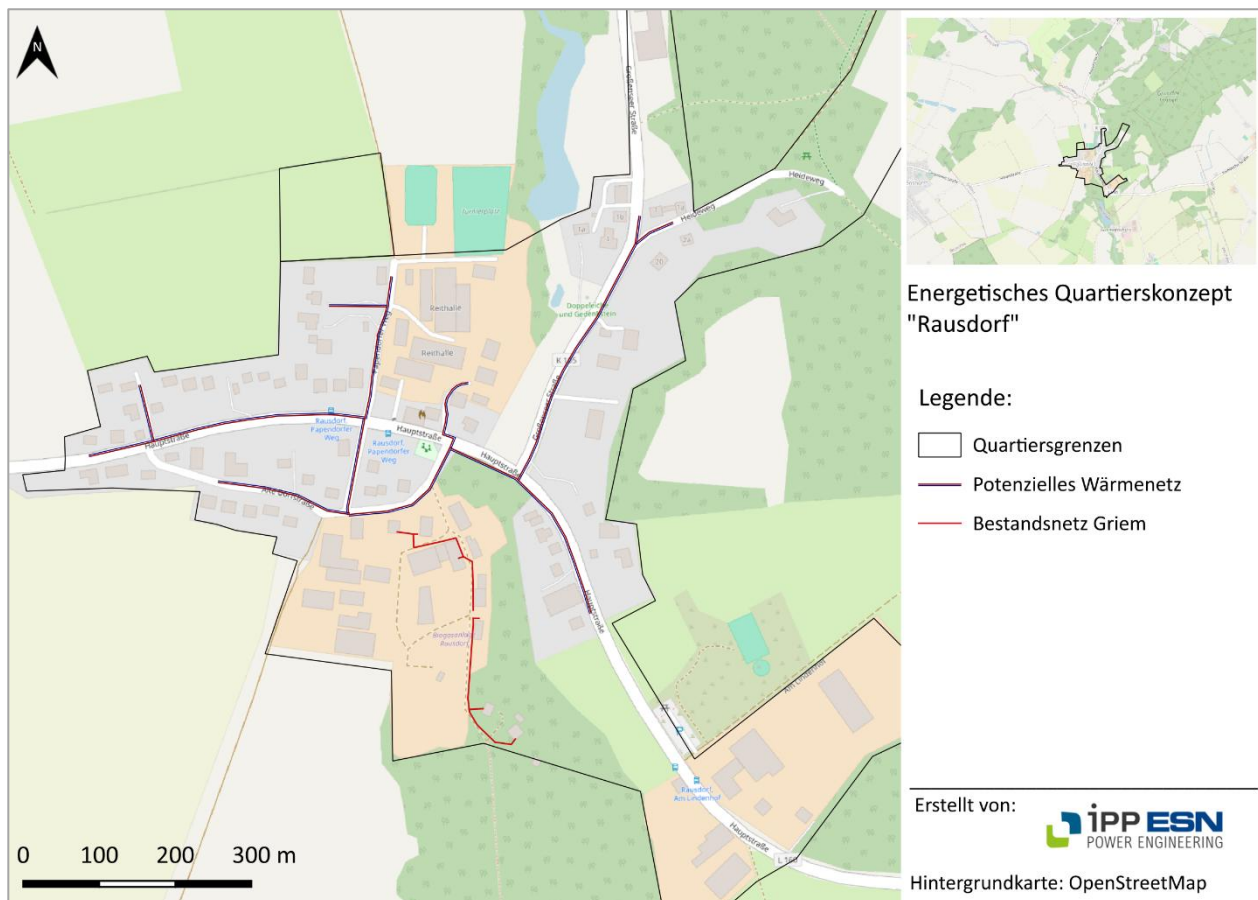


Abbildung 7-1: Bestandsnetz und potenzielles Wärmenetz

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

Abbildung 7-1 stellt die mögliche Trassenführung des untersuchten Wärmenetzes im Ortskern in rot und blau dar.

Um die Wärmenetze im Hinblick auf Wärmenetzverluste bzw. Wärmeverteilung qualitativ bewerten zu können, müssen die zwischen Heizzentrale und Abnehmern anfallende Netzwärmeverluste mit betrachtet werden. Diese sind hauptsächlich von der Netzlänge, der Temperatur des Wärmeträgermediums und der Rohrleitungsdimension abhängig. Für die potenzielle Wärmenetze wurde keine Rohrnetzberechnung vorgenommen, sodass die Wärmenetzverluste über die Netzlänge und einen pauschalen Ansatz von 15 W/m ermittelt wurden. Hier würden bei einer Anschlussquote von 80 % etwa 18 % des eigentlichen Wärmebedarfs an Wärmenetzverlusten anfallen.

Die Wärmeverluste beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes und sollten daher möglichst geringgehalten werden. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Wärme nicht (nur) aus ohnehin vorhandener und bisher nicht genutzter Abwärme stammt. Bei einer niedrigeren Netzanschlussquote bleiben die absoluten Wärmeverluste in etwa gleich, da die Wärmeverlustleistung lediglich von der Temperaturdifferenz zwischen dem Heizungswasser in den Rohren und dem umgebenden Erdreich abhängt, nicht jedoch von der durchfließenden Wassermenge; die relativen

Verluste steigen somit. Die Wirtschaftlichkeit und die ökologische Effizienz des Gesamtsystems verschlechtern sich in Folge.¹²

7.1.3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE

Um die im nächsten Schritt untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden energiewirtschaftlich relevante Rahmenparameter definiert. Neben einem Kapitalzins von 5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Wartung und Instandhaltung angesetzt. Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt, stammen aus vergleichbaren Projekten oder aus der Richtlinie VDI 2067.

Für den Energieeinkauf wurden Preise aus dem Jahr 2024 angesetzt. Die Preise für Strom und Erdgas sind dem Statistischen Bericht zur Energiepreisentwicklung mit Stand Januar 2025 (Statistisches Bundesamt, 2025) entnommen. Die Preise für biogene Brennstoffe (Holz-Pellets, Holz hackschnitzel) wurden der Marktübersicht des C.A.R.M.E.N e.V. entnommen (C.A.R.M.E.N, 2024). Für Holz hackschnitzel wurden die Preise für die Qualität mit 20 % Wassergehalt zu Grunde gelegt.

Der CO₂-Preis, welcher in den Brennstoffkosten fossiler Brennstoffe inkludiert ist, wird bis 2026 gemäß BEHG kontinuierlich ansteigen. Ab 2027 sollen die CO₂-Zertifikate versteigert werden, so dass der resultierende Preis aktuell nicht exakt vorhergesagt werden kann. Auch für 2026 ist schon ein derzeit noch offener Preiskorridor zwischen 55 und 65 €/t vorgesehen. Zwischen der Konzeption eines Wärmenetzes und der Inbetriebnahme und ersten Wärmelieferung an Kunden liegen erfahrungsgemäß mindestens drei Jahre. Während die Energiepreise in der Zwischenzeit steigen, fallen oder auf konstantem Niveau bleiben können, dürften die CO₂-Preise signifikant steigen (Agora Energiewende, 2023). Da die CO₂-Zertifikate ab 2027 möglicherweise ohne Vorgaben eines Mindest- oder Höchstpreises frei an der Börse gehandelt werden, wurde für fossile Brennstoffe der Preis angesetzt, der sich bereits im europäischen Emissionshandel frei an einer Börse über Angebot und Nachfrage ergibt. Über weite Teile des ersten Halbjahres 2023 lag dieser in der Größenordnung von 80 €/t (Deutsche Börse AG, o. J.).¹³ Teilweise werden deutlich höhere Preise bis 200 €/t oder ggf. sogar darüber hinaus erwartet (Wambach, 2025).

Tabelle 7-1 gewährt einen Überblick über die energiewirtschaftlichen Ansätze für die zentralen Varianten, die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegt wurden.

¹² Dies gilt dann, wenn einzelne Häuser innerhalb von insgesamt erschlossenen Straßenzügen nicht angeschlossen werden. Wenn ggf. komplette Straßen mit niedrigem Wärmebedarf oder besonders weit von der Haupttrasse entfernt liegende Straßenzüge mangels Anschlussinteresse nicht erschlossen werden, kann sich die Wirtschaftlichkeit auch verbessern.

¹³ In den Tabellen in Kapitel 17 ist der Preis um ca. 30 €/t reduziert, da die ansonsten angegebenen Energiekosten (z. B. der Erdgaspreis) bereits diesen Betrag beinhalten.

Tabelle 7-1: Energiewirtschaftliche Ansätze der zentralen Versorgungsvarianten

		netto	Bezug
MwSt.		19,00 %	
Kapitalzins		3,00 %	p. a.
Wartung und Instandhaltung			
Biomassekessel		6,00 %	p. a./Invest
Erdgaskessel		3,00 %	p. a./Invest
Wärmepumpen		2,50 %	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 €	je Anschluss p. a.
Energiekosten			
Abwärme	aktuell	8,00	ct/kWh _{th}
Mischpreis Erdgas	Ø 2024	5,45	ct/kWh _{Hi}
Preis Hackschnitzel-WGH20	Ø 2024	3,05	ct/kWh _{Hi}
Mischpreis Strom	Ø 2024	20,86	ct/kWh _{el}
CO ₂ -Bepreisung	Ø 2024	65,52	€/t CO ₂

7.1.4 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Versorgungsoptionen für die Bestandsgebäude ohne Berücksichtigung einer fortschreitenden Gebäudesanierung betrachtet. Dabei werden die in Kapitel 7.1.1 beschriebenen Versorgungsoptionen in geeigneter Weise kombiniert.

Zuerst erfolgt die Dimensionierung der Wärmeerzeuger und die Bilanzierung der verschiedenen Energieflüsse. Hierfür wird der Energiebedarf der Gebäude zusammengefasst.

Tabelle 7-2: Parameter der Netzvarianten im Überblick

Bezeichnung	Anzahl	Einheit
Anschlussnehmer	61	Stk.
Transportleitung	1.558	m
Hausanschlussleitungen	915	m
Wärmeabsatz	1.503	MWh _{th} /a
Netzverluste	325	MWh _{th} /a
Netzwärmebedarf	1.828	MWh _{th} /a
Wärmelinienichte	0,61	MWh/(m·a)

Abbildung 7-2 stellt die Versorgungsszenarien mit den unterschiedlichen Erzeugern, ihrer ermittelten Dimensionierung und ihren Anteilen an der Wärmeerzeugung für das potenzielle Wärmenetz im Ortskern dar. Die Reihenfolge der Nennung der Erzeuger entspricht der Rangfolge, in denen die Erzeuger an der Deckung des Wärmebedarfs beteiligt werden.

In Variante 1 und 2 wurde geprüft, welchen Anteil an der Wärmeversorgung durch das bestehende BHKW versorgt werden könnte. Aufgrund der auslaufenden EEG-Förderung ist dies aber nur ein theoretisches Szenario.

Variante 3 basiert auf einem Hackschnitzelkessel, der durch einen Erdgaskessel ergänzt wird. Da ein Hackschnitzelkessel gegenüber einem Erdgaskessel deutlich geringere Brennstoffkosten aufweist und der Investitionsbedarf je installierter Leistung eher moderat ansteigt, lässt sich ein relativ groß dimensionierter Hackschnitzelkessel wirtschaftlich betreiben. In diesen Varianten fungiert der Gaskessel im Wesentlichen als Redundanzanlage zur Besicherung im Fall von Störungen des Hackschnitzelkessels und zur Abdeckung besonders hoher Lastspitzen.

In Variante 4 wird die Wärme primär durch eine Luftwärmepumpe bereitgestellt. Die Spitzenlastabdeckung übernimmt ein Gaskessel, der niedrige spezifische Investitionskosten je installierter Leistung aufweist. In der Folge ist der Anteil des Gaskessels an der Wärmeerzeugung bei Varianten, die Wärmepumpen statt Hackschnitzelkessel beinhalten, höher als bei Varianten, in denen der Hackschnitzelkessel Teile der Spitzenlast abdecken kann.

Variante 5 ist eine Kombination der Varianten 3 und 5. Im Sommerbetrieb wird vor allem die Wärmepumpe eingesetzt, um hocheffizient den Warmwasserbedarf zu decken. In den Übergangszeiten wird der Hackschnitzelkessel dazugeschaltet und im Winter übernimmt dieser bei Unterschreitung einer definierten Temperatur die gesamte Versorgung. Auch hier werden die Spitzenlasten an den kältesten Tagen im Jahr über einen Erdgaskessel abgedeckt.

Variante 6 betrachtet die Investition in ein neues BHKW, dass unter der Voraussetzung eines flexibilisierten Betriebs über die nächsten 20 Jahre gesichert gefördert wird. In der Vergangenheit wurden BHKW bis auf Wartungszeiträume fast dauerhaft betrieben. Mit steigender Nutzung von Wind und Photovoltaik, die wetterbedingt schwankende Leistungen in das Netz einspeisen, werden Leistungsreserven zur Netzstabilisierung immer wichtiger. Bei einem flexiblen Betrieb wird die Leistung des ursprünglichen BHKW vervielfacht, aber an entsprechend weniger Stunden im Jahr betrieben - vor allem dann, wenn der Börsenpreis für Strom hoch ist, also wenig erneuerbarer Strom aus Wind und PV vorhanden ist. Die resultierende gesamte Stromerzeugung im Jahr entspricht dann der ohne Flexibilisierung. Die dabei anfallende Wärme wird in einem großen Pufferspeicher zwischengespeichert, um den Bedarf des Netzes über die nächsten Stunden oder Tage bedienen zu können. Die Produktion von Strom und Wärme werden also voneinander entkoppelt. In der hier vorliegenden Betrachtung ist von einer Verfünffachung der Leistung ausgegangen worden.

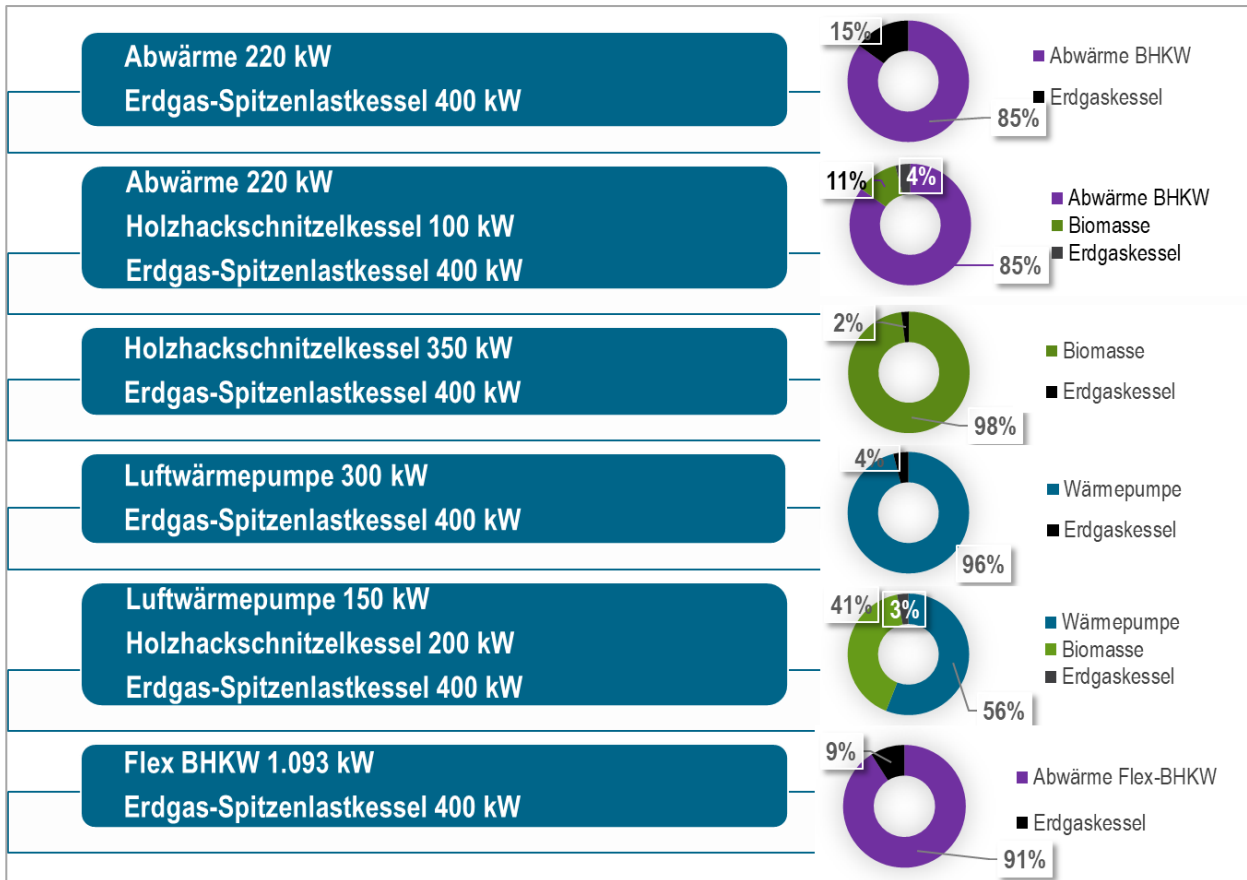


Abbildung 7-2: Anteile an der Wärmeerzeugung in den betrachteten Versorgungsvarianten für potenzielle Wärmenetze

7.1.5 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

7.1.5.1 VERSORGUNG DES ORTSKERNS

Für die grobe Ermittlung der Investitionskosten wurden Ausgaben für Anlagentechnik und Installation sowie Infrastrukturmaßnahmen kalkuliert, die auf Erfahrungswerten von IPP ESN aus entsprechenden aktuellen Planungsarbeiten basieren und auf die projektspezifischen Gegebenheiten abgestimmt wurden.

In der Aufstellung der Investitionskosten sind darüber hinaus eine pauschale Preissteigerung und Kostenpositionen für Unvorhergesehenes bedacht, um eine für die Konzeptphase angemessene konservative Investitionskalkulation zu sichern. Neben der zusammenfassenden Darstellung in Abbildung 7-3 ist eine detaillierte Darstellung der Berechnung der Investitionskosten in Tabelle 17-1 im Anhang aufgeführt.



Abbildung 7-3: Investitionskosten und BEW-Förderung (Zahlen: resultierender Saldo) für mögliche Wärmenetzsysteme

Abbildung 7-3 zeigt die Investitionskosten der möglichen Wärmenetzsysteme (jeweils netto, d. h. zuzüglich Mehrwertsteuer), aufgeteilt nach den unterschiedlichen technischen Systembestandteilen, und die Höhe der Fördermittel. In den Zahlen unterhalb der jeweiligen Variante sind die langfristig zu finanzierenden Summen, d. h. die Investitionskosten abzüglich der Förderung, dargestellt. Der allergrößte Anteil der Investitionen entfällt mit 2,45 Mio. € (abzüglich Förderung) auf das Wärmenetz. Die Variante des Wärmenetzes auf Holzhacksnitzelbasis erfordert die geringsten Investitionen.

7.1.6 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Für die untersuchten Szenarien wurde auf Basis der Investitionsschätzungen und der Energiebilanzen eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand der Ein- und Auszahlungen in den Kategorien Kapital-, Betriebs-, Wartungs- & Instandhaltungs- sowie Energiebezugskosten durchgeführt. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über die Wärmegestehungskosten des Wärmenetzsystems. Hierbei wurde eine Anschlussquote von 80 % angenommen.

Die Investitionen gehen als jährlich gleichbleibende Zahlung in die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein. Die kapitalgebundenen Kosten orientieren sich an der Nutzungsdauer der technischen

Anlagen gemäß VDI-Richtlinie 2067 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen (VDI 2067-1, 2012).

Folgende Nutzungszeiträume wurden angenommen:

- Holzhackschnitzelkessel: 15 Jahre
- Großwärmepumpe: 20 Jahre
- Erdgaskessel: 20 Jahre
- Elektro- und Anlagentechnik: 15 Jahre
- Bautechnik (inkl. Wärmenetz): 40 Jahre
- Gebäude und Außenanlagen: 50 Jahre

Abbildung 7-4 zeigt die Gestehungskosten¹⁴, unterteilt in Kapitalkosten (blau), Betriebs- und Wartungskosten (rot) und Energiekosten (grün), der unterschiedlichen Versorgungsvarianten für das potenzielle Wärmenetz im Ortskern, basierend auf den Preisen des Jahres 2024. Nicht enthalten ist eine Marge des Betreibers, da diese von der gewählten Organisationsform und den jeweiligen Erwartungen an die Eigenkapitalverzinsung abhängt (vgl. Kapitel 7.1.8).

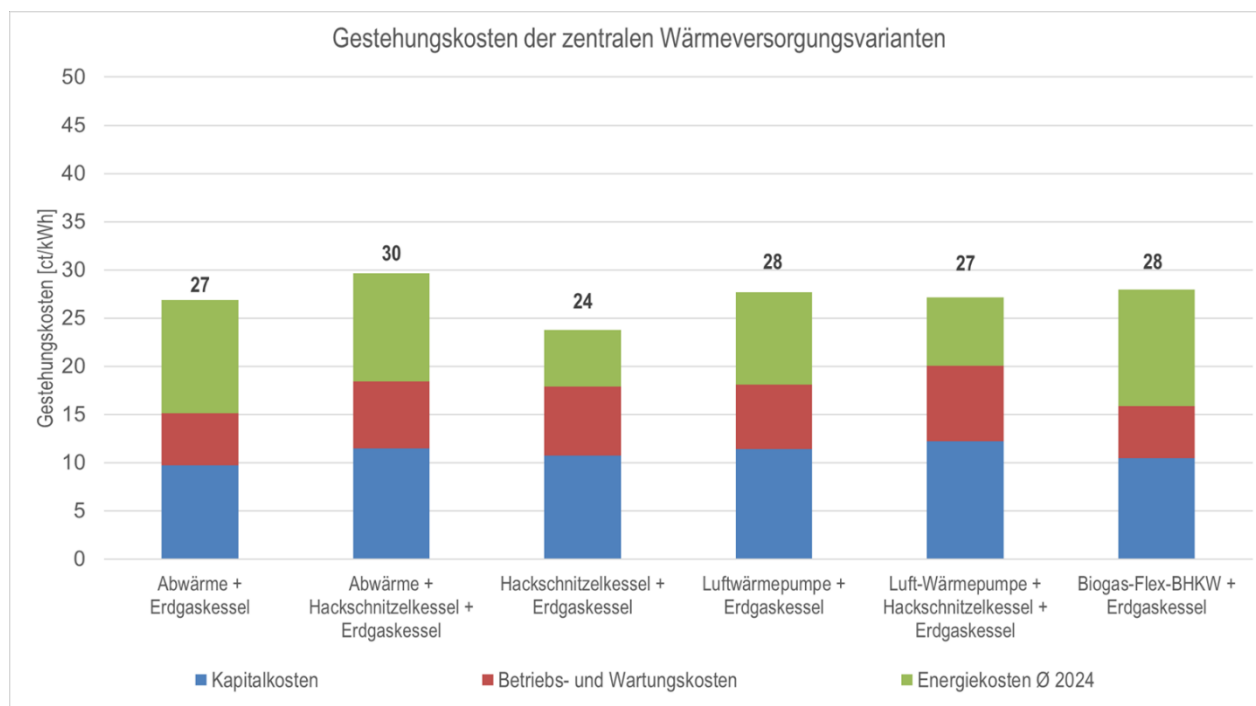


Abbildung 7-4: Gestehungskosten der zentralen Versorgungsvarianten für das potenzielle Wärmenetz im Ortskern (brutto)

¹⁴ Wie diese langjährigen Durchschnittskosten sich auf Hausanschlusskosten, Grundpreis (Leistungspreis) und Arbeitspreis verteilen, ist der Geschäftspolitik des Betreibers überlassen.

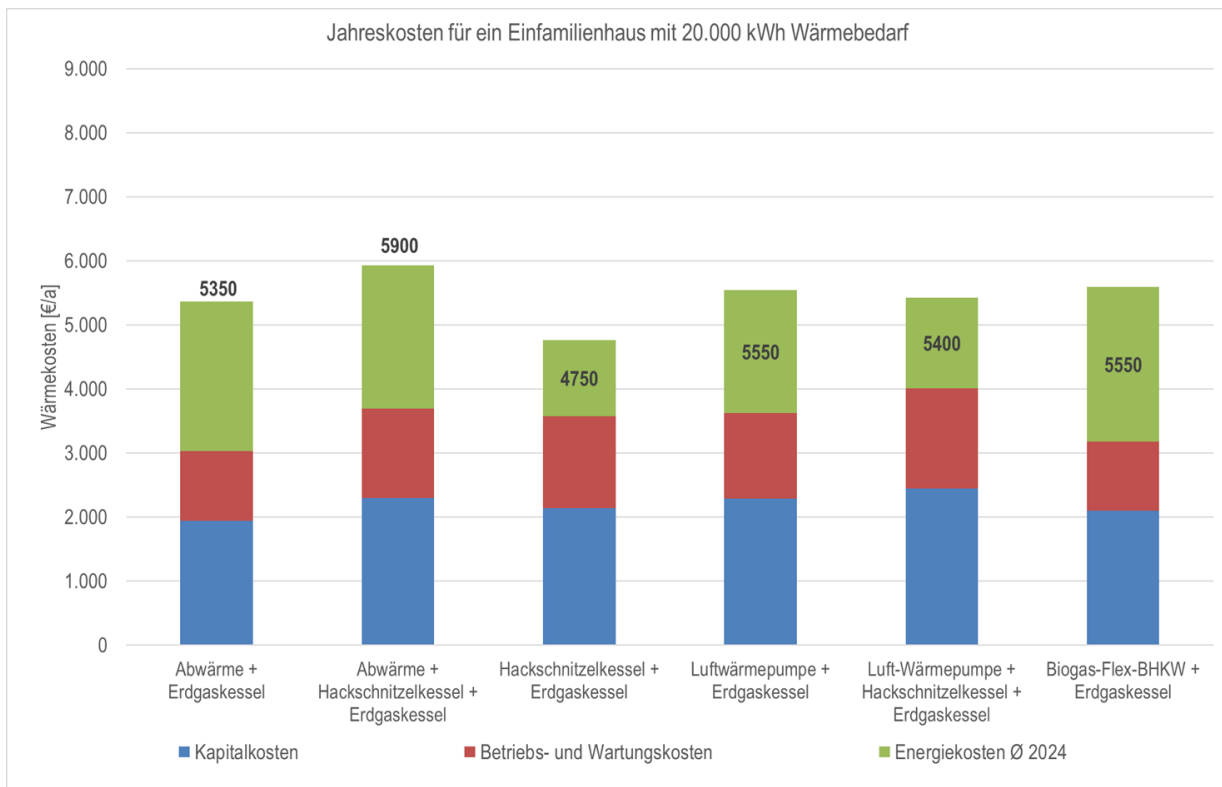


Abbildung 7-5: Wärmekosten pro Jahr bei einem Wärmebedarf in Höhe von 20 MWh (brutto)

7.1.7 CO₂-BILANZ UND PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Auf Basis der CO₂-Emissionsfaktoren aus Tabelle 5-3 wurden für die einzelnen Versorgungsszenarien die CO₂-Bilanzen erstellt. Hierbei wurde das Methodenpapier „BISKO“ - Bilanzierungsstandard Kommunal - zu Grunde gelegt (IfEU, 2019).

Bei der Verbrennung von Holzpellets¹⁵ und Hackschnitzeln werden nur die beim Herstellungs- und Veredelungsprozess sowie die beim Transport entstandenen Emissionen freigesetzt.

Bei der Verwendung von Strom entstehen Treibhausgasemissionen - in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie zum Beispiel Kohle - am Stromerzeugungsstandort, die dem Stromverbraucher am Verbrauchsort zugerechnet und durch die Auswahl der Stromherkunft wesentlich beeinflusst werden. Für die Ermittlung der Emissionen durch den Einsatz von Strom, welcher für den Betrieb der Wärmepumpen sowie der Anlagentechnik benötigt wird, wurde der spezifische Emissionsfaktor für den deutschen Strommix verrechnet. Aufgrund der jährlichen Zunahme des Erneuerbare-Energien-Anteils an der Stromerzeugung in Deutschland werden die Emissionen des deutschen Strommix in Zukunft niedriger ausfallen, sodass die Emissionen der Varianten mit signifikantem Wärmepumpenanteil mit der Zeit automatisch sinken. Zudem kann darauf verwiesen werden, dass in Schleswig-Holstein mehr Strom aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen als insgesamt verbraucht wird (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2024) und zeitweise sogar Anlagen abgeregelt werden müssen, so dass faktisch weit überwiegend Grünstrom im Netz ist.

¹⁵ hier nur relevant bei der dezentralen Versorgung

Aktuell betragen die CO₂-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Flüssiggasheizung, Fernwärme und Strom zu Heizzwecken im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) ca. 571 t/a (vgl. Tabelle 5-3).

Unter der Annahme, dass ein Wärmenetz, das 80 % der Gebäude im potenziellen Versorgungsgebiet (vgl. Abbildung 7-1) versorgt erschlossen wird, sinkt die CO₂-Bilanz. In der untenstehenden Tabelle wurde die Bilanz auf Basis der wirtschaftlichsten Versorgungsvariante (Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel) ermittelt.

Tabelle 7-3: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO₂- und Primärenergiebilanz nach Erschließung eines Wärmenetzes mit 80 % Anschlussquote

Energieträger		Wärmebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO ₂ -Ausstoß [t]
Ist-Zustand	Heizöl	740	870	958	270
	Erdgas	887	1.043	1.148	250
	Flüssiggas	60	71	78	19
	Fernwärme	314	392	118	16
	Strom	31	31	56	16
	Summen	2.032	2.407	2.358	571
Soll-Zustand	Heizöl	224	264	290	82
	Erdgas	274	322	355	77
	Flüssiggas	18	21	23	5
	Fernwärme	1.503	1.828	548	71
	Strom	9	9	16	5
	Summen	2.028	2.444	1.232	240
	Einsparung absolut	0	-37	1.126	331
	Einsparung relativ [%]	0	-2	48	58

Tabelle 7-3 stellt die Werte für das Quartier nach Erschließung eines Wärmenetzes mit 61 Anschlussnehmern dar. Dies entspricht einem Anteil in Höhe von 69 % des Gesamtwärmebedarfs des Quartiers. Da unklar ist, welche Energieträger beim Anschluss ersetzt werden, wird angenommen, dass sich die Einsparungen der bestehenden Energieträger gleichmäßig um 69 % reduziert, d. h. dass die verbleibenden dezentralen Heizungen der bisherigen Zusammensetzung entsprechen.

Wie bereits erläutert, würde eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energie die CO₂-Emissionen drastisch reduzieren. In diesem Szenario können die Emissionen von 571 t/a auf 240 t/a, also um 58 %, sinken. Dies würde dem Quartier auf einen Schlag eine deutlich klimaneutralere Wärmeversorgung ermöglichen.

7.1.8 BETREIBERMODELLE

Der Biogasanlagenbetreiber hat im Zusammenhang mit der Fortsetzung des Betriebs der Biogasanlage grundsätzliches Interesse an der Versorgung weiterer Liegenschaften im Ortskern

bekundet. Dabei wäre zu prüfen, inwiefern er auch die erforderlichen Investitionen in die Wärmenetzerweiterung in Höhe von 2,4 Mio. € (1,4 Mio.€ nach Förderung) tragen könnte oder dabei auf die Gemeinde oder Dritte angewiesen wäre.

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

Eine Übersicht möglicher Vor- und Nachteile verschiedener Organisationsformen ist in Tabelle 7-4 aufgeführt. Dabei handelt es sich um grundsätzliche und mögliche Eigenschaften; letztlich ist stets die genaue örtliche Ausgestaltung entscheidend.

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

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

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

Als Eigentümerin behält die Kommune die langfristige Entscheidungshoheit über die Wärmeversorgung, für den Bau des Netzes können Kommunalkreditkonditionen genutzt werden und die Rückflüsse der Baukosten durch die Pacht können über die Mindest-Lebensdauer des Netzes (40 Jahre) kalkuliert werden. Bei Unternehmen in privater Rechtsform drängen die finanzierenden Banken i. d. R. darauf, dass der Rückfluss des investierten Kapitals innerhalb von 15 oder maximal 20 Jahren gewährleistet ist. Dies kann nur über höhere Wärmepreise (im Normalfall erhöhter

Grundpreise) der Kunden in dieser Zeitphase gewährleistet werden, was die Attraktivität des Wärmenetzes und damit - sofern die Kommune nicht gemäß § 17 Gemeindeordnung Schleswig-Holstein ein Anschluss- und Benutzungsgebot erlässt - die Anschlussquote reduziert.

Tabelle 7-4: Übersicht Betreibermodelle

MODELL	VORTEILE	NACHTEILE
BÜRGERENERGIE-GENOSSENSCHAFT	<ul style="list-style-type: none"> • Abnehmer*innen sind Eigentümer*innen (identitätsstiftend!) • ggf. auch andere Versorgungen (Strom etc.) möglich • Wertschöpfung verbleibt, sofern die Leistungen in der Genossenschaft erbracht werden, in der Kommune • keine Belastung der Kund*innen mit einer Betreiber marge 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohes Engagement von zunächst ehrenamtlichen „Treiber*innen“ nötig • Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmezeugung sollte vorhanden sein, da sonst Wertschöpfung doch ausgelagert werden muss • Investitionsvolumen ggf. zu groß
KOMMUNE / KOMMUNALES EVU	<ul style="list-style-type: none"> • hohes Vertrauen der Bürger*innen • auch andere Versorgungen (Glasfaser, Strom etc.) möglich • u. U. Kommunalkreditkonditionen möglich • Wertschöpfung kann zumindest zu großen Teilen in der Kommune bleiben 	<ul style="list-style-type: none"> • Zustimmung Kommunalaufsicht einzuholen • Hoher Aufwand für Gründung und Aufbau der Infrastruktur - gerade in einer kleinen Gemeinde • Know-how zu Wärmenetzen, Wärmezeugung, Abrechnung etc. aufzubauen oder auszulagern
LOKALE AKTEURE (NICHT-EVU, z. B. BGA-BETREIBER)	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. hohes Vertrauen der Bürger*innen • Wertschöpfung kann zumindest zu großen Teilen in der Kommune oder Region bleiben 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier in Frage kommenden regenerativen Wärmequellen sowie mit den administrativen Prozessen im Einzelfall zu prüfen
EVU AUS DER REGION	<ul style="list-style-type: none"> • Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden • Infrastruktur für Abrechnungen u. ä. vorhanden • ggf. Kommunalkreditkonditionen möglich • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile 	<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Interessenkonflikte wg. Erdgasverkauf • Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier in Frage kommenden regenerativen Wärmequellen im Einzelfall zu prüfen • Wertschöpfung und Gewinnmarge nur noch in größerer Region
EVU AUS ANDEREN REGIONEN (CONTRACTOR)	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche Erfahrungen Know-how zu Errichtung, Betrieb i. d. R. vorhanden • ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!) und Effizienzvorteile 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrung mit den hier in Frage kommenden regenerativen Wärmequellen zu prüfen • Gewinnmarge und große Teile der Wertschöpfung fließen aus der Region ab

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

Bei der Verpachtung eines im Eigentum der Kommune befindlichen Wärmenetzes an einen Betreiber stellen sich verschiedene Rechtsfragen im Zusammenhang mit dem Vergaberecht, dem Kartellrecht, dem Kommunalrecht, dem Kreditwesengesetz und dem EU-Beihilferecht zu prüfen.¹⁶

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

7.2 DEZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Zum Kostenvergleich wurden der zentralen Wärmeversorgung für ein quartierstypisches Einfamilienhaus verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsoptionen gegenübergestellt. Die Berechnungen berücksichtigen dabei die seit Anfang 2024 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizanlagentausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2024 a).

Entscheidend für die Förderquote einer Erneuerung der Heizungsanlage ist, ob die bisherige Heizung eine Gas- oder Ölheizung war. Da die Schornsteinfegerdaten einen hohen Anteil an Gasheizungen ergeben haben (vgl. Kapitel 5.2.2.2), wurde in den Berechnungen von einer dezentralen Gasheizung als aktuelle Versorgungsvariante ausgegangen.

In den angesetzten Energiekosten wurde wie bei den zentralen Varianten der im Europäischen Emissionshandel in 2024 ermittelte CO₂-Preis von ca. 80 €/t berücksichtigt (vgl. Kapitel 7.1.3). Die indirekten Emissionen der Wärmepumpen durch den Bezug von Netzstrom werden bereits jetzt über diesen an der Börse ermittelten CO₂-Preis abgegolten, der in den Strompreis inkludiert ist. Für Pellets werden keine brennstoffbezogenen CO₂-Gebühren erhoben. Die Emissionen entstehen ausschließlich in der Vorkette, also durch Energieverbräuche, die in der Herstellung der Pellets auftreten. Diese Emissionen werden ggf. schon heute mit CO₂-Gebühren beaufschlagt und sind damit implizit im Pelletpreis enthalten. Die Auswirkungen eines höheren CO₂-Preises auf die Kosten der Pellets sind wegen der Komplexität und Unterschiedlichkeit von Lieferketten nur schwer abschätzbar.

Die zugrunde liegenden Energiepreise für die leitungsgebunden Energieträger Erdgas und Strom wurden dem Statistischen Bericht zur Energiepreisentwicklung entnommen (Statistisches Bundesamt, 2025). Die dort für die Abgabe an Privathaushalte gelisteten Durchschnittspreise berücksichtigen neben Neukundentarifen insbesondere langfristige Verträge. Dadurch fällt die Schwankung eher gering aus.

¹⁶ Seitens der Arbeitsgemeinschaft darf keine Rechts- oder Steuerberatung erfolgen. Insofern wären entsprechende Fragen bei Bedarf mit einer entsprechend befugten Kanzlei zu klären.

Pellets werden hingegen i. d. R. ähnlich wie Heizöl unregelmäßig und auf Vorrat eingekauft. Dadurch muss zum Zeitpunkt des Einkaufs der aktuelle Marktpreis gezahlt werden (C.A.R.M.E.N, 2024). Dabei wurden die Preise für Sackware im bundesdeutschen Durchschnitt angesetzt.¹⁷ Diese Preise schwanken, wie auch die Marktpreise für Erdgas und Strom, deutlich stärker als die vorwiegend üblichen Arbeitspreise einer leitungsgebundenen Versorgung mit Energieträgern für Privatkunden, bei denen oft eine z. B. einjährige Preisbindung gewählt werden kann.

In Tabelle 7-5 sind die energiewirtschaftlichen Ansätze dargestellt, die der wirtschaftlichen Berechnung der dezentralen Versorgungsvarianten zu Grunde liegen.

Tabelle 7-5: Energiewirtschaftliche Ansätze der dezentralen Versorgungsvarianten

		netto	Einheit
MwSt.		19,00%	
Kapitalzins		3,00%	p. a.
Wartung und Instandhaltung			
Biomassekessel		336	€/Jahr
Erdgaskessel		252	€/Jahr
Wärmepumpen		126	€/Jahr
Solarthermie		126	€/Jahr
Energiekosten			
Mischpreis Erdgas	Ø 2024	10,07	ct/kWh _{Hi}
Pellets - 5 Tonnen	Ø 2024	6,85	ct/kWh _{Hi}
Mischpreis Strom	Ø 2024	30,34	ct/kWh _{el}
CO ₂ -Bepreisung	Ø 2024	65,52	€/t CO ₂

Beim Ersatz eines (vorhandenen) Gaskessels wird davon ausgegangen, dass zusätzlich eine Solarthermieanlage errichtet wird, um so die Anforderungen von § 16 Abs. 1 EWKG zu erfüllen.¹⁸ Zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Quartierskonzeptes und der zugrundeliegenden Berechnungen waren diese Anforderungen strengste Vorgabe beim Einbau einer neuen Erdgastherme in Schleswig-Holstein.

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

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

¹⁸ „Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer sind verpflichtet, den jährlichen Wärmeenergiebedarf in beheizten Gebäuden zumindest zu einem Anteil von 15 Prozent durch den Einsatz von erneuerbaren Energien, von Strom oder von unvermeidbarer Abwärme zu decken, wenn das Gebäude vor dem 1. Januar 2009 errichtet worden ist und die Heizungsanlage ausgetauscht oder erstmals eine Heizungsanlage eingebaut wird.“

generelle Steigerung der Erdgaspreise wegen der durch die sinkende Zahl von Gaskunden steigenden spezifischen Netzentgelte, der in Kapitel 7.1.3 bereits beschriebenen Kostensteigerungen von CO₂-Emissionen und ggf. volatiler Beschaffungsmärkte.

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

7.3 VERGLEICH ZENTRALER UND DEZENTRALER VERSORGUNGSOPTIONEN

In Abbildung 7-6 sind die jährlichen Wärmegestehungskosten der unterschiedlichen dezentralen Wärmeversorgungen für ein beispielhaftes Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von 20 MWh dargestellt. Dargestellt sind die jeweiligen Anteile, die sich durch die Investition in die Anlagen einschließlich Zinsen (blau), die regelmäßige Wartung (rosa) und die Energiekosten (grün) ergeben. Verglichen werden sie mit der Versorgung aus dem Wärmenetz gemäß Kapitel 7.1, wobei die finanziell günstigste Variante des Wärmenetzes zugrunde gelegt wurde.

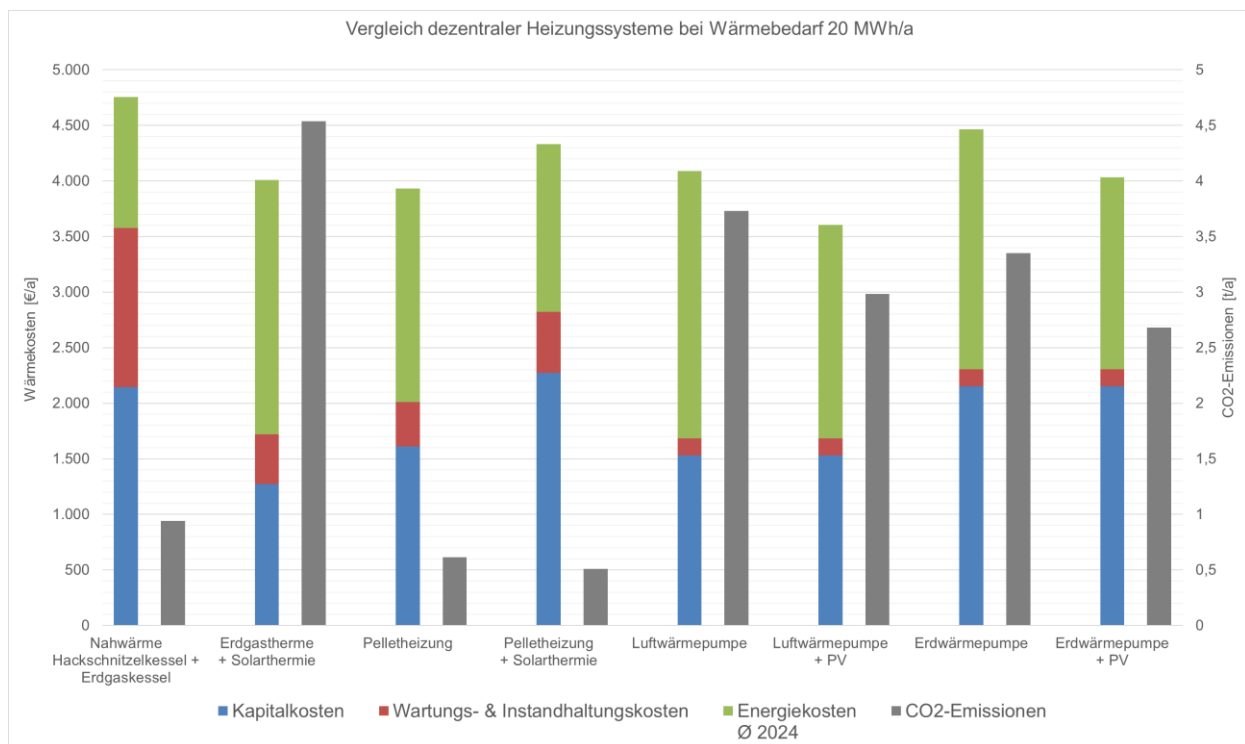


Abbildung 7-6: Vergleich der wirtschaftlichsten Fernwärmevariante eines Ausbaus in neuen Versorgungsgebieten mit den typischen zur Verfügung stehenden dezentralen Heizungstechnologien - Wirtschaftlichkeit (alle Kosten inkl. MwSt.) und Klimabilanz

Es lässt sich ablesen, dass die derzeit noch zulässige Erdgastherme mit Unterstützung durch Solarthermie unter den dezentralen Optionen die geringsten Kapitalkosten aufweist, allerdings schon heute (ohne die zuvor beschriebenen zu erwartenden weiteren Steigerungen) hohe Energie- und Wartungskosten. Die Wärmegestehungskosten der Wärmepumpen sind mit denen der

Erdgastherme mit Solarthermie absolut vergleichbar bzw. können diese u. U. heute schon unterbieten, insbesondere wenn eine hauseigene Photovoltaik-Anlage genutzt wird.¹⁹

Eine Erdwärmepumpe weist aufgrund der nötigen Erdarbeiten höhere Kapitalkosten auf als die Luftwärmepumpe, die derzeit durch die geringeren Stromkosten nicht voll kompensiert werden. Allerdings reagieren die Kosten der Erdwärmepumpe dafür unempfindlicher auf mögliche Strompreissteigerungen.

Vor allem aber zeigt Abbildung 7-6, dass die Wärmekosten eines Wärmenetzes deutlich über die dezentralen Versorgungsoptionen wie Wärmepumpen oder Pelletheizungen für einzelne Gebäude liegen.

Die CO₂-Emissionen, die indirekt durch die Nutzung der Wärmepumpen hervorgerufen werden, liegen um deutlich über den CO₂-Emissionen, die durch die Versorgung aus dem Wärmenetz oder durch eine Pelletheizung verursacht werden. Diese hohen Emissionen sind auf die Emissionen aus der deutschen Stromerzeugung zurückzuführen. Wird „echter“ Ökostrom (Zerger, 2020) anstelle des Graustroms aus deutschem Strommix (oder anstelle von sogenanntem Ökostrom, bei dem lediglich für Strom aus fossilen Quellen ohne Verringerung der globalen Treibhausgasemissionen Zertifikate beschafft werden) zum Betrieb der Wärmepumpen eingesetzt, fallen nur noch minimale CO₂-Emissionen an. Mit zunehmendem Umstieg auf Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen werden die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung weiter sinken; zudem sind die Emissionen des in Schleswig-Holstein vorhandenen Strommix deutlich geringer (vgl. Kapitel 7.1.7).

7.4 SENSITIVITÄTSANALYSEN

Da in den Annahmen im Rahmen eines Quartierskonzeptes systembedingt noch Unsicherheiten liegen, werden in diesem Kapitel unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen dargestellt und interpretiert. Diese Sensitivitätsanalysen variieren stets einen Parameter, der die Kosten beeinflusst, während die anderen Parameter konstant gehalten werden.²⁰ Diese Systematik zeigt Chancen und Risiken eines Projektes bzw. von Varianten auf und lässt auch eine Nutzung der zuvor erstellten Berechnungen unter geänderten Rahmenbedingungen zu. So lassen sich z. B. die Auswirkungen geänderter Energiepreise überschlüssig ermitteln.

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

Zur Abschätzung wirtschaftlicher Chancen und Risiken durch sich verändernde Energiepreise bedarf es zunächst der Quantifizierung möglicher Energiepreisentwicklungen. Hierbei wurde die Spanne so gewählt, dass sowohl eine Preissenkung auf das Preisniveau vor der durch den

¹⁹ Die Kapitalkosten der PV-Anlage sind hier nicht berücksichtigt: Der Strom der PV-Anlage wird für unterschiedlichste Zwecke genutzt, so dass es unangemessen wäre, die Kapitalkosten der Wärmegewinnung zuzurechnen. Stattdessen wurde anhand von Lastgängen berücksichtigt, welcher Anteil des Stromverbrauchs der Wärmepumpe typischerweise aus der PV-Anlage stammt und dafür ein Preis von 14,07 ct/kWh brutto angesetzt, der auch die Kapitalkosten beinhaltet.

²⁰ In der Realität gibt es Korrelationen zwischen den Preisen unterschiedlicher Energieträger. Diese in Form statistischer Aussagen abzubilden erfordert jedoch komplexe Simulationen, die den Rahmen eines Quartierskonzeptes übersteigen.

Ukrainekrieg hervorgerufenen Energiepreiskrise abgebildet werden kann sowie auch ein deutlicher Anstieg der jeweiligen Preise weit über das Niveau dieser Energiepreiskrise hinaus. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den in den Sensitivitätsanalysen dargestellten Energiepreisen und Wärmegestehungskosten um Brutto-Werte (inkl. MwSt.) handelt.

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen hängt wesentlich von der Anschlussquote ab - je höher die Anschlussquote, desto stärker werden die erforderlichen Investitionskosten auf viele Schultern verteilt. Aus diesem Grund werden die Auswirkungen einer geringeren / höheren Anschlussquote in Folge einer abweichenden Anzahl der an das Wärmenetz angeschlossenen Gebäude dargestellt.

Tabelle 7-6 gibt einen Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse. Basiswerte sind hier die Preise des zweiten Halbjahres 2023.

Tabelle 7-6: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

VERÄNDERLICHE PARAMETER	
Strompreis	10 bis 60 ct/kWh
Hackschnitzelpreis	0 bis 15 ct/kWh
Anschlussquote an das Wärmenetz	40 bis 100 %
Kapitalzinssatz	1 bis 7 %
Baukosten Wärmenetz	100 bis 900 €/m

In diesem Kapitel werden zunächst die wesentlichen Sensitivitäten der zentraler Versorgungsoptionen dargestellt und diskutiert. Zunächst werden dazu die Preise der wesentlich eingesetzten Energieträger variiert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist jeweils nur eine (jeweils unterschiedliche) Auswahl an Varianten dargestellt - insbesondere auf die Ergänzung jeweils vergleichbarer Varianten wurde verzichtet.

Zum Vergleich sind jeweils die Kosten einer dezentralen Luftwärmepumpe mit komplettem Strombezug aus dem öffentlichen Netz dargestellt.

In Abbildung 7-7 sind die Auswirkungen der Preisschwankungen von Hackschnitzeln mit 20 % Restfeuchte auf die Heizkosten eines Referenzgebäudes abgebildet. Es zeigt sich, dass der preisliche Vorteil, den die ausschließliche Nutzung von Holzhackschnitzeln momentan hat, bereits bei sehr geringen Preissteigerungen entfällt. Vor allem Variante 1, die fast ausschließlich auf Hackschnitzeln beruht, ist damit tendenziell kritisch zu sehen.

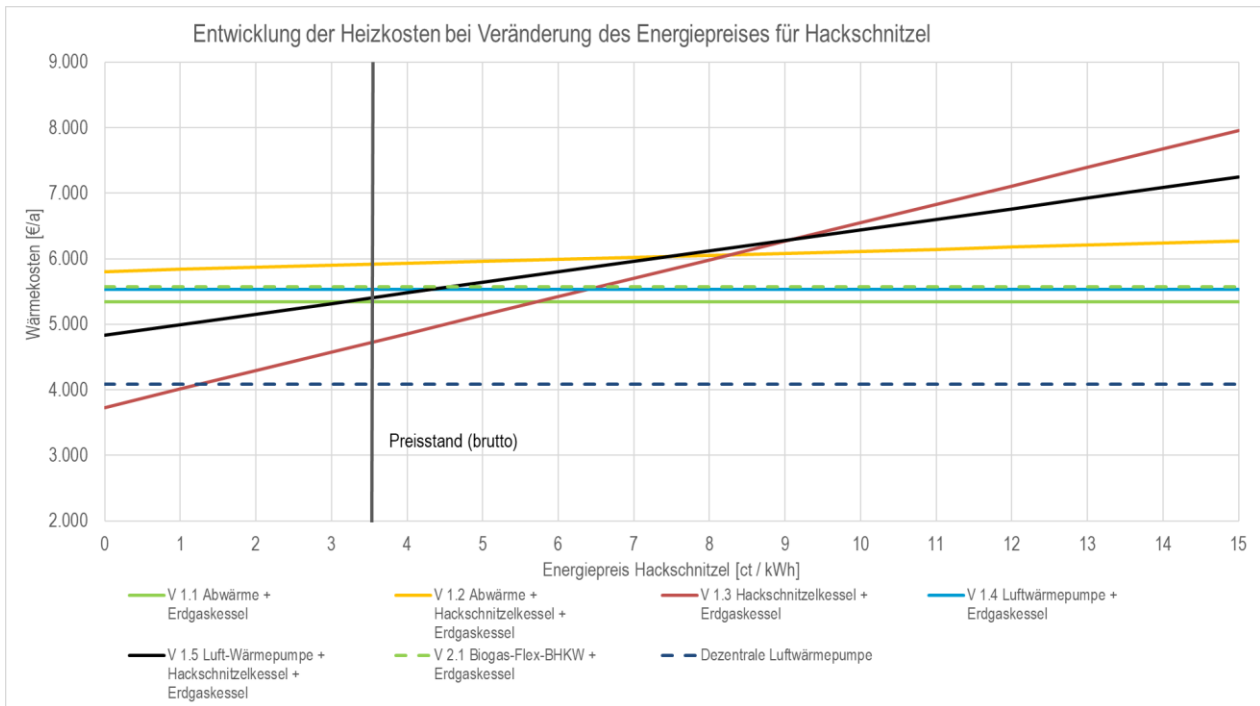


Abbildung 7-7: Darstellung der Abhängigkeiten der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Energiepreis für Holz hackschnitzel für den Einsatz im zentralen Hackschnitzelkessel

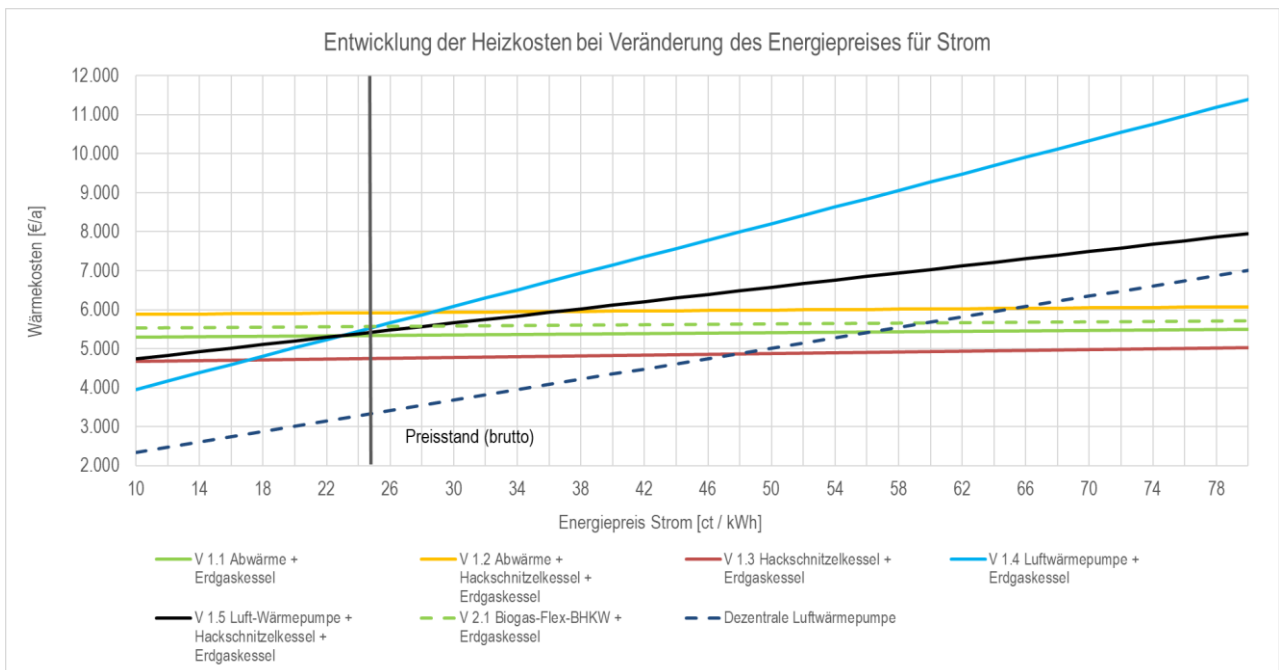


Abbildung 7-8: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Energiepreis für Strom für den Einsatz im Wärmenetz

In Abbildung 7-8 sind die Auswirkungen des Preises für Strom auf die Heizkosten eines Referenzgebäudes abgebildet. Es ist ersichtlich, dass alle Varianten eine Sensitivität hinsichtlich des Strompreises aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in allen Varianten zumindest in geringem Maße Strom für Netzpumpen und den Eigenbedarf der Wärmeerzeuger eingesetzt wird.

Erwartungsgemäß sind die Abhängigkeiten von Strompreis bei den Wärmepumpen am größten und führen ggf. auch zu deutlichen Gesamtkostensteigerungen.

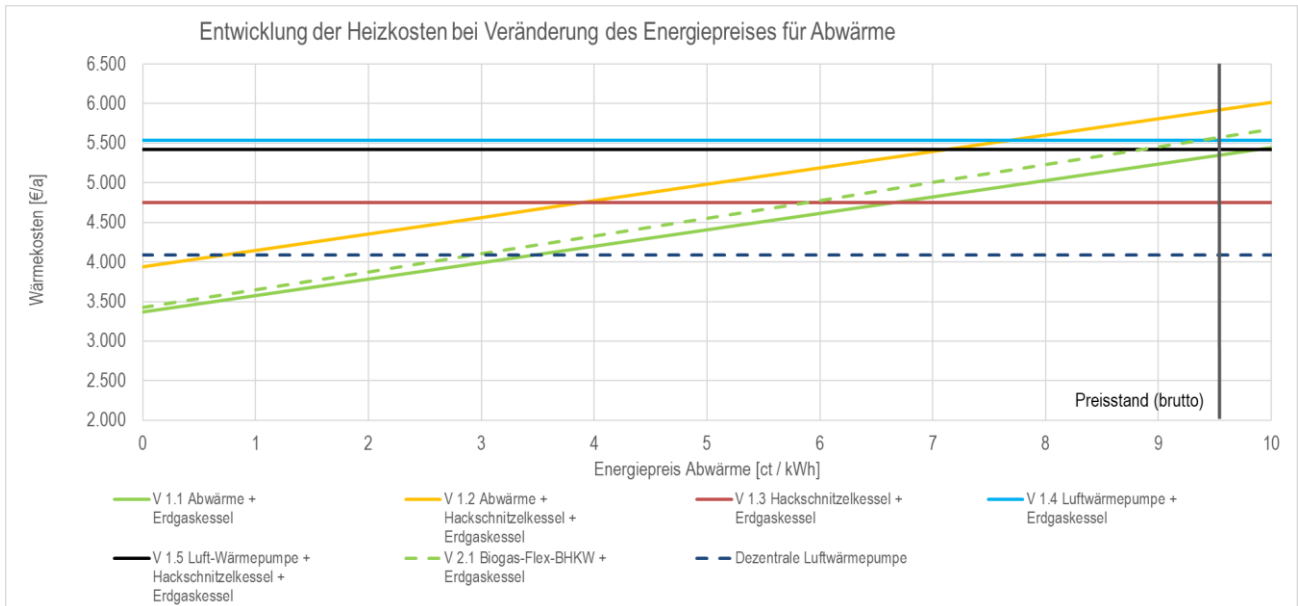


Abbildung 7-9: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Energiepreis für Abwärme des Biogas-BHKW für den Einsatz im Wärmenetz

Abbildung 7-9 zeigt, dass die Wärmenutzung der Abwärme des Biogas-BHKW dann zu konkurrenzfähigen Kosten eines Wärmenetzsystems führen können, wenn die Vergütung für diese Abwärme unter etwa 3,5 bis 4 ct/kWh fällt. Allerdings stellt sich die Frage, ob dies für den Betreiber noch wirtschaftlich attraktiv wäre. Dies gilt vor allem für Variante 2.1, die einen deutlichen Umbau des BHKW erfordert, der Voraussetzung für seinen langfristigen Weiterbetrieb sein dürfte (vgl. Kapitel 7.1.4).

In Abbildung 7-10 sind die Auswirkungen der Anschlussquote an das Wärmenetz auf die Heizkosten eines versorgten Referenzgebäudes dargestellt. Es zeigt sich, dass bei nur noch 60 % Anschlussquote Preissteigerungen für die verbleibenden Anschlussnehmer*innen bis gut 10% auftreten. Bei weiter sinkenden Anschlussquoten fallen die Kostensteigerungen stärker aus. Dies gilt besonders für die Varianten, die hohe Investitionskosten aufweisen, wie z. B. unter Einbindung von Solarthermie.

Dabei wird allerdings nicht berücksichtigt, dass dies nur dann relevant ist, wenn die Quote in allen Teilen des Quartiers gleichermaßen sinkt und trotzdem die komplette, in Abbildung 7-1 dargestellte Haupttrasse gebaut wird. Genauso ist jedoch denkbar, dass die Anschlussquote in bestimmten Straßenzügen besonders niedrig wäre, z. B. weil dort baualtersbedingt viele noch relativ neue Heizungsanlagen vorhanden sind. Dann würde dieser Straßenzug beim Bau eines Wärmenetzes eher ausgespart, so dass sich auch die Kosten verringern und nur die Anschlussquote der durch das Wärmenetz erschlossenen Bereiche relevant wäre.

Umgekehrt sinken die Kosten bei über 80 % liegenden Anschlussquoten, wie sie z. B. durch eine anschluss- und Benutzungspflicht erreicht werden könnten. Eine solche könnte die Gemeinde auf Basis von § 17 Abs. 2 GO SH in Verbindung mit § 109 GEG erlassen. Allerdings zeigt Abbildung 7-10 im Zusammenhang mit Abbildung 7-6, dass auch bei einer Anschlussquote von 100 % Wärme aus dem Wärmenetz noch kostspieliger wäre als die dezentrale Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger, so dass eine Anschluss- und Benutzungspflicht politisch nur

schwer begründbar wäre. Zudem geht mit einer Anschluss- und Benutzungspflicht für die Hauseigentümer auch eine Versorgungspflicht des Wärmenetzbetreibers einher.

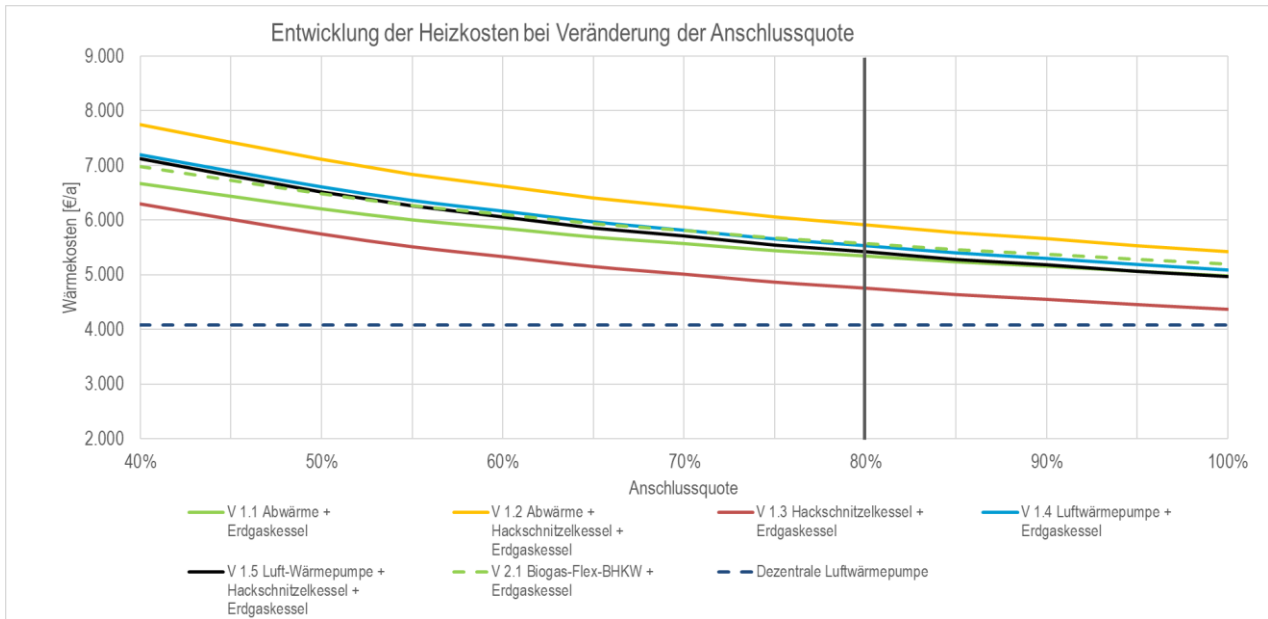


Abbildung 7-10: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh von der Anschlussquote der Gebäude des Quartiers

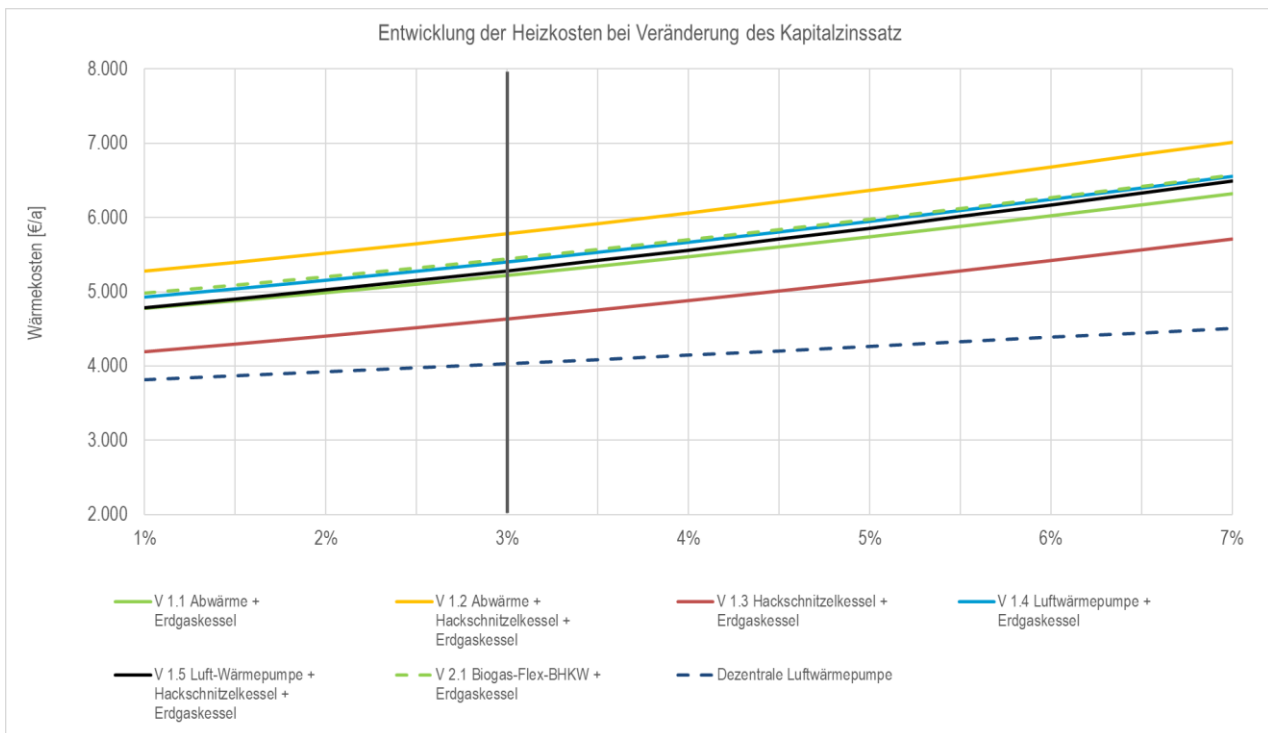


Abbildung 7-11: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh vom Kapitalzinssatz

Für alle Varianten ist ein einheitlicher Kapitalzinssatz von 3 % p. a. angenommen worden. Der Zinssatz unterlag in der jüngeren Vergangenheit starken Schwankungen in verschiedene Richtungen. In Abbildung 7-11 sind die Auswirkungen unterschiedlicher Kapitalzinssätze auf die Heizkosten des Referenzgebäudes dargestellt. Während alle Varianten von geringen Zinssätzen

profitieren, sind es insbesondere die mit Solarthermie, bei denen die Auswirkungen aufgrund der hohen Investitionskosten und der langen Nutzungsdauer besonders ins Gewicht fallen.

Bei Kapitalzinssätzen von 1 % kämen die Kosten eines Wärmenetzes in den Bereich dezentraler Versorgungsoptionen. Sollten die Kapitalzinsen wieder auf das Niveau der vergangenen Jahre sinken, könnte der Ausbau eines Wärmenetzes in den bisher nicht versorgten Gebieten bei ansonsten gleichbleibenden Preisständen nochmals in Erwägung gezogen werden.

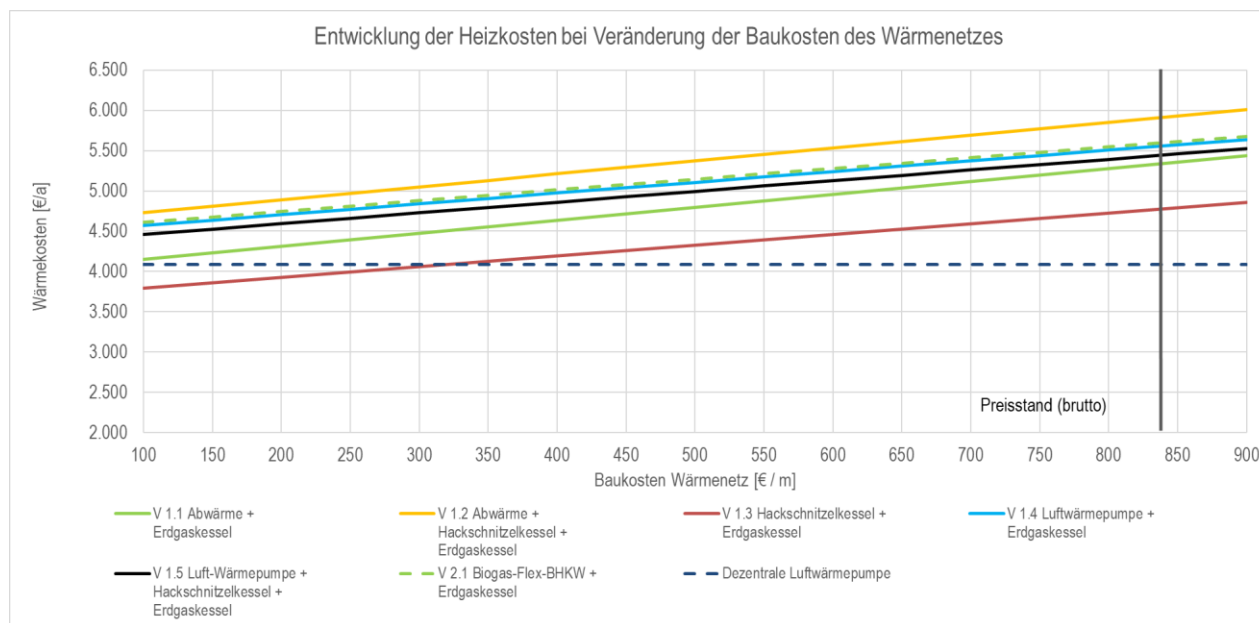


Abbildung 7-12: Darstellung der Abhängigkeit der Heizkosten eines Referenzgebäudes mit einem Wärmebedarf von 20 MWh von den Baukosten des Wärmenetzes

Bei Baukosten in Höhe von ca. 300 € je Trassenmeter sind die Kosten einer zentralen Wärmeversorgung mit einem Hackschnitzelkessel und einem Erdgasspitzenlastkessel mit denen einer dezentralen Wärmepumpe vergleichbar. Eine derartige Reduktion ist derzeit nicht abzusehen. Eine Möglichkeit könnte jedoch die Teilung der Kosten für den Tiefbau und die Wiederherstellung der Oberflächen mit anderen Maßnahmen, wie z. B. der Etablierung einer zentralen Trinkwasserversorgung, sein.

7.5 ZUSAMMENFASSUNG WÄRMEERZEUGUNG

Aufgrund der niedrigen Besiedlungsdichte des Ortskerns der Gemeinde Rausdorf und der gestiegenen Kosten für den Bau von Wärmenetzen sind die Gestehungskosten einer zentralen Versorgung höher als die der dezentralen Alternativen.

Die Baukosten von Wärmenetzen wiesen in der jüngeren Vergangenheit eine hohe Volatilität auf. Sollten das Preisniveau und die Kapitalmarktzinsen wieder sinken, kann der Ausbau des Wärmenetzes nochmals in Erwägung gezogen werden. Voraussetzung ist, dass bis dahin nicht so viele Haushalte auf eine dezentrale Alternative, wie z. B. Wärmepumpen umgestiegen sind, dass die dadurch verursachte geringere Anschlussquote des Wärmenetzes die Kostensenkung konterkariert.

Mit der Umstellung der Wärmeversorgung auf eine hackschnitzelbasierte zentrale Versorgung könnten die CO₂-Emissionen um bis zu 58 % sinken.

8. MOBILITÄT

Verbesserungen der mobilitätsbezogenen Klimabilanz sind grundsätzlich vor alle durch zwei Ansätze zu erzielen: Eine Veränderung des Modal Split oder beim MIV durch eine Umstellung auf klimafreundlichere Antriebsarten (Elektromobilität):

- Potenziale für die Veränderung des Modal Split sind im ländlichen Raum begrenzt bzw. setzen innovative Angebote mit On-Demand-Verkehren, wie in Schleswig-Holstein im Projekt „SMILE24“ realisiert, voraus (NAH.SH, o. J.). Die Einrichtung solcher Projekte liegt, ebenso wie eine mögliche Verbesserung des ÖPNV-Angebotes, jedoch nicht in der Entscheidungshoheit einer einzelnen Gemeinde.
- Die Möglichkeiten zur Förderung von Elektromobilität durch kommunale Aktivitäten sind in kleineren Kommunen wie Rausdorf ebenfalls begrenzt, da Einfamilienhäuser überwiegen, die in aller Regel die Möglichkeit von Wallboxen am eigenen Haus haben. Öffentlicher Ladesäulen wären also nur dann sinnvoll, wenn es relevante Ströme an Einpendlern oder sonstigen externen Besucher*innen gäbe. Diese sind in Rausdorf höchstens beim Reiterhof vorhanden. Bei einer dort zu errichtenden Lademöglichkeit würde es sich jedoch anbieten, dass der private Betreiber statt der Kommune tätig wird.



Abbildung 8-1: Impressionen vom BarCamp Mobilität

Insofern wurde hier im Quartierskonzept entschieden, Handlungsmöglichkeiten im Bereich der Mobilität unter Einbindung der Bevölkerung zu erkunden. Insofern wurde im gesamten Ort zu einem BarCamp Mobilität am 11. April 2025 ins Bürgerhaus eingeladen. Ein BarCamp ist eine

hochgradig partizipative Methode, bei der die Teilnehmenden im gegebenen Themenrahmen - hier „Mobilität“ - selbst die Initiativen vorschlagen und auswählen, die sie dann in verschiedenen Kleingruppen bearbeiten möchten. Die Ergebnisse wurden von den einzelnen Arbeitsgruppen nach einem vorgegebenen Schema dokumentiert und in einem abschließenden Plenum vorgestellt, so dass die Beteiligten, die Gemeindevertretung und andere Akteure im Anschluss die Initiativen aufgreifen und ggf. die Umsetzung unterstützen können.

Als Themen wählten die Teilnehmenden

- Verkehrsberuhigung,
- Zebrastreifen an Bushaltestelle,
- ÖPNV: hvv hop,
- Rentnerbus / Einkaufsbus,
- Mitfahrbank & Mitfahrapp,
- Fahrrad-Servicestation und
- Wanderwege, Bänke.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 8-2 dokumentiert. Die Verfolgung der Umsetzung obliegt vor allem der Gemeindevertretung.

Die im BarCamp ausgearbeiteten Handlungsmöglichkeiten ermöglichen verschiedene Verbesserungen der Verkehrssituation im Ort:



- Verkehrsberuhigung auf der zeitweise als Durchgangsstraße stark frequentierten Hauptstraße sowie ein diese querenden Zebrastreifen an der u. a. von Schulkindern genutzten Bushaltestelle können die Verkehrssicherheit im Ort deutlich erhöhen.
- Mit dem Angebot „hvv hop“ besteht bereits Rufbussystem, das (im Gegensatz zu weit verbreiteten Anruf-Linien-Taxis) nicht an einen starren Fahrplan gebunden ist, sondern on demand angefordert werden kann. Allerdings sind für Rausdorf wichtige Orte in der Umgebung nicht mit diesem System erreichbar bzw. könnten für diese ggf. auch regelmäßige Verbindungen eingerichtet werden. Entsprechende Wünsche müssten von der Gemeinde an den Kreis als Aufgabenträger des ÖPNV gerichtet werden.
- Ein „Einkaufsbus“, wie er z. T. bereits in anderen Gemeinden existiert, könnte Rentner*innen und anderen Menschen, die über kein eigenes Kraftfahrzeug verfügen bzw. dieses auch einmal stehen lassen möchten, gesicherte Zugänge zu in Rausdorf nicht vorhandenen Geschäften verschaffen.
- Mitfahrbänke sind in vielen Gemeinden in Schleswig-Holstein verbreitet. Die Nutzung ist jedoch überwiegend gering, da bei der klassischen Mitfahrbank keine verlässliche Mitnahme gesichert ist. Die Kombination mit einer Mitfahr-App könnte dem abhelfen und würde, da Fahrer*in und Mitfahrer*in dokumentiert werden, auch zu einem Gewinn an Sicherheit führen.
- Eine Fahrrad-Servicestation mit Werkzeug, Luftpumpe und ggf. auch Lademöglichkeit für Pedelecs wäre vor allem ein Angebot zur Förderung des sanften, klimafreundlichen Regionaltourismus; ggf. könnten aber auch Bewohner*innen des Ortes profitieren.
- Auch Wanderwege mit Bänken könnten sanften Regionaltourismus ebenso wie Erholungsmöglichkeiten für die Bewohner*innen des Ortes schaffen.



 FRANK
Mobilität in Rausdorf
Initiative: VERKEHRSBERUHIGUNG
Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: TETPO 30 IM GESAMTEN DORF
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: - BESCHLUSS IN DER GEMEINDE EINGETROFF - BEGRÜNDUNG FORMULIERT - VERGLEICHSBARE GEMEINDE/SITUATIONEN RECHERCHIERT - KONTAKT AUF NIVEAU MIT ZUSÄNDIGEN INSTITUTIONEN AUFG. - RÜCKSPRACHE MIT SACHVERSTÄNDIGEN
Mitgewirkt haben ... - INITIATIVGRUPPE - GEMEINDE - SACHVERSTÄNDIGEN - LBV/AMT TRITTAU
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): - WER TRÄGT DIE KOSTEN - WER MUSS ZUSTIMMEN - konsequent blitzen

 FRANK
Mobilität in Rausdorf
Initiative: ZEBRASCHREIBEN IM BEREICH DER HALTE STELLE
Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: EIN ZEBRASCHREIBEN IST VORHANDEN UND ERNÖTIGT EIN SICHERES ÜBERQUEREN DER STRASSE
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: 1. KONTAKTAUFNAHME MIT LBV/AMT TRITTAU 2. UNTERSCHRIFTEN SAMTLICH IN RAUSDORF MA CHEN 3. BEGRÜNDUNGSSCHREIBEN AUFSETZEN 4. VERGLEICHSBARE SITUATION EINER ANDEREN GEMEINDE RECHERCHIEREN 5. RÜCKFRAGEN BEI SACHKUNDIGEN (VERKEHRSPERALEN)
Mitgewirkt haben ... - INITIATIVGRUPPE - SACHKUNDIGEN - AMT TRITTAU - LBV - Gemeinde
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): - KOSTEN KÜRZUNG - DURCH HALTEVERMÖGEN - FÜRSTEL EN HALTEN? - ZUSÄNDIGKEITEN - GEGESZL. RIFRAMEBEDINGUNGEN

 FRANK
Mobilität in Rausdorf
Initiative: hop / ÖPNV
Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: Wir haben zuverlässigen* ÖPNV nach Trittau, Witzhave und in Richtung Hamburg. * und regelmäßigen
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: - Beschluss d. Gemeindevertretung - Abstimmung mit Kreis, Land & Verkehrsunternehmen
Mitgewirkt haben ... - Bürger - Gemeinde, Kreis, Land - Verkehrsunternehmen
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): - Kosten bleiben im Rahmen

 FRANK
Mobilität in Rausdorf
Initiative: Rentner-Bus / Einkaufs-Bus
Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: Eine Mal die Woche, inkl. Wochenmarkt kann man mit einem Bus nach Trittau für 3-4 Stunden zum Einkaufen fahren.
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: - Kontaktaufnahme mit dem Großenhener Projekt: kann Rausdorf eingebunden werden? - Umliegende Pörfen mit einbinden. - *Versicherungsfragen klären.
Mitgewirkt haben ... - Bürger - Gemeinde, andere Gemeinden, Sportverein Großenhener
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): - *s.o. - Kostenbeteiligung der Mitfahrer

 
Mobilität in Rausdorf
Initiative: MITFAHRBANK + MITFAHRAPP Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: IN DER MITTE DES DORFES ES STEHT EINE BANK MIT EINER ANZEIGE MÖGLICHKEIT WOIN DIE FAHRT GEHEN SOLL MIT EINER ÜBERFÜHRUNG. ES GIBT EINE APP ÜBER DIE DAS MITFAHREN ORGANISIERT WERDEN WIRD
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: - STANDORT BESTIMMEN - PLANUNG ERSTELLEN + KOSTENSCHÄTZUNG - GEMEINE BESCHLUSS EINHOLEN - UMSETZUNG DURCH EINE FACHFIRMA - HOLSTEINHERZ FÖRDERUNG GEKLÄRT - FESTLICHE EINWEIHUNG (ROBERT MIT GRÜNDLICH) - APP VERTEILTE MITTEL
Mitgewirkt haben ... - GEMEINE - FACHFIRMA - HOLSTEINHERZ
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): - KOSTEN - UMSETZUNG DURCH WEN - BEDARF KLÄREN - KLÜNSCHWACKGRUPPE BEFRAGEN

 
Mobilität in Rausdorf
Initiative: Fahrradstation Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: Am Dorfgemeinschaftshaus steht eine Servicestation für Fahrräder. Werkzeug, Luftpumpe, (Kade Station (PV?))
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: - Beschluss d. Gemeindevertretung - Beschaffung der Station - Aufbau der Station (+Wartung)
Mitgewirkt haben ... - Bürger - Gemeindevertretung
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): - Förderung? - geeigneter Standort (überdacht?) - Verantwortung für die Station



 
Mobilität in Rausdorf
Initiative: Wanderwege / Bänke Die Initiative ist umgesetzt. Wir haben Folgendes erreicht: Wanderwegen wurden deutlich gekennzeichnet Stichwege wieder besohbar gemacht Bänke für die Bst wurden aufgestellt
Dies waren die wichtigsten Umsetzungsschritte: Umweltbelange prüfen Beschluss durch GV Eigentumsfrage Schilder in Eigeninitiative
Mitgewirkt haben ... Bürger / GV / Umweltbehörde Holstein Herz
Was sonst noch alles wichtig war (Kosten, Rahmenbedingungen, ...): Kostenermittlung alternative Bänke / Baumstamm

Abbildung 8-2: Ergebnisse des BarCamps „Mobilität in Rausdorf“

Insbesondere die Mitfahrbank, eine Verbesserung des ÖPNV inklusive hvv hop und der Einkaufsbuss können zu einer Verringerung des MIV und damit zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen führen. Eine Quantifizierung des Effekte wäre jedoch rein spekulativ, da zum einen die genaue Ausgestaltung (z. B. Frequenz der ggf. zu erweiternden ÖPNV-Angebote) zum jetzigen Zeitpunkt noch völlig offen ist und da auf Ebene der Gemeinde Rausdorf auch keine über die in Tabelle 8-1 dargestellte Pendlerstatistik (BfA, 2024) hinausgehenden Daten zur Ist-Verkehrssituation vorliegen (Häufigkeit des Pendelns, andere PKW-Fahrten als Wege zur Arbeitsstätte, LKW-Verkehr, Fuß- und Radverkehr).²¹ Die Statistik ermöglicht zudem keine Differenzierung nach Quartier und Gemeinde.

Tabelle 8-1: Auspendler*innen aus Rausdorf

ARBEITSORT	ANZAHL
KREIS STORMARN	30
ÜBRIGE KREISE SH	10
HAMBURG	50
ANDERE BUNDESLÄNDER	10
SUMME	100

²¹ Die Zahl der Einpendler*innen nach Rausdorf ist laut Statistik geringer als 10.

9. NUTZUNG VON PHOTOVOLTAIK

Die Größe und Ausrichtung der Gebäude im Quartier sind heterogen. In den folgenden Ausführungen werden die Berechnungen unterschiedlicher Verbrauchsszenarien für ein Einfamilienhaus mit einer Anlagenleistung in Höhe von 7,5 kW_p und zum Vergleich eine Anlagenleistung in Höhe von 2,4 kW_p in Südausrichtung dargestellt. Sollte das zu betrachtende Gebäude eine Dachausrichtung nach Osten und Westen aufweisen, so verschieben sich die Stromerzeugungszeiten ggü. einer nach Süden ausgerichteten Anlage von der Mittagszeit in die Morgen- und Abendstunden. Die detaillierten Ausführungen beziehen sich auf das Einfamilienhaus mit 7,5 kW_p Anlagenleistung. Die Ergebnisse für 2,4 kW_p sind am Ende des Kapitels tabellarisch zusammengefasst.

Da die Einspeisevergütung für Anlagen, die den gesamten Strom in das öffentliche Netz einspeisen, niedrig und bei Anlagen der hier betrachteten Größenordnung in der Regel unwirtschaftlich sind, wurden hier ausschließlich Eigenverbrauchsszenarien betrachtet. Bei der Überschusseinspeisung wird der Strom je nach Bedarf zunächst selbst verbraucht und nur noch die Überschüsse zu einem festen Vergütungssatz in das Netz eingespeist. Der selbstverbrauchte Strom ersetzt netzbezogenen und damit zumeist deutlich teureren Strom.

Folgende Varianten wurden untersucht:

- Szenario 1: Dreipersonenhaushalt mit einem Jahresverbrauch 3.929 kWh/a
- Szenario 2: Szenario 1 zzgl. 5 kWh Stromspeicher
- Szenario 3: Szenario 1 zzgl. Großverbraucher Wärmepumpe mit 6.677 kWh/a
- Szenario 4: Szenario 3 zzgl. 5 kWh Stromspeicher
- Szenario 5: Szenario 3 zzgl. 10 kWh Stromspeicher
- Szenario 6: Szenario 2 zzgl. Elektroauto (Kleinwagen 16.060 km/a, bzw. 3.182 kWh/a)

Jede Gebäude- und Verbrauchssituation ist individuell. Daher sollten sich Interessierte vor einer Investition von einem Fachunternehmen beraten lassen.

Tabelle 9-1: Energiewirtschaftliche Ansätze für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der PV-Anlagen

Energiewirtschaftliche Ansätze netto			
Eigenkapitalzins		3,50 %	p.a.
Wartung und Instandhaltung		1,00 %	p.a./Invest
Investitionskosten PV-Anlage		1.400-1.550	€/kWp
Investitionskosten Speicher		800	€/kWh
Einspeisevergütung Überschusseinspeisung		0,0794	€/kWh
Arbeitspreis Strombezug		0,27	€/kWh
Preisänderungsfaktor Strombezug	Zwei Szenarien:	0% / 4 %	p.a.

Tabelle 9-1 zeigt die energiewirtschaftlichen Ansätze, die zur Berechnung verwendet wurden.

Die Investitionskosten variieren entsprechend der Anlagengröße. Eine kleinere Anlage weist höhere Investitionskosten je Leistungseinheit auf als eine größere. Durch Skalierungseffekte können größere Anlagen günstiger werden. Es wird davon ausgegangen, dass Produkte namhafter Hersteller verbaut werden. Am Markt sind günstigere Angebote verfügbar. Insofern beruhen die folgenden Berechnungen auf konservativen Ansätzen.

Neben den unterschiedlichen Verbrauchsszenarien wurden auch zwei Szenarien bei der Wirtschaftlichkeit betrachtet. Das erste Szenario nimmt an, dass der Strombezugspreis während des wirtschaftlichen Betrachtungszeitraums in Höhe von 20 Jahren unverändert bleibt. Das zweite Szenario nimmt an, dass der Strompreis, wie auch in den Jahren von 2000 bis 2020, jährlich um 4 % steigt (Energis, 2021).

9.1 SZENARIO 1: DREIPERSONENHAUSHALT

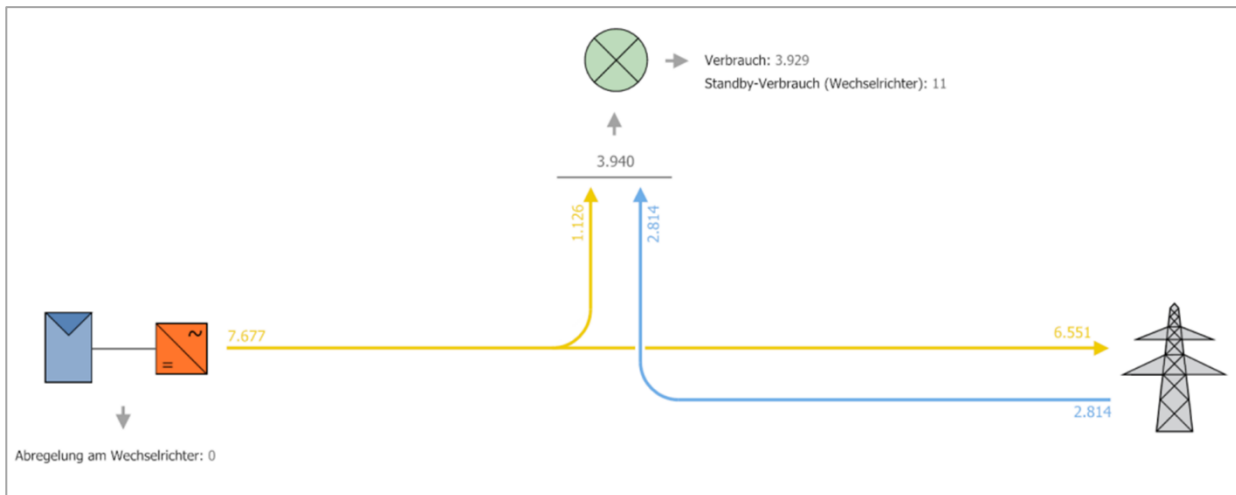


Abbildung 9-1: Energieflussdiagramm - Dreipersonenhaushalt, Quelle: PV*SOL

Ein Dreipersonenhaushalt (DPH) mit einem Jahresverbrauch in Höhe von 3.929 kWh (grün) kann aus der Anlage 1.126 kWh zeitgleich zur Erzeugung verbrauchen. Die sog. Eigenverbrauchsquote, die angibt, welcher Anteil der erzeugten Energie vor Ort verbraucht werden kann, beträgt damit 14,5 %. Der solare Deckungsgrad (oder Autarkiegrad), also der Anteil des PV-Stroms am Stromverbrauch des Haushalts, beträgt ca. 28,6 %. Die überschüssigen 6.551 kWh werden in das Netz eingespeist.

Der wesentliche Faktor für den wirtschaftlichen Betrieb einer PV-Anlage bei Überschusseinspeisung ist die Eigenverbrauchsquote. Der selbst verbrauchte Strom ersetzt den Bezug von teurem Netzstrom. Der überschüssige und ins Netz einzuspeisende Strom wird dagegen lediglich mit 7,9 ct/kWh vergütet. Um die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen, kann entweder ein Speicher zur zeitlich versetzten Nutzung installiert oder der Verbrauch z. B. durch ein Elektroauto erhöht werden, das vorwiegend dann lädt, wenn PV-Strom erzeugt wird. Alternativ kann die Anlagengröße reduziert werden. Im Sinne der Energiewende sollten Dächer jedoch möglichst vollständig genutzt werden. Die Aufwendungen für die Planung und Installation sind nahezu gleich und sollten aufgrund der begrenzten Kapazitäten im Handwerk möglichst effizient genutzt werden.

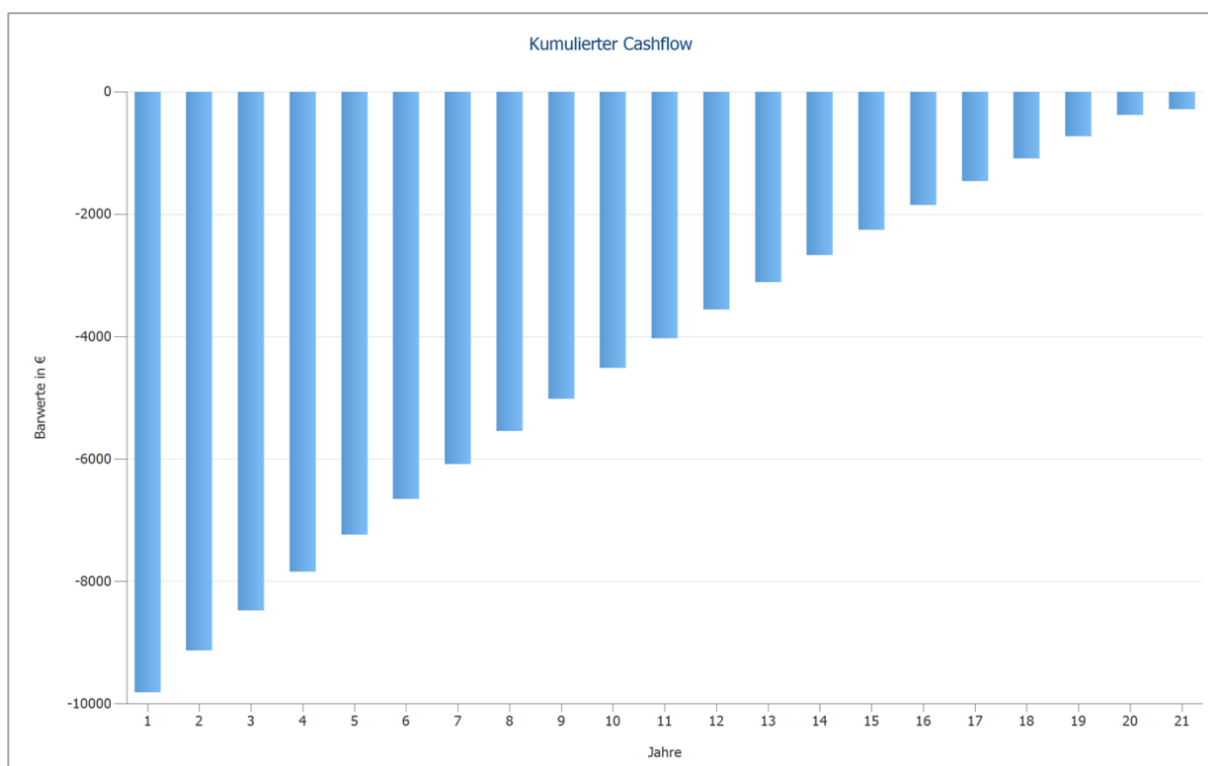


Abbildung 9-2: Kumulierter Cashflow von Szenario 1 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

Trotz der niedrigeren Eigenverbrauchsquote in Höhe von 14,4 % amortisiert sich die Anlage im Szenario 1 innerhalb des Betrachtungszeitraums in Höhe von 20 Jahren nahezu.²² Durch Änderung des Verbraucherverhaltens (z. B. Verbraucher zur Mittagszeit einschalten) kann die Eigenverbrauchsquote weiter erhöht und damit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

²² Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die technische Lebensdauer einer PV-Anlage üblicherweise mehr als 20 Jahre beträgt, so dass auch nach dieser Zeit weitere Einspeisevergütungen oder Ersparnisse durch Eigenstromnutzung erfolgen. Dies verbessert die Wirtschaftlichkeit, auch für alle nachfolgend diskutierten Varianten.

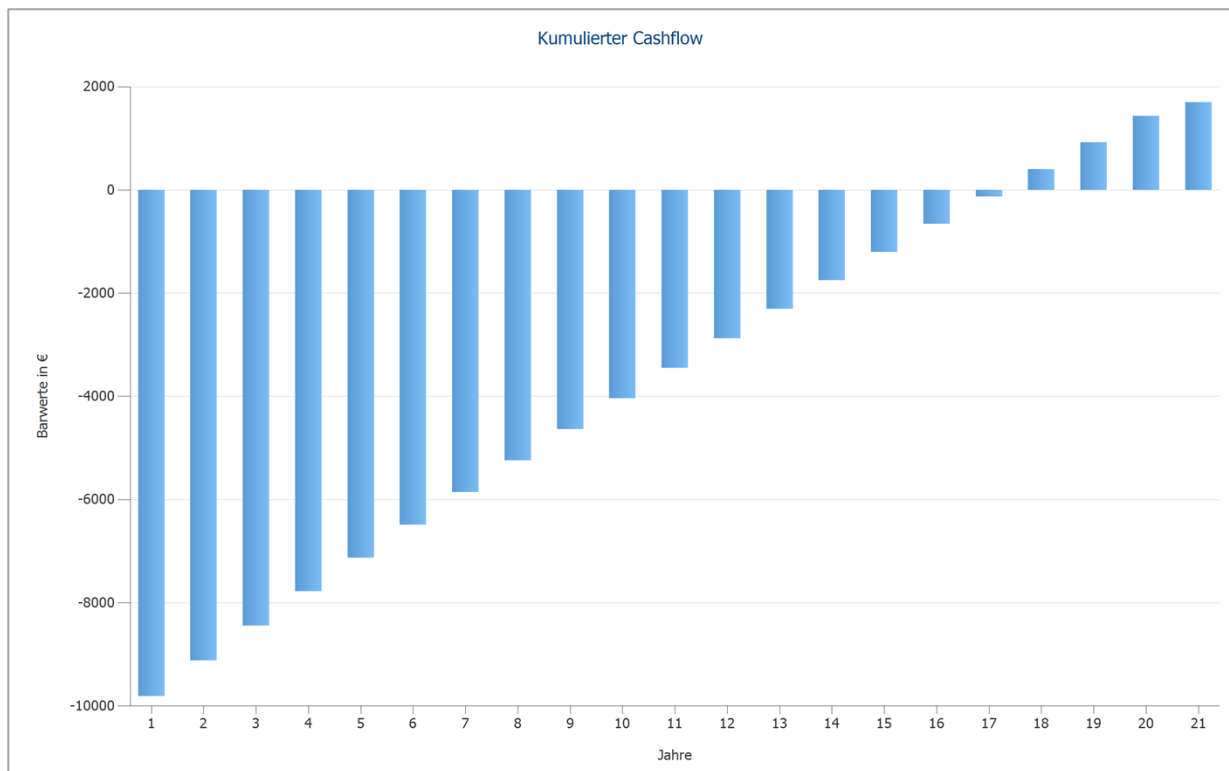


Abbildung 9-3: Kumulierter Cashflow von Szenario 1 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

Sollte der Strompreis wie auch in den letzten 20 Jahren durchschnittlich um 4 % pro Jahr steigen, so amortisiert sich die Anlage nach 17 Jahren. Am Ende des Betrachtungszeitraums beträgt der positive Cashflow 1.300 €.

9.2 SZENARIO 2: DREIPERSONENHAUSHALT MIT STROMSPEICHER

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen. Ein höherer Verbrauch durch zusätzliche Lasten (z. B. Wärmepumpe) oder ein Stromspeicher. Ergänzen wir Szenario 1 um einen Stromspeicher mit einer Kapazität von 5 kWh, steigt die Eigenverbrauchsquote von 14,5 % auf 33,4 %, der Autarkiegrad von 28,6 % auf 60,4 %.

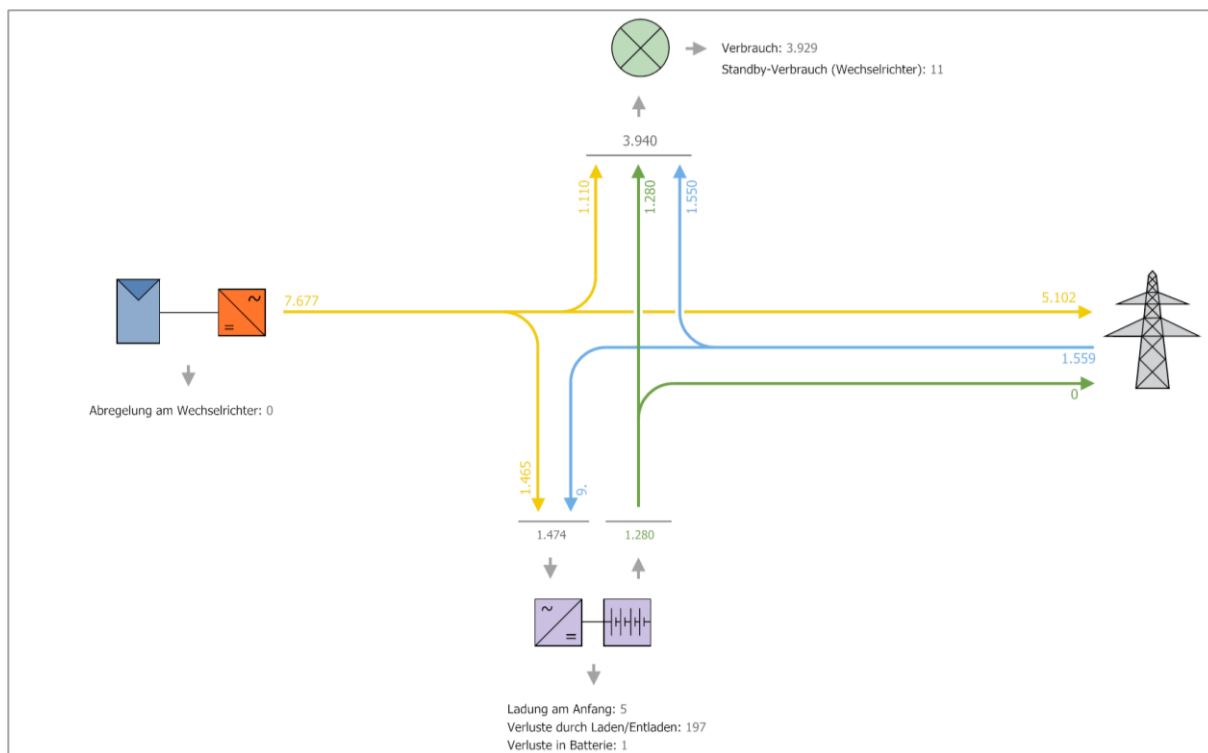


Abbildung 9-4: Energieflussdiagramm Szenario 2, Quelle: PV*SOL

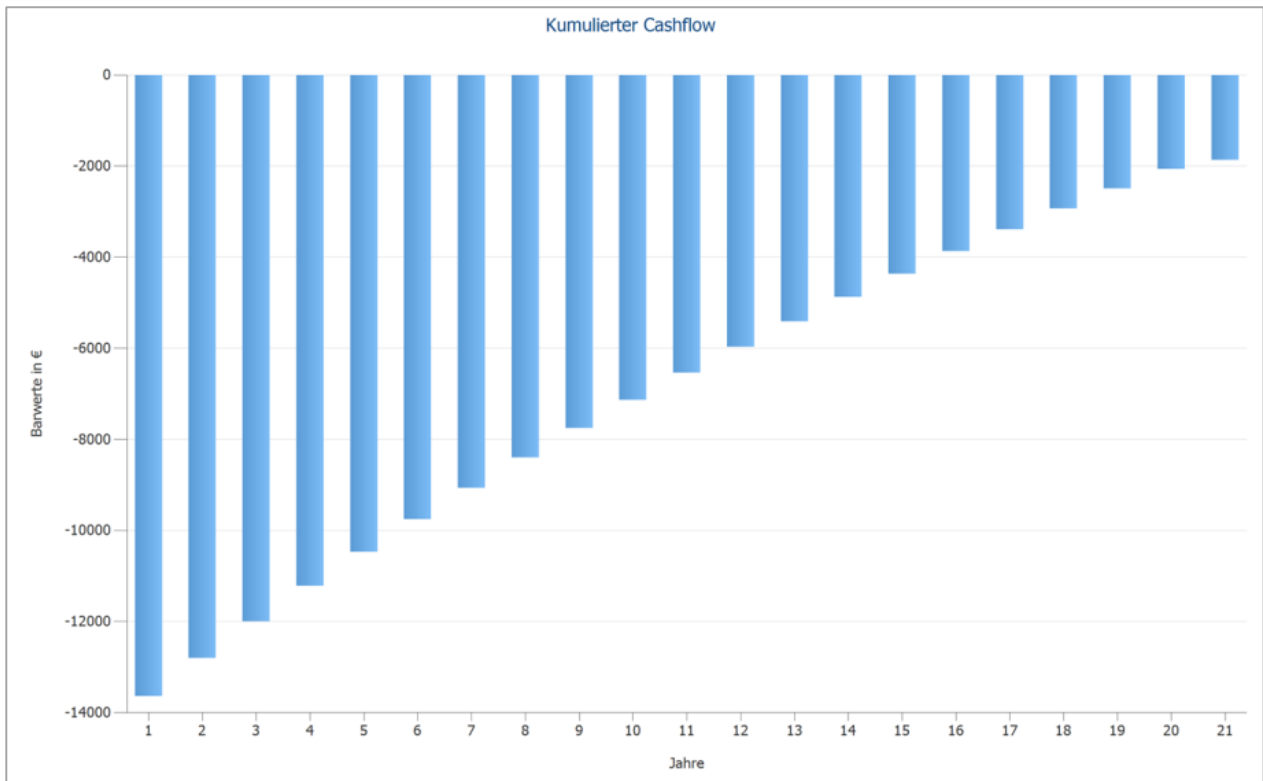


Abbildung 9-5: Kumulierter Cashflow von Szenario 2 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

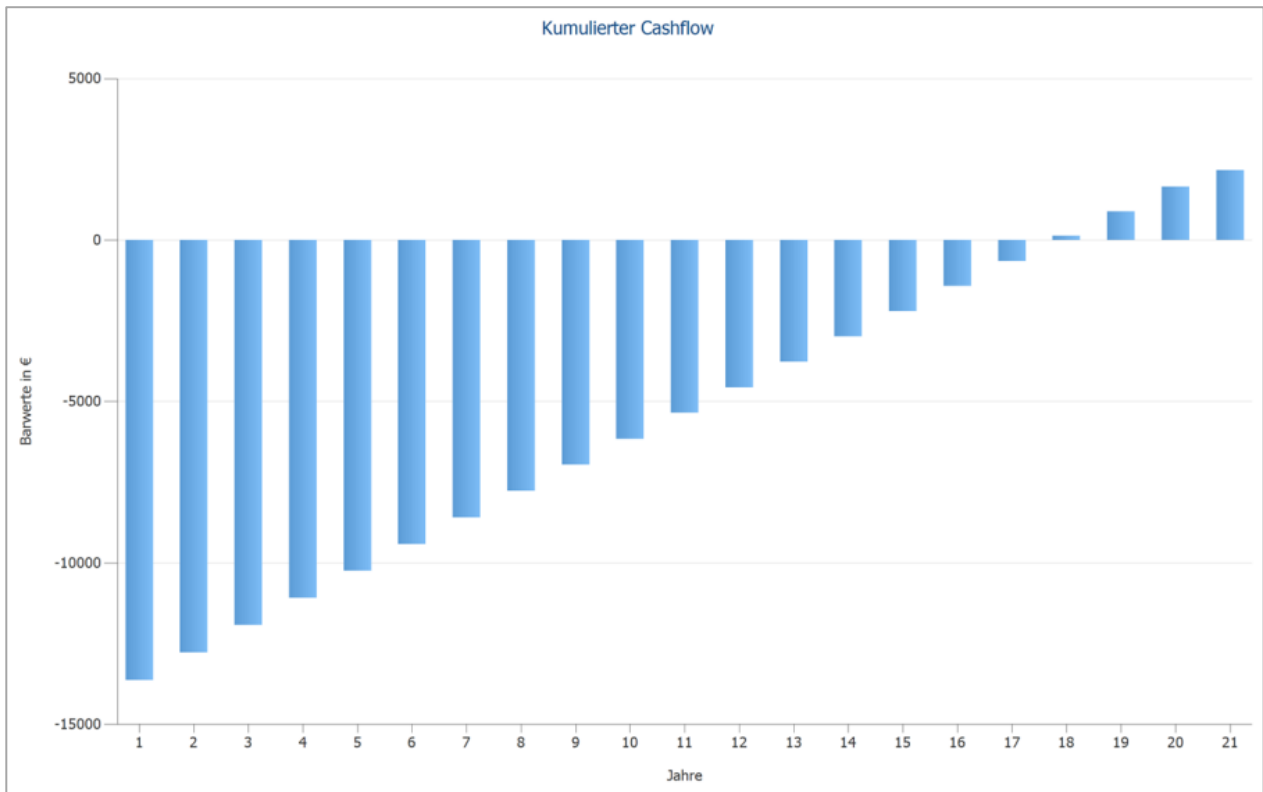


Abbildung 9-6: Kumulierter Cashflow von Szenario 2 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

Aufgrund der höheren Investitionskosten verschlechtert sich die Wirtschaftlichkeit dieses Szenarios minimal, ist unter Berücksichtigung von Strompreissteigerungen aber auch nach 18 Jahren amortisiert. Da eine weitere Kostensenkung für Stromspeicher erwartet wird und auch jetzt schon

vereinzelt günstigere Lösungen am Markt verfügbar sind, kann auch diese Anlagen- und Verbrauchskonstellation wirtschaftlich betrieben werden.

9.3 SZENARIO 3: DREIPERSONENHAUSHALT MIT WÄRMEPUMPE

Wird in einem Bestandsgebäude mit einem Wärmebedarf in Höhe von 20.000 kWh eine Wärmepumpe eingebaut, entsteht ein zusätzlicher Verbrauch in Höhe von 6.666 kWh/a.²³ Dieser Verbrauch kann teilweise von der PV-Anlage gedeckt werden und damit der Bezug von teurem Netzstrom reduziert werden. Die Hauptverbrauchszeiten einer Wärmepumpe liegen allerdings im Winter, also in der Jahreszeit, in der die Sonne wenig scheint. Ein großer Teil der Stromerzeugung im Winter wird durch den Verbrauch des Haushalts bereits genutzt. In den Übergangszeiten, in denen noch geheizt wird und deutlich mehr Sonnenstunden verfügbar sind, ist der Deckungsgrad entsprechend höher.

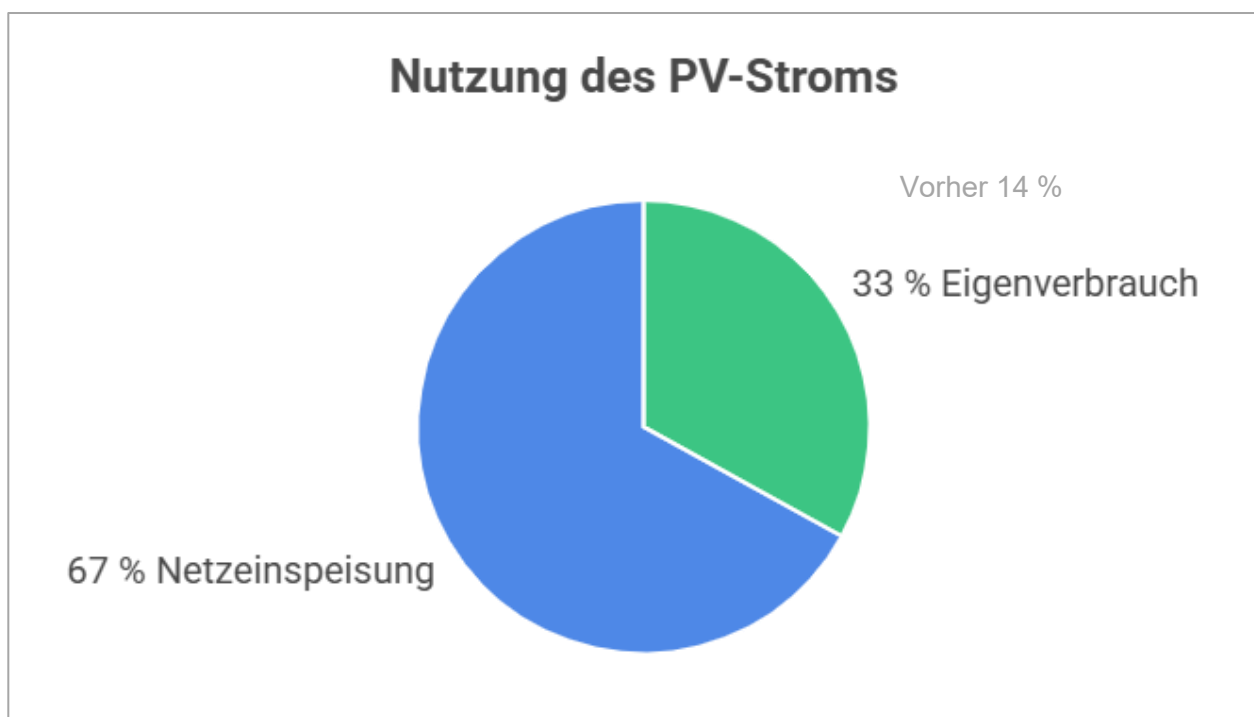


Abbildung 9-7: Nutzung des PV-Stroms bei Einsatz einer Wärmepumpe, Quelle: PV*SOL

Durch den dreifachen Stromverbrauch steigt die Eigenverbrauchsquote von 14,5 % auf 33 %. Es werden weiterhin zwei Drittel des PV-Stroms in das öffentliche Netz eingespeist.

²³ Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe beträgt in diesem Versorgungsszenario drei.

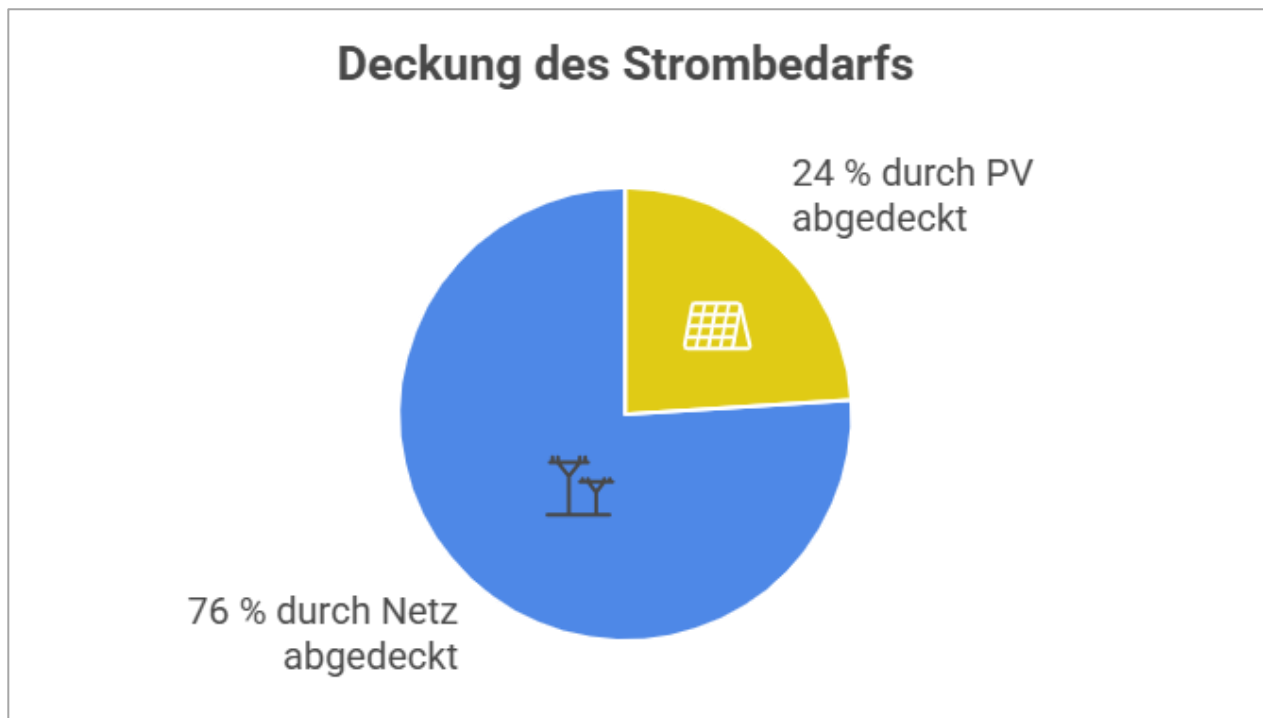


Abbildung 9-8: Deckungsgrad Szenario 3, Quelle: PV*SOL

Der Deckungsgrad ist ggü. Szenario 1 um ca. 5 %-Punkte gesunken. Dies liegt vor allem an dem ca. drei Mal so hohen Stromverbrauch. Etwa ein Viertel des Strombedarfs kann über die PV-Anlage gedeckt werden, drei Viertel müssen über das Netz bezogen werden. Da die Kosten für Stromspeicher sinken, kann es interessant sein einen Stromspeicher zu ergänzen, um den Nachtstrombedarf der Wärmepumpe zu decken und damit die Eigenverbrauchsquote und den solaren Deckungsgrad zu erhöhen (vgl. Szenario 4 und 5).

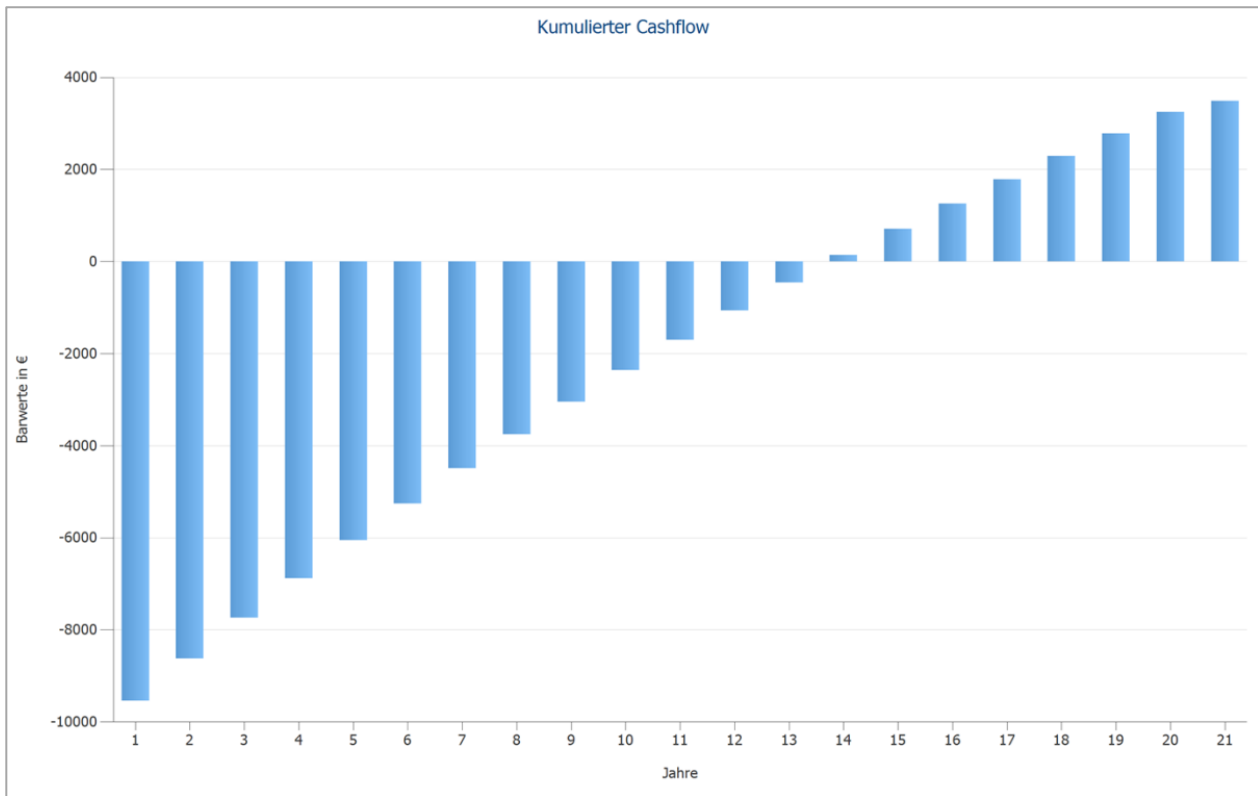


Abbildung 9-9: Kumulierter Cashflow von Szenario 3 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

Aufgrund der ggü. Szenario 1 höheren Eigenverbrauchsquote amortisiert sich diese Anlagen- und Verbrauchskonstellation bereits nach 14 Jahren.

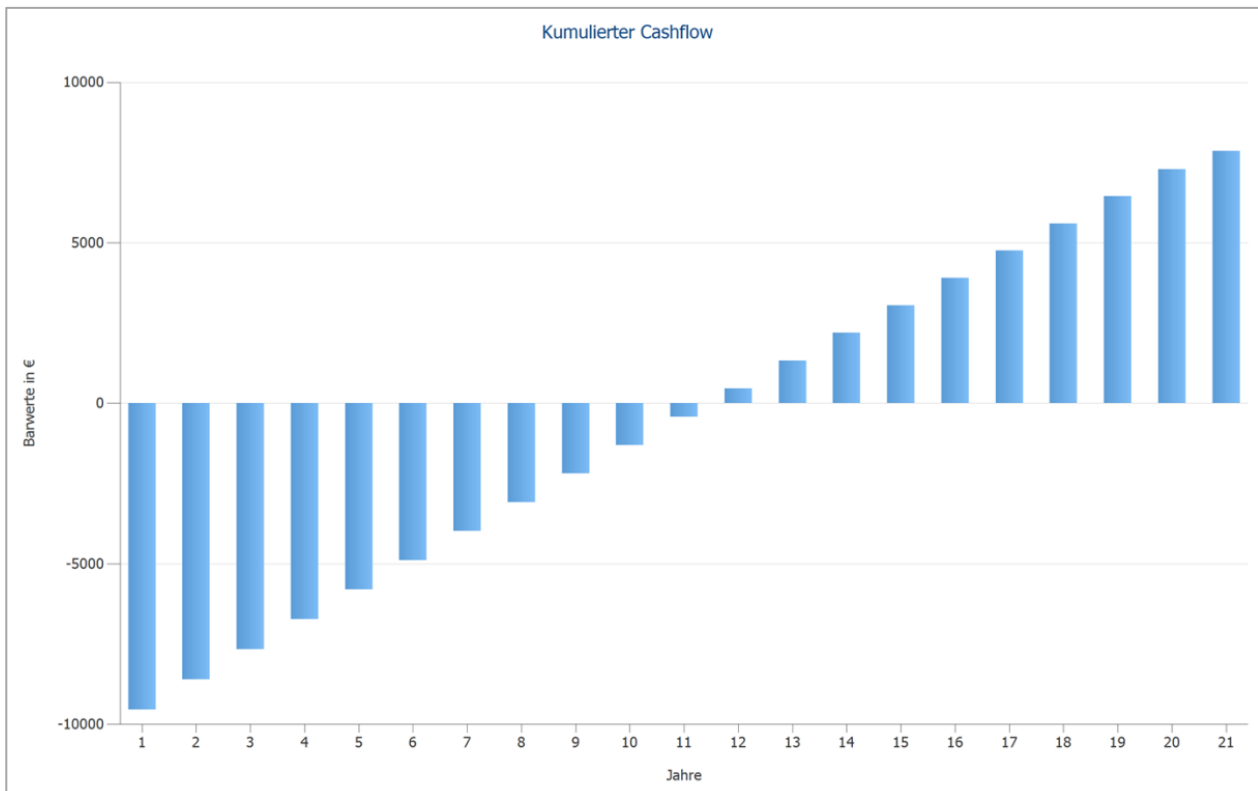


Abbildung 9-10: Kumulierter Cashflow von Szenario 3 mit Strompreissteigerung

Unter Berücksichtigung von Strompreissteigerungen amortisiert sich die Anlage bereits nach 12 Jahren.

9.4 SZENARIO 4 & 5: DREIPERSONENHAUSHALT MIT WÄRMEPUMPE UND SPEICHER

Im Folgenden werden die Auswirkungen durch die Ergänzung eines Stromspeichers mit 5 kWh (Szenario 4) bzw. 10 kWh (Szenario 5) dargestellt.

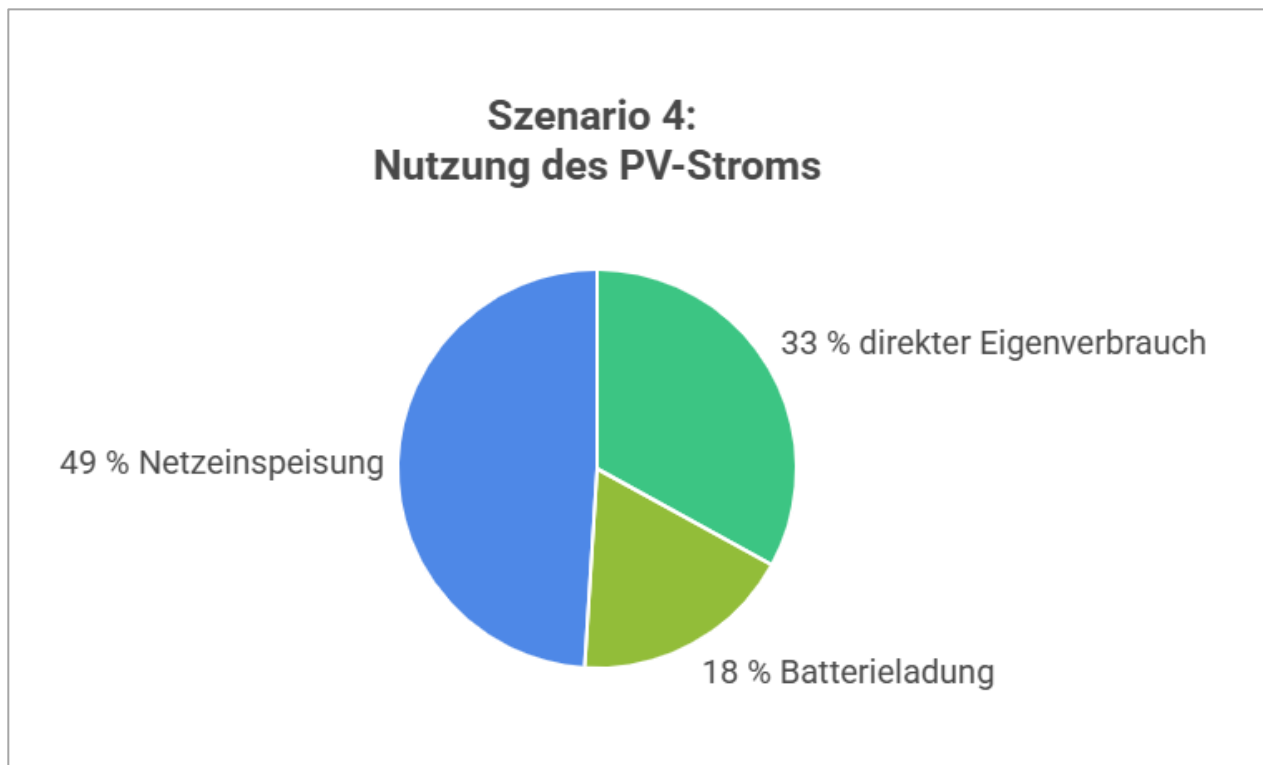


Abbildung 9-11: Nutzung des PV-Stroms bei Einsatz einer Wärmepumpe und 5 kWh Speicher, Quelle: PV*SOL
Durch die Ergänzung um einen Stromspeicher steigt die Eigenverbrauchsquote um 18 %-Punkte von 33 % auf 51 %. Es werden 49 % des PV-Stroms in das öffentliche Netz eingespeist.

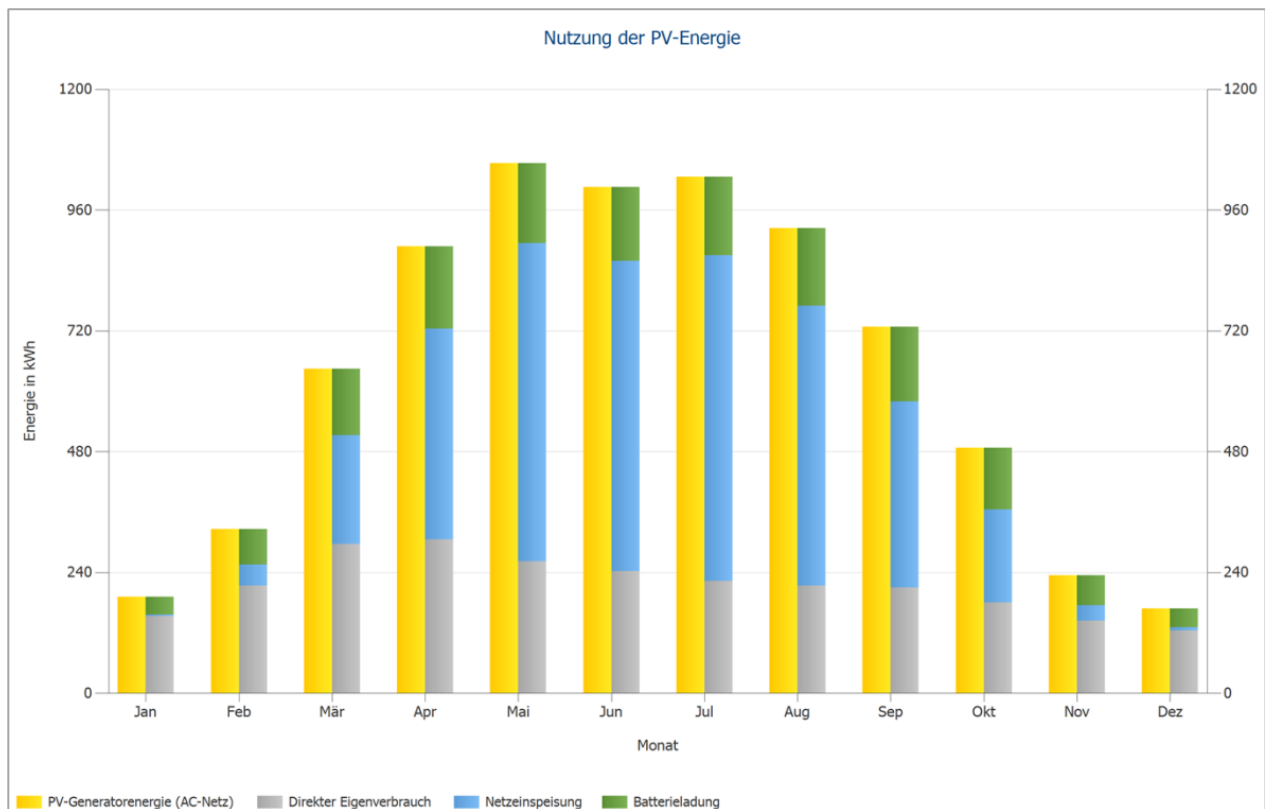


Abbildung 9-12: Nutzung des PV-Stroms monatsweise über ein Jahr, Quelle: PV*SOL

Abbildung 9-12 zeigt den Verlauf der Nutzung des PV-Stroms über das Jahr in Monats-scheiben. In den verbrauchstärksten Monaten Januar, Februar, November und Dezember wird fast der gesamte Strom direkt oder über den Stromspeicher verbraucht. Eine weitere Vergrößerung des Stromspeichers auf 10 kWh (Szenario 5) kann damit vor allem in den Übergangszeiten, in denen die Wärmepumpe noch zu Heizzwecken betrieben wird, zu einer Erhöhung der Eigenverbrauchsquote und des Deckungsgrades führen. In den Sommermonaten ist der Verbrauch dahingegen deutlich niedriger, sodass eine Vergrößerung des Stromspeichers in diesen Monaten kaum zu der Erhöhung der Eigenverbrauchsquote und des Deckungsgrades beiträgt, da der Verbrauch auch so schon zum größten Teil über die PV-Anlage und den kleineren Speicher gedeckt wird (vgl. Abbildung 9-14).

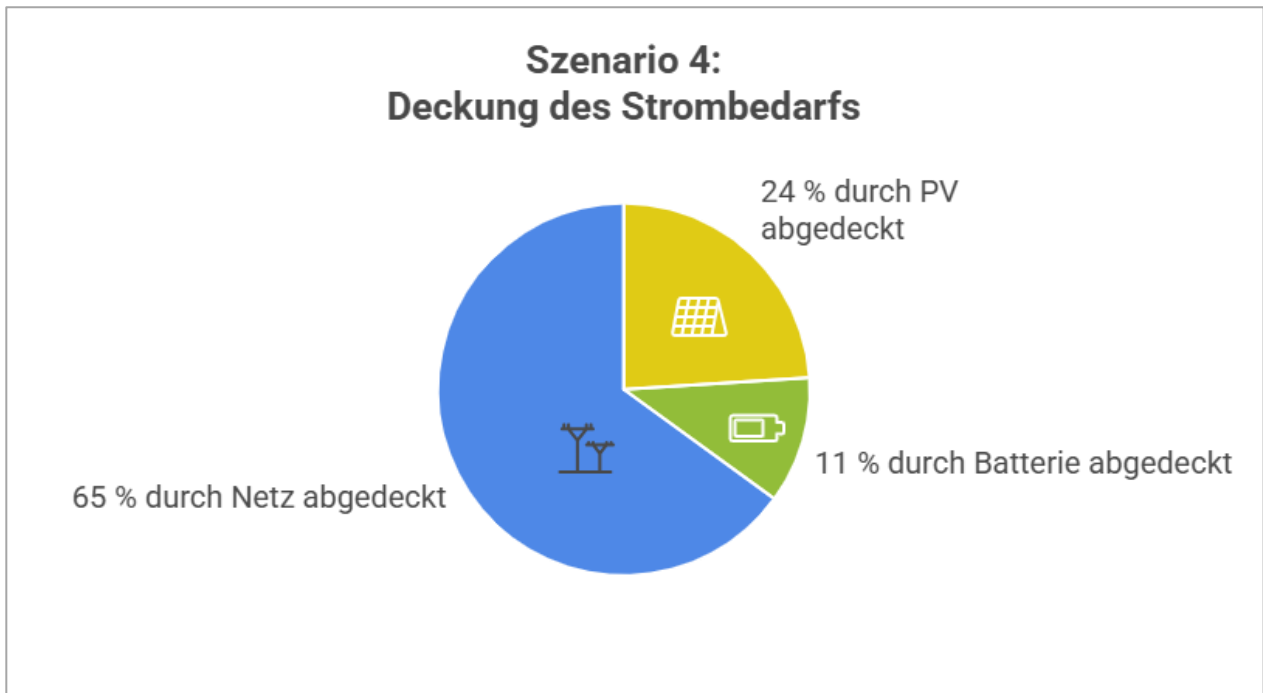


Abbildung 9-13: Deckungsgrad Szenario 4, Quelle: PV*SOL

Der Deckungsgrad hat sich ggü. Szenario 3 durch den Stromspeicher von 24 % auf 35 % erhöht.

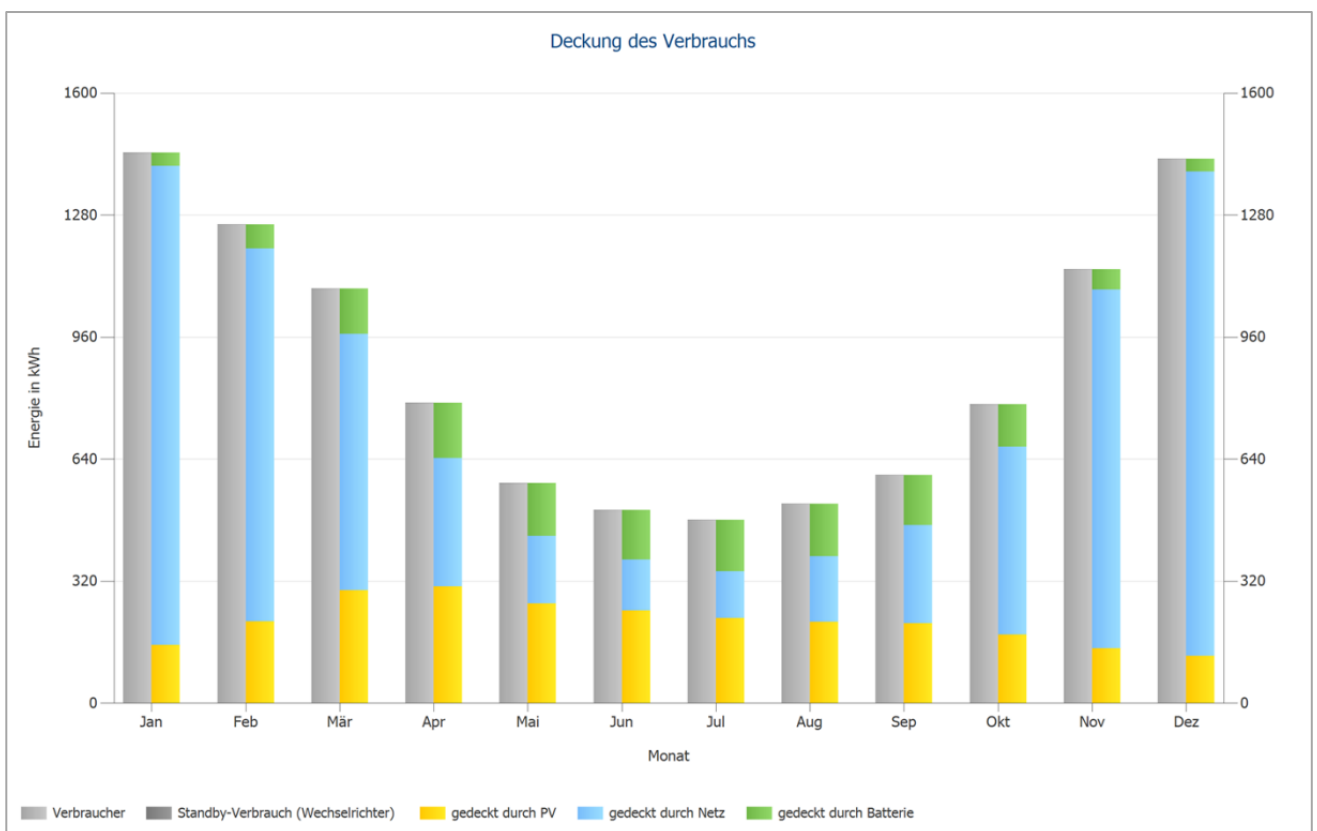


Abbildung 9-14: Deckung des Verbrauchs monatsweise über ein Jahr, Quelle: PV*SOL

Abbildung 9-14 zeigt den Verlauf der Deckung des Strombedarfs in Monatsscheiben. Unter Berücksichtigung von Abbildung 9-12 wird deutlich, dass trotz des hohen Verbrauchs in den Winter-

und Sommermonaten kaum ein Zugewinn durch die Erhöhung der Speicherkapazität möglich ist. Der Speicher kann vor allem in den Übergangszeiten, in denen viel PV-Strom und ein hoher Strombedarf zusammenfallen, zu einer Erhöhung des Eigenverbrauchs und des Deckungsgrades beitragen.

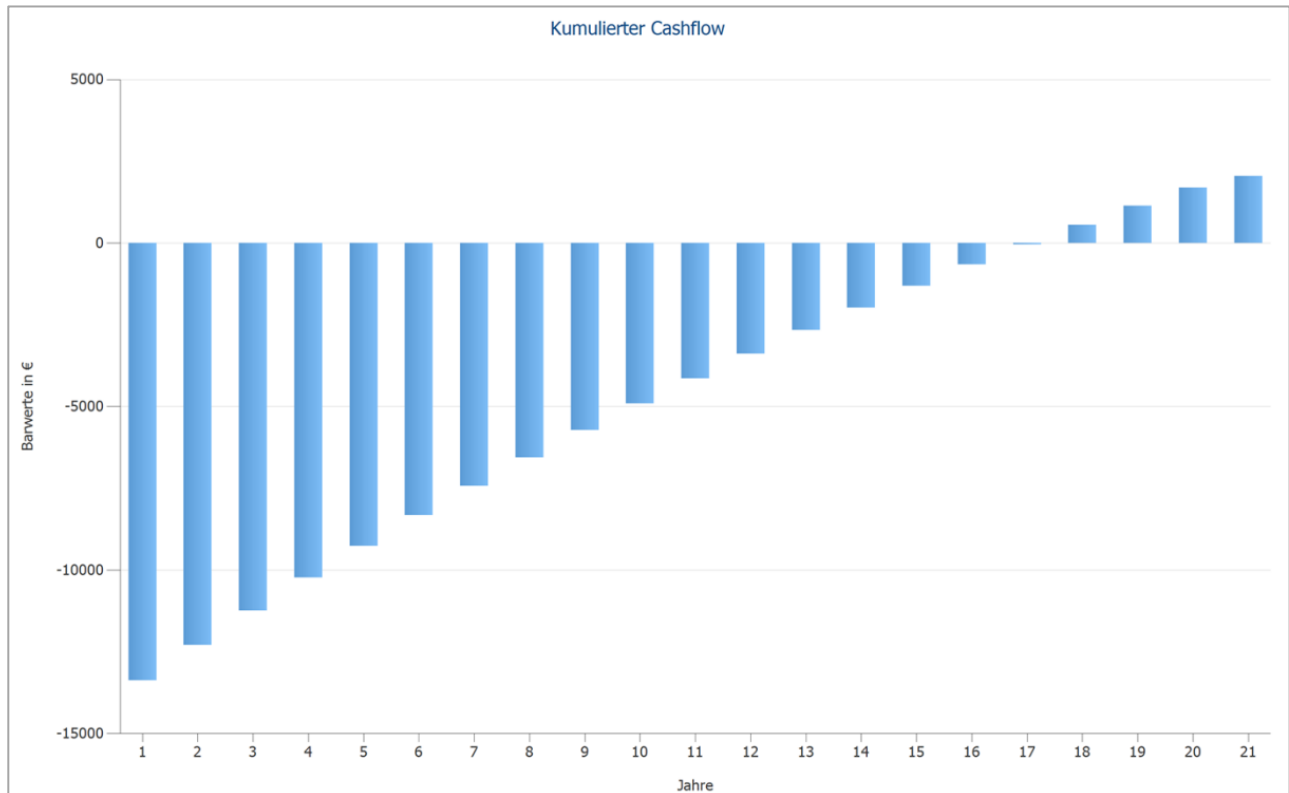


Abbildung 9-15: Kumulierter Cashflow von Szenario 4 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

Aufgrund der höheren Eigenverbrauchsquote amortisiert sich diese Anlagen- und Verbrauchskonstellation bereits nach 17 Jahren.

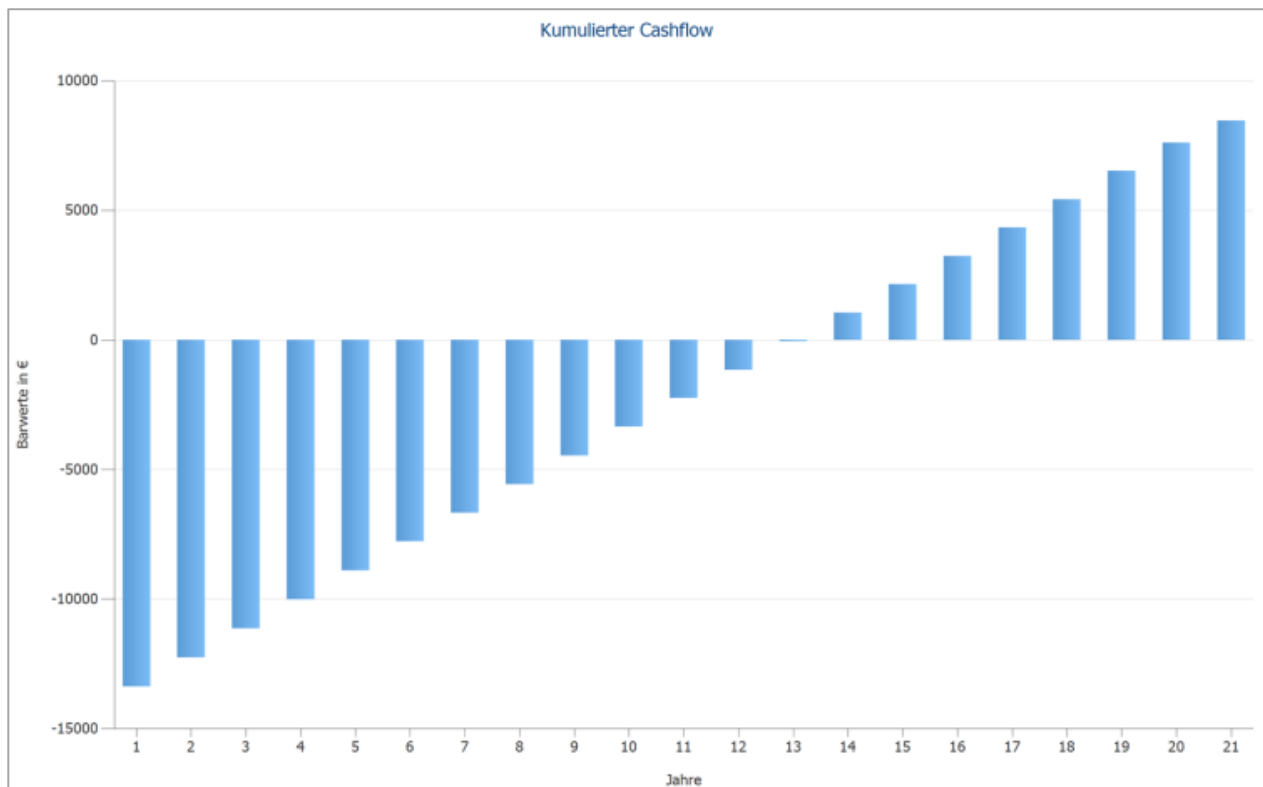


Abbildung 9-16: Kumulierter Cashflow von Szenario 4 mit Strompreissteigerung

Unter Berücksichtigung von Strompreissteigerungen amortisiert sich die Anlage bereits nach 13 Jahren.

Durch die Verdopplung der Speicherkapazität auf 10 kWh ist erwartungsgemäß nur eine kleine Steigerung der Eigenverbrauchsquote von 51 % um 7 %-Punkte auf 58 % erreicht worden. Der solare Deckungsgrad steigt von 36 % auf 40 %.

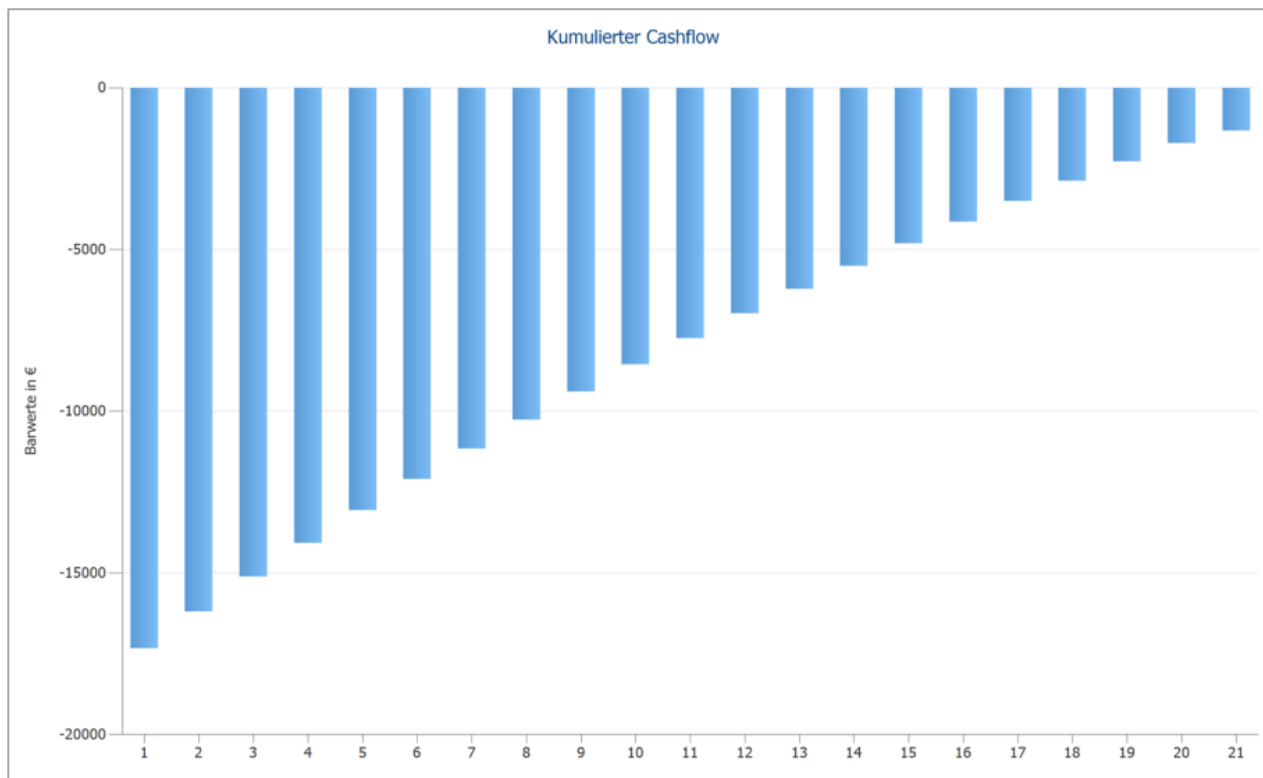


Abbildung 9-17: Kumulierter Cashflow von Szenario 5 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

Aufgrund der höheren Investition verschlechtert sich der Cashflow ggü. Szenario 4. Da die Kosten für Speicher langfristig weiter sinken und auch jetzt schon vereinzelt deutlich günstigere Angebote als hier kalkuliert am Markt verfügbar sind, kann diese Variante eine langfristig zunehmend wirtschaftliche Option sein.

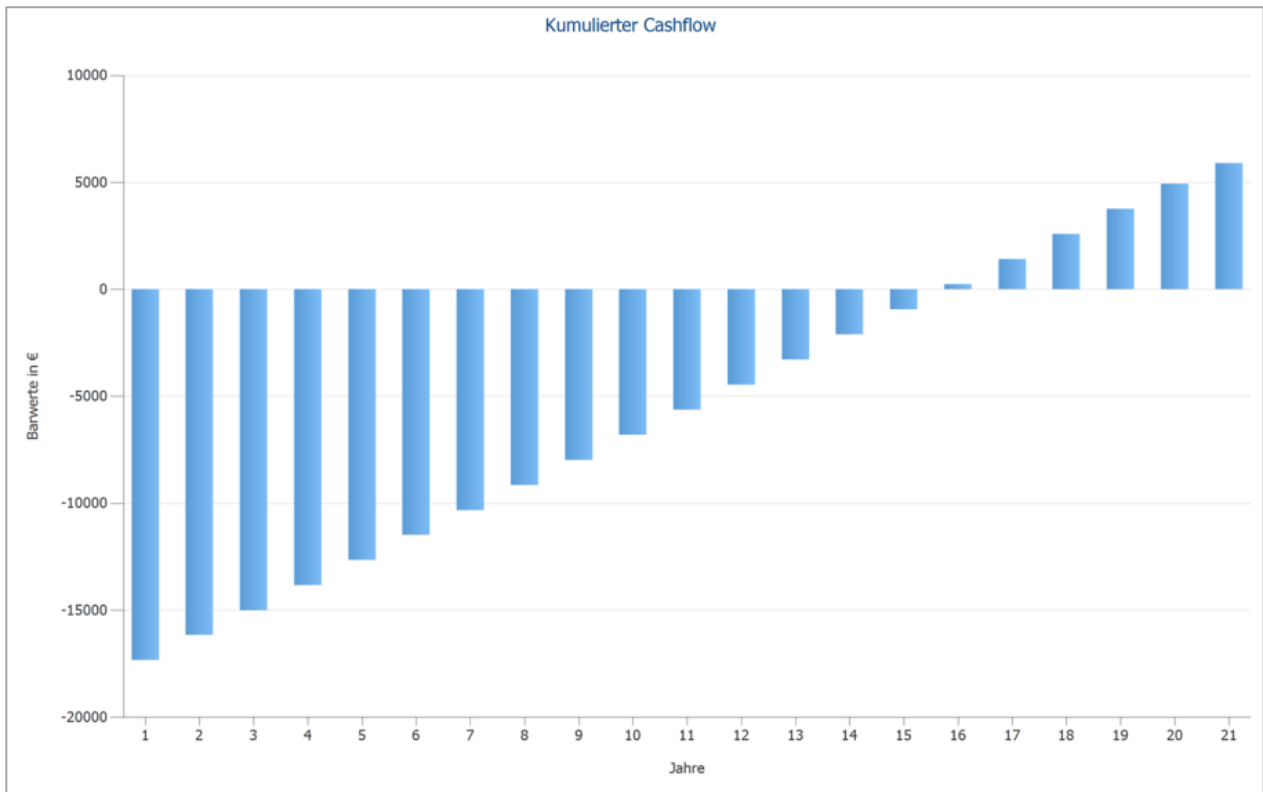


Abbildung 9-18: Kumulierter Cashflow von Szenario 5 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

9.5 SZENARIO 6: DREIPERSONENHAUSHALT MIT STROMSPEICHER UND E-AUTO

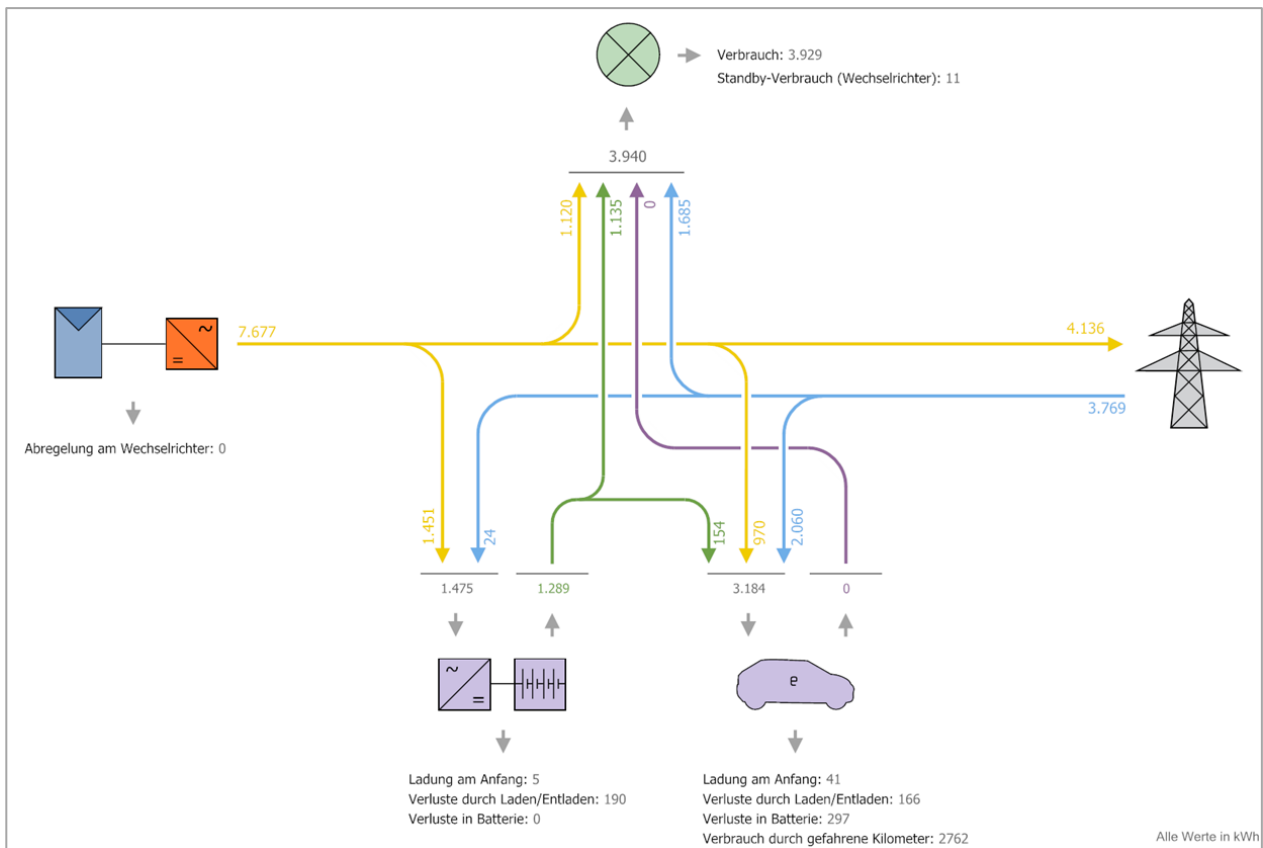


Abbildung 9-19: Energieflussdiagramm Szenario 6, Quelle: PV*SOL

In Szenario 6 wurde ggü. Szenario 2 ein E-Auto mit einem Stromverbrauch in Höhe von 3.182 kWh/a als zusätzlicher Verbraucher hinzugefügt. Dabei handelt es sich um den Verbrauch eines Kleinwagens mit einer bundesdurchschnittlichen Jahreslaufleistung in Höhe von 16.060 km.

Das Verbrauchsprofil berücksichtigt, dass nicht alle Ladevorgänge zu Hause vorgenommen werden und bezieht sich auf eine typische Nutzung durch einen Arbeitenden mit Regelarbeitszeiten von 9 bis 17 Uhr.

Der Stromverbrauch des Haushalts wird auch wie in Szenario 2 mit ca. 1.000 kWh direkt aus der Anlage, ca. 1.000 kWh aus dem Stromspeicher und ca. 1.600 kWh aus dem öffentlichen Netz versorgt. Das E-Auto nimmt zusätzlich ca. 1.000 kWh direkt aus der PV-Anlage, jedoch nur einen kleinen Teil aus dem Stromspeicher auf. Das liegt vor allem daran, dass der Stromspeicher den Nachtverbrauch des Haushalts bereitstellt. Der Stromspeicher müsste also größer dimensioniert werden, um dem E-Auto zusätzlichen Strom über Nacht liefern zu können. Die optimale Speichergröße muss in Abhängigkeit des Ladeverhaltens, des Strombedarfs des Autos und der Kosten dimensioniert werden.

Eine Entladung des Stromspeichers des Autos zur Deckung von Haushaltstrom (lila Linie) findet nicht statt, da das sog. bidirektionale Laden bisher nur wenige Hersteller anbieten und die notwendigen Schnittstellen noch nicht an allen Ladeinfrastrukturen vorhanden sind. Zukünftig kann aber auch das Auto selbst als flexibler Speicher genutzt und damit die Wirtschaftlichkeit optimiert werden.

Sollte man im Homeoffice arbeiten und dadurch die Hauptstromerzeugungszeiten nutzen können, ist bei gleicher Laufleistung des E-Autos die Eigenverbrauchssteigerung entsprechend deutlich höher.

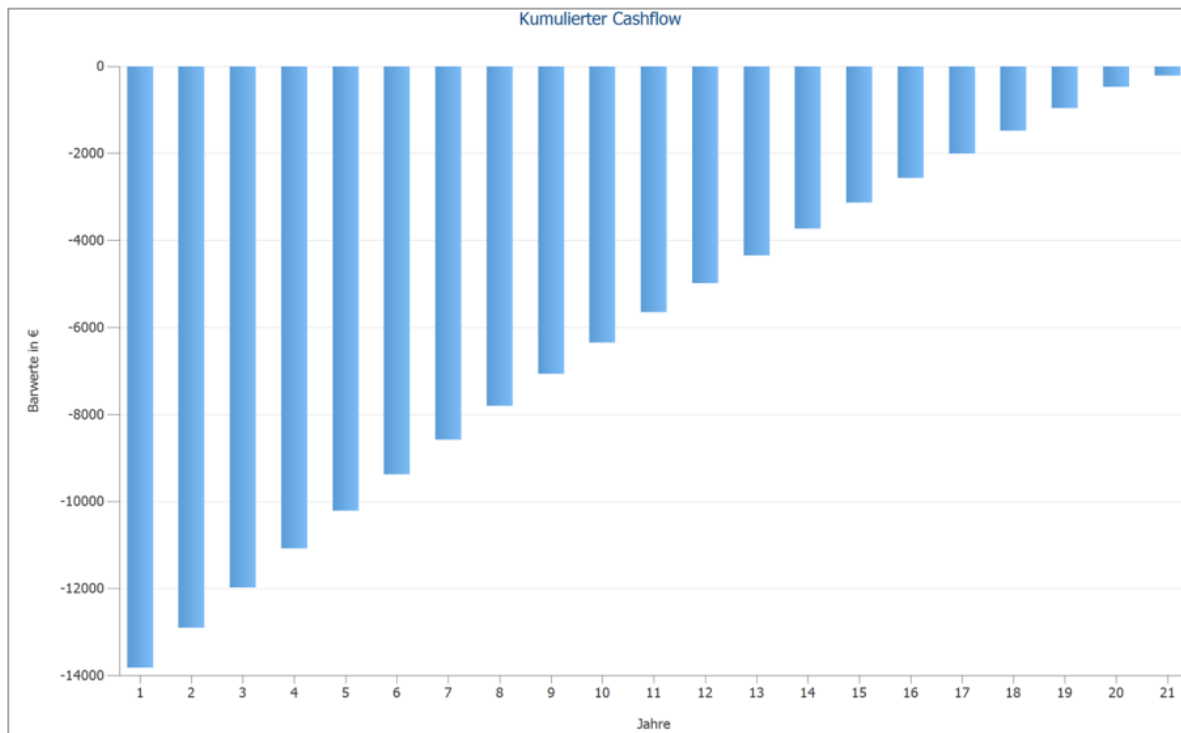


Abbildung 9-20: Kumulierter Cashflow Szenario 6 ohne Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

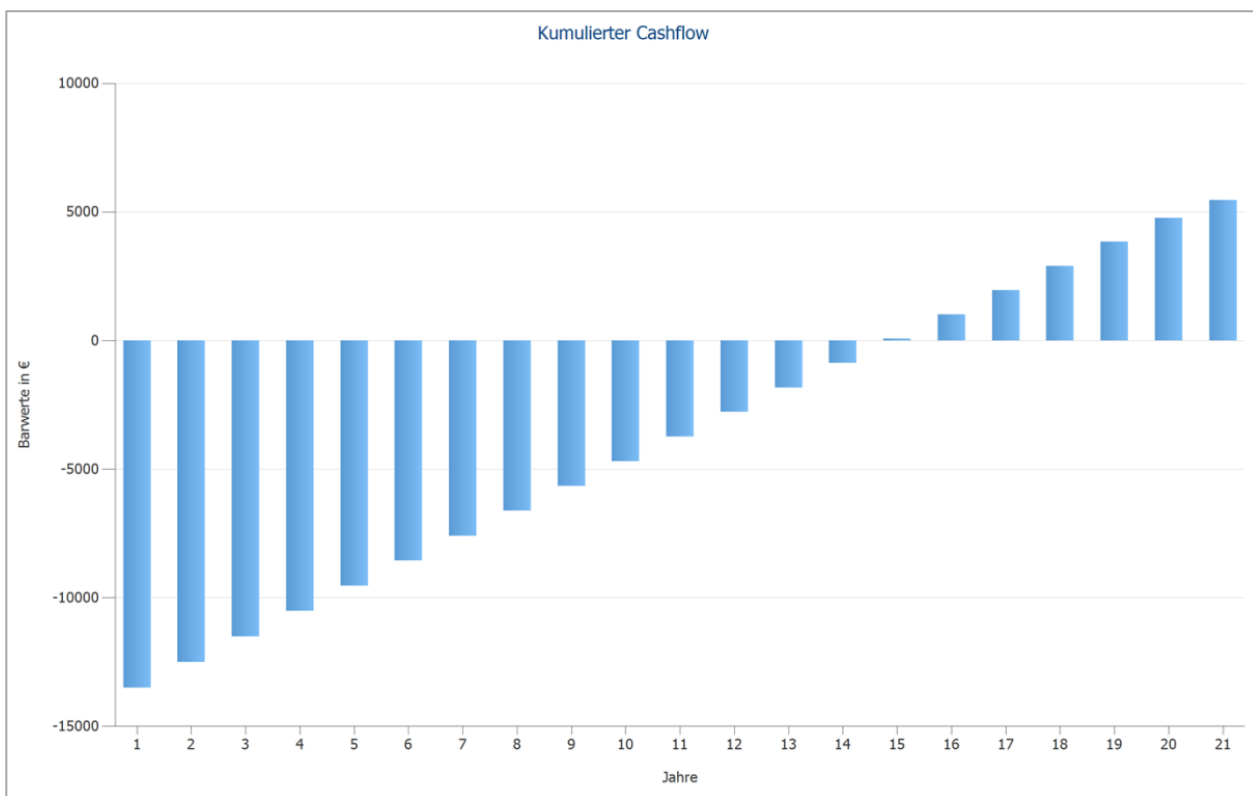


Abbildung 9-21: Kumulierter Cashflow Szenario 6 mit Strompreissteigerung, Quelle: PV*SOL

9.6 ERGEBNISZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Tabelle 9-2: Ergebniszusammenfassung 7,5 und 2,4 kW_p

Variante	Leistung	Stromspeicher	Investition	Verbrauch	Autarkiegrad	Eigenverbrauchsquote	Kumulierter Cashflow bei 100 % Eigenkapital	Ø-Verzinsung des Eigenkapitals	Kumulierter Cashflow bei 100 % Eigenkapital	Ø-Verzinsung des Eigenkapitals
	[kW _p]	[kWh]	[€]	[kWh]	[%]	[%]	[€]	[%]	[€]	[%]
Überschusseinspeisung										
										mit 4 % p. a. Strompreissteigerung
Einfamilienhaus										
DPH (3.943 kWh / Jahr)	7,5		10.500	3.943	29	15	-290	3,1	1.300	4,7
DPH mit Wärmepumpe	7,5		10.500	10.595	24	33	3.480	6,8	7.850	9,6
DPH mit Stromspeicher	7,5	5	14.500	3.943	60	33	-1.870	1,9	2.150	4,8
DPH mit Stromspeicher & WP	7,5	5	14.500	10.595	36	51	2.000	4,9	8.450	8,3
DPH mit Stromspeicher & WP	7,5	10	18.500	10.595	40	58	-1.300	2,6	5.900	6,2
DPH mit Stromspeicher & Elektroauto	7,5	5	14.500	7.125	47	46	-217	3,4	4.900	6,6
Einfamilienhaus Kleinanlage										
DPH (3.943 kWh / Jahr)	2,4		3.720	3.943	19	29	600	5,1	1.900	7,8
DPH mit Wärmepumpe	2,4		3.720	10.595	15	64	3.050	11,0	5.250	13,7
DPH mit Stromspeicher	2,4	5	7.720	3.943	43	74	-1.200	1,6	1.800	5,4
DPH mit Stromspeicher & Elektroauto	2,4	5	7.720	7.125	26	77	-1.150	1,7	1.900	5,5

Tabelle 9-2 fasst die Ergebnisse der Untersuchungen für das Einfamilienhaus und das Reihenhaushaus zusammen. Dabei wurden alle wesentlichen Parameter, wie die Investition, der Stromverbrauch des Szenarios, der Autarkiegrad und die Eigenverbrauchsquote sowie der Cashflow und die Eigenkapitalverzinsung für die Varianten mit und ohne Strompreissteigerung dargestellt.

Sollte nicht die gesamte Dachfläche mit Ausnahme von typischerweise zwei Dachfenstern belegt werden können, sondern durch Gauben oder sonstigen Dachaufbauten sowie durch Schattenwurf umliegender Gebäude oder Bäume nur kleinere Flächen zur Verfügung stehen, muss die Anlage entsprechend kleiner dimensioniert werden.

Zum Vergleich wurde eine entsprechend kleinere Anlage mit einer Leistung in Höhe von 2,4 kW_p bewertet. In Szenario 1 führt dies ggü. der größeren Anlage des Einfamilienhauses zu einer doppelt so hohen Eigenverbrauchsquote (29 %). Trotz höherer spezifischer Anlagenkosten ist dieses Szenario wirtschaftlicher als die größere Anlage. Dies gilt ohne Strompreissteigerung auch für Szenario 3, nicht aber für die Szenarien mit dem Stromspeicher, da dieser aufgrund der hohen Investition und der kleinen Anlagenleistung bei einer kleineren PV-Anlage nicht effizient genutzt wird und die Anlage unwirtschaftlicher macht. Mit Strompreissteigerung steigt auch bei der kleineren Anlage die Wirtschaftlichkeit entsprechend.

Die Untersuchungen zeigen, dass unter Berücksichtigung der individuellen Rahmenbedingungen und bedarfsgerechter Dimensionierung ein wirtschaftlicher Betrieb der PV-Anlagen innerhalb des Betrachtungszeitraums möglich ist. Würde man den Zeitraum auf die technische Lebensdauer (ca. 30 Jahre) verlängern, wären alle Szenarien auch ohne weitere Optimierungen wirtschaftlich.

Eigenheimbesitzer*innen sollten daher ihr Privileg nutzen und durch eine PV-Anlage Kosteneinsparungen generieren und unabhängiger von Strompreisschwankungen am Markt werden. Sollten die Strompreise wie auch in der Vergangenheit weiter ansteigen, wird die Investition entsprechend wirtschaftlicher.

Mietern ist der Zugang zu Strom vom Dach des bewohnten Gebäudes erschwert. Es gibt das sog. Mieterstrommodell und die gemeinschaftliche Gebäudeversorgung, die eine Versorgung von Mietern erlauben. Diese sind aber aufgrund der Komplexität und der daraus entstehenden Mehrkosten ein bisher wenig verbreitetes Konzept. Sollten die Bedingungen sich weiter verbessern, kann auch das Potenzial von vermieteten Gebäuden oder von Mehrfamilienhäusern gehoben werden.

Weiterhin ist es für die allermeisten Nutzer*innen möglich, ein sogenanntes Balkonkraftwerk zu errichten. Die Kosten und der administrative Aufwand sind deutlich geringer. Das Balkonkraftwerk bedient mit seiner auf 800 W begrenzten Leistung vornehmlich die kontinuierlich laufenden Verbraucher wie Kühlschrank und Geräte im Stand-by. Bei gezielter Nutzung von Verbrauchern wie z. B. Spül- und Waschmaschinen zu sonnigen Zeiten kann die Eigenverbrauchsquote maximiert werden. Dadurch können insbesondere Balkonkraftwerke hochrentabel betrieben werden.

10. KLIMAANPASSUNG

Laut des Klimareports Schleswig-Holstein ist für das Bundesland ein weiterer Anstieg der Temperatur von 1,2 – 1,9 °C zu erwarten (Planungshorizont 2031-2060). Eine deutliche Änderung der mittleren Jahresmenge an Niederschlag ist für Schleswig-Holstein weder für den kurzfristigen noch für den langfristigen Planungshorizont zu erwarten. Allerdings wird mit einer Zunahme von Starkregenereignissen gerechnet (DWD, 2023).

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist auch in ländlichen Regionen von großer Bedeutung, da Hitzewellen, Dürren und Starkregenereignisse neben den Bewohnern auch die Landwirtschaft treffen. Daher ist eine frühzeitige Vorsorge in Bezug auf Infrastruktur, vulnerable Räume wie Spielplätze oder öffentliche Liegenschaften auch in Dörfern sinnvoll.

10.1 ANPASSUNG AN STARKREGENEREIGNISSE

Häufige und intensive Niederschläge führen dazu, dass vorhandene Entwässerungssysteme überlastet sind und Straßen überflutet werden können. Die Anpassung an diese veränderten klimatischen Bedingungen erfordert koordinierte Maßnahmen, die sowohl technische als auch landschaftsplanerische und kommunikative Aspekte umfassen. Der Vorteil des ländlichen Raumes besteht darin, dass der Versiegelungsgrad verhältnismäßig gering ist und Versickerung- bzw. Abfluss von Regenwasser auf großen Teilen der Flächen problemlos möglich ist (Zentrum Klimaanpassung, 2019).

In Rausdorf wurden dennoch drei Orte im Rahmen des Quartiersspaziergangs identifiziert, an denen es häufiger zu Überspülungen des Straßenraums kommt. Dazu gehört die Großenseer Straße kurz vor der Kreuzung Hauptstraße, die Großenseer Straße Ecke Heideweg und die Alte Dorfstraße Höhe Spielplatz. In den letzten beiden Fällen sind die lokalen Gullys häufig verstopft und verfügen über ein geringes Aufnahmevermögen.

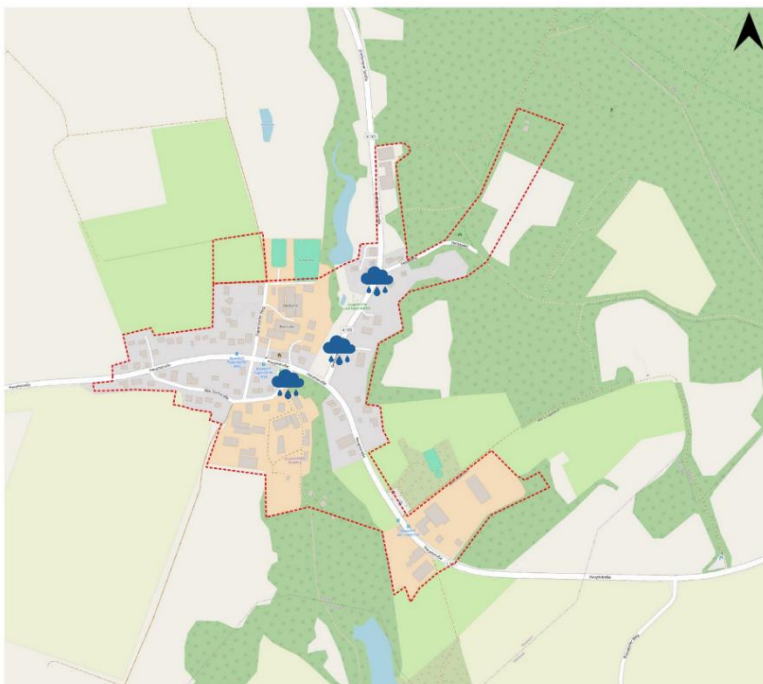


Abbildung 10-1: Vulnerable Straßenräume bei Starkregenereignissen

Ein zentraler Ansatzpunkt ist die Verbesserung der Oberflächenentwässerung. Technische Lösungen wie Mulden-Rigolen-Systeme ermöglichen es, Regenwasser dezentral zu versickern und zu speichern. Diese Systeme kombinieren begrünte Mulden zur Aufnahme des Wassers mit unterirdischen Rigolen, die es kontrolliert versickern lassen. Die Ergänzung des Straßennetzes mit Rohren hilft zusätzlich, das Wasser gezielt abzuleiten und die Tragfähigkeit der Straßen zu erhalten (Umweltbundesamt GmbH, o. J.). Für den Bereich der Großenseer Straße kurz vor der Kreuzung zur Hauptstraße sind solche Maßnahmen weniger geeignet, da dort das Wasser aus privaten Grundstücken gen Straße fließt. Hier ist zunächst das Gespräch mit den Eigentümern zu suchen.

Alternativ können Anpassungen am Straßenkörper selbst notwendig sein. Der Einsatz durchlässiger Beläge auf Nebenstraßen oder Fußgängerwegen ermöglicht eine partielle Versickerung direkt an Ort und Stelle, wodurch zusätzliche Belastungen der Entwässerungssysteme vermieden werden. Diese Maßnahmen könnten für die identifizierten Bereiche entlang der Großenseer Straße sinnvoll sein, auch weil es sich dabei um ein weniger zeitintensive Arbeiten als bei Maßnahmen an der Kanalisation handelt.

Auch landschaftsplanerische Maßnahmen spielen eine wichtige Rolle in der Klimafolgenanpassung. Die Wiederherstellung natürlicher Rückhalteräume, etwa durch die Renaturierung von Gräben und Bächen, trägt wesentlich zur Entlastung überflutungsgefährdeter Bereiche bei. Begrünte Böschungen, Wiesenmulden oder Vegetationsstreifen entlang von Straßen können als natürliche Pufferzonen fungieren, die Niederschlagswasser aufnehmen und verzögert abgeben (Zentrum Klimaanpassung, 2019). Regenrückhaltebecken sind in Rausdorf allerdings bereits westlich der Großenseer Straße sowie gegenüber dem Spielplatz vorhanden.

Im Bereich der baulichen Entwicklung ist eine vorausschauende Flächenplanung sinnvoll. Kommunen sollten in der Bauleitplanung gezielt darauf achten, neue Versiegelungen zu vermeiden und eine ortsnahe Versickerung des Regenwassers zu fördern. Auch die Entsiegelung nicht genutzter oder überdimensionierter Flächen zugunsten von Retentionsräumen kann zur Verbesserung des Wasserhaushalts beitragen. Durch den ruralen Charakter Rausdorfs stellt hohe Versiegelung jedoch kein prioritäres Problem für die Gemeinde dar.

Es ist zu beachten, dass eine erfolgreiche Klimafolgenanpassung nur im Schulterschluss mit verschiedenen Akteuren gelingt. Eine aktive Einbindung der Bürgerinnen und Bürger schafft Transparenz und erhöht die Akzeptanz für notwendige Maßnahmen. Auch die Sensibilisierung von Eigenheimbesitzern bzgl. Regenwassernutzung und Retention kann als flankierende Maßnahme sinnvoll sein.

10.2 WALDBRANDGEFAHR

Durch den Klimawandel steigt die Gefahr von Waldbränden in Mitteleuropa spürbar an. Längere Trockenperioden, höhere Durchschnittstemperaturen und vermehrte Hitzewellen führen dazu, dass Böden und Vegetation zunehmend austrocknen. Selbst kleine Funken reichen dann oft aus, um Brände auszulösen – insbesondere in Nadelwald-Monokulturen, die von Natur aus besonders brandanfällig sind. Auch Regionen wie Schleswig-Holstein, die früher selten betroffen waren, geraten zunehmend in den Fokus des präventiven Waldbrandschutzes (Land Schleswig-Holstein, 2024).

Das Nadelholz-dominierte Waldgebiet „Grander Tannen“ bildet einen Teil des Rausdorfer Gemeindegebietes. Am westlichen Rand dieses Waldgebiets stellt der Waldparkplatz im Heideweg eine besondere Herausforderung im Hinblick auf die Waldbrandgefahr dar. Gerade in den warmen

Sommermonaten steigt das Risiko von Waldbränden in Nadelholzbeständen erheblich – insbesondere dann, wenn Besucher des Parkplatzes grillen oder Zigarettenreste nicht fachgerecht entsorgen.

Um der wachsenden Gefahr wirksam zu begegnen, sind verschiedene Präventionsmaßnahmen möglich:

Beschilderung

An erster Stelle ist eine klare und sichtbare Beschilderung direkt am Waldparkplatz zu empfehlen. Diese sollte möglichst mit verständlichen Piktogrammen ausgestattet sein, um auch ortsfremde Besucher über Grillverbote, Rauchverbote und das Verbot offener Flammen zu informieren. Diese können ganzjährig oder im Hochsommer gelten. Parallel dazu kann die Gemeinde regelmäßig über ihre Website, soziale Medien oder Aushänge aktuelle Informationen zur Waldbrandgefahr veröffentlichen – insbesondere, wenn laut dem Waldbrandgefahrenindex des Deutschen Wetterdienstes erhöhte Alarmstufen gelten.

Sperrung

Begleitend dazu könnten temporäre Einschränkungen eingeführt werden: So kann der Parkplatz bei erhöhter Waldbrandgefahr (Stufe 4 oder 5) gesperrt werden. Ergänzend empfiehlt sich eine regelmäßige Kontrolle des Bereichs durch Gemeinderatsmitglieder oder dem zuständigen Forstamt. Besonders an Wochenenden und Feiertagen, wenn viele Besucher vor Ort sind, lassen sich so potenzielle Gefahren frühzeitig erkennen und vermeiden.

Anpassung der Infrastruktur

Bislang ist das Grillen auf dem Parkplatz nicht vorgesehen. Denkbar ist etwa die Einrichtung eines feuerfesten, genehmigten Grillplatzes mit entsprechender Entfernung zum Wald, stabilen Grillvorrichtungen und feuerfesten Aschebehältern. Auch das Aufstellen von Wasserbehältern oder Sandkästen kann helfen, Glut zuverlässig zu löschen. Eine Notfall-Infotafel mit genauer Standortangabe würde zudem die schnelle Alarmierung im Ernstfall erleichtern.

Eine enge Zusammenarbeit mit der örtlichen Freiwilligen Feuerwehr ist dabei unerlässlich. Regelmäßige Begehungen des Geländes sowie die Erstellung eines abgestimmten Einsatzkonzepts zur schnellen Brandbekämpfung erhöhen die Sicherheit. Auch gemeinsame Brandschutzübungen mit Fokus auf Vegetationsbrände können hilfreich sein.

Insgesamt ist also ein Zusammenwirken aus Information, Anpassung des öffentlichen Raumes und präventiver Arbeit mit der Feuerwehr notwendig, um das Risiko zukünftiger Waldbrände zu minimieren.

11. GESAMTENERGIEBILANZ

Die Gesamtenergiebilanz für den Sektor Wärme sind in Tabelle 11-1 dargestellt.

Im Status quo betragen die CO₂-Emissionen im Wärmesektor insgesamt 571 t pro Jahr. Diese resultieren aus dem Einsatz von Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Heizstrom und der Versorgung über das Bestandswärmenetz.

Im betrachteten Zukunftsszenario werden die fossilen Energieträger Heizöl, Erdgas und Flüssiggas und Heizstrom zu 80 % durch die Erweiterung des Fernwärmenetzes und den Anschluss einer entsprechenden Anzahl von Gebäuden ersetzt. Die Wärmeversorgung erfolgt überwiegend über geplante Wärmepumpen sowie ergänzend über Holz- und Pelletheizungen. Der gesamte Heizenergiebedarf bleibt mit 2.032 MWh/a konstant, der Endenergiebedarf steigt aufgrund der Netzverluste um 2 % leicht von 2.407 auf 2.444 MWh/a an, während sich der Primärenergiebedarf von 2.358 MWh/a um 48 % auf 1.232 MWh/a reduziert.

Die CO₂-Emissionen im Wärmesektor sinken dadurch auf 240 t/a, was einer absoluten Einsparung von 331 t/a bzw. einer relativen Minderung von 58 % gegenüber dem Status quo entspricht.

Weiterhin ist zu erwarten, dass ein Teil der Gebäude in den kommenden Jahren ganz oder teilweise saniert werden. In der Darstellung der Sanierungsquote wurden die Einsparungen auf den Ist-Zustand bezogen. Da diese Prozesse der Umstellung der Heizung und der Sanierung parallel ablaufen, werden im Rahmen der Gesamtenergiebilanz die Einsparungen durch Sanierungen auf die Energiebilanz nach Umstellung der Wärmeversorgung bezogen. Bei einer Sanierungsrate in Höhe von 2 % ist eine Einsparung von 20 % des Heizenergiebedarfs möglich. Die CO₂-Emissionen des Wärmesektors sinken infolgedessen um weitere 48 t/a auf 192 t/a. Insgesamt ergibt sich gegenüber dem Ausgangszustand eine Reduktion der CO₂-Emissionen im Wärmesektor um rund 66 %.

Tabelle 11-1: Gesamtenergiebilanz des Quartiers

		Energieträger	Heiz- energie- bedarf	End- energie- bedarf	Primär- energie- bedarf	CO ₂ -Ausstoß	
			[MWh]	[MWh]	[MWh]	[t]	
Wärme	Status quo	Heizöl	740	870	958	270	
		Erdgas	887	1.043	1.148	250	
		Flüssiggas	60	71	78	19	
		Heizstrom	31	31	56	16	
		Fernwärme	314	392	118	16	
		Summe	2.032	2.407	2.358	571	
	Nach Errichtung Fernwärmenetz	Heizöl	224	264	290	82	
		Erdgas	274	322	355	77	
		Flüssiggas	18	21	23	5	
		Heizstrom	9	9	16	5	
		Fernwärme	1.503	1.828	548	71	
		Summe	2.028	2.444	1.232	240	
		Einsparung abs.	4	-37	1.126	331	
		Einsparung rel.	0 %	-2 %	48 %	58 %	
	Sanierungsrate 2 %						
			Einsparung rel.	20 %	20 %	20 %	20 %
			Einsparung abs.	406	489	246	48
			Summe nach Sanierung	1.626	1.955	985	192
	Gesamtsumme Status Quo (Wärme)			2.028	2.407	2.358	571
	Gesamtsumme 2050 (Wärme)			1.626	1.955	985	192
Gesamteinsparung absolut			402	452	1.372	379	
Gesamteinsparung relativ			20 %	19 %	58 %	66 %	

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.

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. So gibt es typische Äußerungen, die z. B. in bilateralen Gesprächen während der Energieberatungen vor Ort immer wieder zu hören sind:

- „Die Energiepreise steigen, aber mich überfordert die Fülle der technischen Möglichkeiten zur energetischen Sanierung.“
- „Ich bekomme keine Energieberatung und keine Angebote von den Handwerksfirmen.“
- „Die Förderanträge sind zu umständlich und ohne Experten verstehe ich das nicht.“
- „Für wen soll ich denn sanieren? Wir haben doch niemanden, der das Haus übernehmen würde!“
- „Die Sanierungskosten sind einfach zu hoch, das rechnet sich nicht.“
- „Das Thema Gebäudesanierung ist mir zu komplex und da kann man viel falsch machen. Nachher bildet sich noch Schimmel!“

Begegnet werden kann diesen Hemmnissen durch eine kontinuierliche Beratung über die technischen Möglichkeiten und finanziellen Förderungen von Sanierungen. An die Notwendigkeit der jetzt dringenden Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen muss immer wieder erinnert werden.

12.2 LEITUNGSGEBUNDENE WÄRMEVERSORGUNG

12.2.1 TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Wärmenetze wurden bereits von den Römern genutzt. Ihr Bau und Betrieb sind etablierte Vorgehensweisen, die keine technischen Herausforderungen bieten. Die Möglichkeiten der Dämmung der Wärmeleitungen zur Minimierung der Wärmeverluste haben sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verbessert.

Auch bei den hier in Frage kommenden Technologien zur Wärmeerzeugung - Abwärme Biogas-BHKW, Wärmepumpen, Hackschnitzelkessel etc. - handelt es sich um etablierte Technologien.

12.2.2 RECHTLICHE UND ORGANISATORISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Die maßgebliche organisatorische Herausforderung beim Auf- oder Ausbau eines Wärmenetzes besteht in der Klärung der Betreiberfrage. Da hier jedoch bereits ein kleines Wärmenetz existiert und der Betreiber ein grundsätzliches Interesse an der Versorgung weiterer Liegenschaften hat, stellt sich diese Frage nur bedingt. Viel mehr kommt es darauf an, ob ein wirtschaftlich attraktives Angebot unterbreitet werden kann. Dies ist vor allem von der Entwicklung der Baukosten, des Kapitalzinses und den Kosten der dezentralen Versorgung abhängig.

12.2.3 WIRTSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN

Die zentrale wirtschaftliche Herausforderung besteht in der Kostenentwicklung von Wärmenetzsystemen. Die Zurückhaltung bei der Einführung von Wärmenetzsystemen auf Basis erneuerbarer Energieträger in den vergangenen Jahrzehnten, u. a. aufgrund der Verfügbarkeit billiger und vermeintlich sicherer Erdgaslieferungen z. B. aus Russland, hat trotz der bekannten Klimaschutz-Notwendigkeiten zu einem Entscheidungs- und Investitionsstau geführt. Da die Illusion der billigen und sicheren Erdgasversorgung mit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine geplatzt ist, werden nun in sehr vielen Kommunen Wärmenetzsysteme auf Basis regionaler erneuerbarer Energieträger geplant. Dies führt zu einer stark erhöhten Nachfrage, die vermutlich erst im Laufe der Zeit durch zusätzliche Angebote gedeckt werden kann. Somit sind aktuell hohe Kosten und längere Ausführungsfristen zu verzeichnen. Weiter verstärkt wird dies durch im Vergleich zu den vergangenen Jahren deutlich gestiegene Kapitalmarktzinsen.

Aufgrund dieser Faktoren erscheint derzeit der Ausbau des Wärmenetzes in bislang nicht versorgte Teile der Gemeinde Rausdorf nicht als wirtschaftlich.

12.3 MOBILITÄT

Das maßgebliche Hemmnis bei der Ausweitung des ÖPNV-Angebotes (einschließlich von Angeboten wie „Einkaufsbus“) dürften die Kosten sein. Handlungsmöglichkeiten einer Kommune wie Rausdorf sind dabei ausgesprochen begrenzt. Entscheidungen fallen auf Kreisebene und werden maßgeblich beeinflusst durch die vom Land und vom Bund bereitgestellten Mittel.

Bei den anderen hier angesprochenen Maßnahmen sind keine besonderen Hemmnisse zu erkennen.

12.4 PHOTOVOLTAIK

Photovoltaikanlagen sind heute in den unterschiedlichsten Konstellationen fast immer wirtschaftlich - insbesondere dann, wenn eine hohe Eigenverbrauchsquote des erzeugten Stroms gegeben ist. Gerade in der jüngeren Vergangenheit war auch ein deutlicher Verfall der Modulpreise zu verzeichnen. Da es bei den meisten Gebäuden auch keine technischen Restriktionen gibt, empfiehlt sich die Installation von PV-Anlagen auf fast allen Gebäuden, bei denen nicht in den kommenden Jahren Dachsanierungen o. ä. zu erwarten sind.

Das Haupthemmnis für breitere Anwendungen dürften damit Informationsdefizite sein. Gegen diese wurde im Rahmen der dritten öffentlichen Veranstaltung des Quartierskonzeptes angegangen. Die Präsentation wurde auch der nicht an der Veranstaltung beteiligten Öffentlichkeit über die Website der Gemeinde zugänglich gemacht.

12.5 KLIMAAANPASSUNG

Klimaanpassungsmaßnahmen sind auch im ruralen Raum wichtige Bausteine für eine nachhaltige Entwicklung von Dörfern und Gemeinden. Dabei ist zu betonen, dass es sich um langfristig wirkende Maßnahmen handelt, deren Nutzen (vermiedene Schäden, erhöhte Lebensqualität) oft erst beim Eintreten von Extremwetterereignissen in das öffentliche Bewusstsein tritt, wenn sie nicht ausgeführt wurden. Die Kosten von Anpassungsmaßnahmen sind dagegen sofort ersichtlich. Dies erschwert u. U. die politische Diskussion über die Notwendigkeit derartiger Maßnahmen.

Bauliche Maßnahmen in Straßenräumen sind außerdem mit Investitionskosten verbunden, die insbesondere für kleinere Gemeinden Hürden darstellen können. Derzeit gibt es wenig Förderprogramme, die diese Kosten abmildern können.

Die beschriebenen Maßnahmen zur Waldbrandprävention sollten relativ einfach umsetzbar sein.

13. ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

13.1 LENKUNGSGRUPPE

Primäre Aufgabe der Lenkungsgruppe ist die Steuerung des Projektes. Gleichzeitig können ihre lokalen Mitglieder in das Quartier hinein kommunizieren und dienen auch als Resonanzgruppe für Reaktionen aus dem Quartier. Zur Lenkungsgruppe gehörten die Bürgermeisterin, verschiedene weitere Mitglieder der Gemeindevertretung und gemeindlicher Ausschüsse, der ehrenamtliche Klimaschutzmanager der Gemeinde, weitere engagierte Bürger der Gemeinde und die Klimaschutzmanagerin des Amtes Trittau. Geschäftsführend war die Arbeitsgemeinschaft aus IPP ESN und FRANK Teil der Lenkungsgruppe.

Die Lenkungsgruppe trat im Projektverlauf zu vier Sitzungen zusammen, in denen jeweils der Projektstand und Zwischenergebnisse diskutiert und Anregungen für die weitere Arbeit aufgegeben wurden. Die erste Sitzung fand statt am 23. August 2024, die vierte am 11. Juli 2025. Zudem erfolgte im Anschluss an die erste Lenkungsgruppensitzung mit der Lenkungsgruppe eine Quartiersbegehung, die u. a. der Ermittlung verschiedener Baualtersklassen des Quartiers diene.

13.2 ALLGEMEINE ÖFFENTLICHKEIT

Die allgemeine Öffentlichkeit wurde in vier Veranstaltungen eingebunden. Zur Auftaktveranstaltung wurden alle Bewohner*innen des Quartiers per Brief eingeladen, zu den anderen Veranstaltungen u. a. über die WhatsApp-Gruppe der Gemeinde:

- In der Auftaktveranstaltung am 8. November 2024 wurden die anstehenden Arbeiten des Quartierskonzeptes vorgestellt, allgemeine Informationen zu Sanierungsmöglichkeiten gegeben und es konnten Bewerbungen um die Mustersanierungsberatungen abgegeben werden. Auf dieser Veranstaltungen konnte die Teilnehmenden auch Einschätzungen zu ihrer aktuellen Beheizungssituation abgeben (vgl. Abbildung 13-1). Vom ehrenamtlichen Klimaschutzmanager der Gemeinde wurden zudem generell der Klimawandel und seine Folgen sowie Handlungsmöglichkeiten dargestellt.
- Auf der zweiten öffentlichen Veranstaltung am 11. April 2025 wurden die Ergebnisse der Wärmeversorgungsoptionen sowie der Mustersanierungsberatungen vorgestellt.
- Am 25. April 2025 fand das in Kapitel 8 beschriebene BarCamp zum Thema Mobilität statt.
- Am 16. Mai 2025 wurde anhand exemplarischer Betrachtungen die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Anlagen und die Vorgehensweise bei individuellen Ermittlungen über das Solarkataster SH (Stadtwerke Kiel, 2023) aufgezeigt.

Die Beteiligung an allen drei Veranstaltungen war, gemessen an der Größe des Quartiers, rege und umfasste Menschen aus dem gesamten Gemeindegebiet (vgl. Abbildung 13-1).

Die Präsentationen der öffentlichen Veranstaltungen wurden über die Website des Amtes allgemein zugänglich gemacht.

Energetisches Quartierskonzept Rausdorf

Wie heizen Sie?

Heizöl: IIII
 Erdgas: IIIIIII IIII
 Flüssiggas:
 Pellets:
 Wärmepumpe: I
 Wärmenetz Biogasanlage: I
 Sonstiges (bitte angeben!): I (Holz) I I (Strome) I

Was kostet ihre Wärmeversorgung heute pro Jahr (Brennstoff, Wartung / Schornsteinfeger / Reparatur, Investition)? Bitte schätzen Sie!

0 € 1.000 € 2.000 € 3.000 € 4.000 € 5.000 €

Wie alt ist Ihre Heizungsanlage?

5 Jahre 10 Jahre 15 Jahre 20 Jahre

Was ist Ihnen wie wichtiger?

← geringe Kosten heute langfristige Kostenstabilität →

Energetisches Quartierskonzept Rausdorf

Woher kommen Sie?

Falls Ihr Wohnort außerhalb der Karte liegt, bitte Punkt an den Rand in die entsprechende Richtung kleben!



Was ist Ihnen bei der Erarbeitung des Konzeptes wichtig?

Maximal viele Bürger zu beteiligen
 Das wir beschluss und nachhaltige lösungen finden.
 Keine Newkosten

Abbildung 13-1: Befragungsergebnisse und Eindrücke von der ersten öffentlichen Veranstaltung

14. CONTROLLING-KONZEPT

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

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

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

14.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

Die Energie- und CO₂-Bilanz ist in der Überprüfung der Erfolge einer energetischen Quartierssanierung der zentrale Baustein. Die Erfassung von Verbrauchs- und Emissionswerten im Rahmen des Quartierskonzeptes ermöglichte eine eindeutige Beurteilung der Ist-Situation anhand von vergangen Werten. Damit ist auch eine problemlose Fortschreibung der Bilanz möglich.

Die Bilanz über den Ausgangszustand des Wärmebedarfs des Quartiers (Ist-Zustand) ist in Kapitel 5.3 zu finden. Der Fortschritt der energetischen Sanierung wird über die Differenz zwischen Start-Bilanz und der jeweils aktuellen Bilanz deutlich.

14.2 BEWERTUNGSINDIKATOREN

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

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

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

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

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

INDIKATOR	EINHEIT	DATENQUELLE / VERANTWORTLICHE
Anschlussnehmer am Wärmenetz	Anzahl	Wärmenetzbetreiber
Verkaufte Wärmemenge im Netz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Verluste im Wärmenetz	kWh/a bzw. %	Wärmenetzbetreiber
Primärenergiefaktor Wärmenetz	---	Wärmenetzbetreiber
Einsatz dezentraler regenerativer Heizungen	Anzahl	Schornsteinfeger (Verbrennungsheizungen), Stromnetzbetreiber (WP)
Von Heizöl oder Gas auf erneuerbare Energieträger umgestellte Heizungen	Anzahl	Schornsteinfeger (Verbrennungsheizungen), Stromnetzbetreiber (WP)
Primärenergieeinsatz für das Quartier	kWh/a	zu aggregieren (Wärmenetzbetreiber für Nahwärme, Schornsteinfeger für Erdgas, Heizöl, Pellets etc.; Stromnetzbetreiber für WP) / Kommune ²⁴
Installierte Photovoltaikanlagen	Anzahl oder kW _p	Marktstammdatenregister / Kommune ²⁴
CO ₂ -Emissionen	t/a	aus Primärenergieeinsatz abzuleiten / Kommune ²⁴
Anzahl Sanierungs- / Energieberatungen	Anzahl	durch Streichung des Sanierungsmanagements nicht mehr systematisch verfolgbar ²⁴
Sanierte Gebäude (ggf. Differenzierung nach Sanierungsart)	Anzahl	durch Streichung des Sanierungsmanagements nicht mehr systematisch verfolgbar ²⁴
Veranstaltungen zum Energiesparen in privaten Haushalten	Anzahl & Zahl der Teilnehmenden	Kommune ²⁴

14.3 DOKUMENTATION

Ein elementarer Teil der Erfolgskontrolle aller genannten Faktoren ist die fortlaufende Dokumentation der zu erfassenden Daten.²⁴ Die Dokumentation beinhaltet die Sammlung aller notwendigen Daten sowie deren abschließende Auswertung, die beispielsweise in einem jährlichen Bericht erfolgt. Auf Grundlage dieser Auswertung sind im Bedarfsfall Korrekturen der beschlossenen Inhalte des Quartierskonzeptes abzuleiten und umzusetzen. Im Hinblick auf den Aufwand eines vollständigen Controllings und der Zeit, bis Maßnahmen verwirklicht sind, sollte eine Wirkungskontrolle frühestens nach einem Jahr erfolgen.

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

²⁴ In der Systematik des Förderprogramms „KfW 432“ folgte auf das Quartierskonzept, in dem die Möglichkeiten dargestellt werden, das der Umsetzung dienende Sanierungsmanagement. Durch den ersatzlosen Wegfall des Förderprogramms wird nun die weitere Umsetzung und Verfolgung deutlich erschwert.

15. UMSETZUNGSEMPFEHLUNGEN

15.1 MAßNAHMENKATALOGE

Auf Basis der voran gegangenen Untersuchungen ergeben sich die in Tabelle 15-1 dargestellten Haupt-Maßnahmenstränge. In den nachfolgenden Tabellen werden diese noch einmal ausführlicher dargestellt und damit die Inhalte der Kapitel 6 bis 10 nochmals zusammengefasst. Kapitel 15.2 enthält den vorgeschlagenen Zeitplan als Übersicht.

Tabelle 15-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen - Übersicht

AUFGABEN	PRIORITÄT, ZEITPUNKT, AKTEURE
Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten: Erstberatung, ggf. Vermittlung zertifizierter Energieberater	hoch, kontinuierlich, Akteure nach Wegfall des Sanierungsmanagements im Programm „KfW 432“ unklar
Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderliche Versorgungsanlagen außerhalb des Wärmenetzes	mittel, kontinuierlich, Akteure nach Wegfall des Sanierungsmanagements im Programm „KfW 432“ unklar
Erstellung der kommunalen Wärmeplanung unter Nutzung der Ergebnisse des Quartierskonzeptes und Einbindung hier nicht betrachteter Teile der Gemeinde	mittel, bis Mitte 2028, Kommune (ggf. im Konvoi auf Amtsebene)
ggf. punktuelle weitere Hausanschlüsse im Umfeld des bestehenden Wärmenetzes	hoch, kurz- bis mittelfristig, Betreiber
Ansprache der Eigentümer privater Grundstücke, von denen bei Starkregen Überflutungen öffentlicher Straßen ausgehen, Aufforderung zur Behebung	mittel, kurzfristig, Kommune
Installation von Rigolen oder verstärkter Entwässerung an vulnerablen Bereichen	mittel, mittelfristig, Kommune
Maßnahmen zur Waldbrand-Prävention	hoch, kurzfristig, Kommune
Verkehrsberuhigung im Ortskern, Zebrastreifen im Bereich der Bushaltestelle	hoch, mittelfristig, Kommune in Abstimmung mit der Verkehrsbehörde des Kreises Stormarn
Ausweitung ÖPNV / hvv hop	mittel, langfristig, Kommune in Abstimmung mit Kreis
Einrichtung Rentner- / Einkaufsbus	mittel, kurzfristig, Kommune mit Nachbarkommunen
Einrichtung Mitfahrbank + Mitfahrapp	niedrig, mittelfristig, Kommune
Errichtung Fahrradstation	niedrig, mittelfristig, Kommune
Kennzeichnung Wanderwege, Aufstellung Bänke	niedrig, langfristig, Kommune
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig, kontinuierlich, Akteure nach Wegfall des Sanierungsmanagements im Programm „KfW 432“ unklar

Tabelle 15-2: Maßnahmensteckbrief „Vertiefte Sanierungsberatungen“

Maßnahme		Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung			
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Sanierungsaktivität im Quartier • Reduzierung des Wärme- und Endenergiebedarfs im Gebäudebestand • Senkung der Energiekosten für Eigentümer und Mieter • Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zum Klimaschutz • Erhöhter Wohnkomfort 			
Kurzbeschreibung			
<p>Die Baualtersstruktur und der energetische Sanierungsstand der Gebäude im Quartier sind sehr uneinheitlich und reichen von unsanierten Bestandsgebäuden bis hin zu bereits modernisierten Objekten. Wie die bisherigen Beratungsgespräche gezeigt haben, hängen Umfang und Zeitpunkt energetischer Sanierungsmaßnahmen weniger von rein wirtschaftlichen Erwägungen ab, sondern stark von den individuellen Lebenssituationen und Einstellungen der Eigentümer.</p> <p>Vor diesem Hintergrund kommt einer qualifizierten, individuellen Sanierungsberatung eine zentrale Bedeutung zu. Ziel ist es, Eigentümer frühzeitig zu informieren, Hemmschwellen abzubauen und konkrete Handlungsperspektiven aufzuzeigen. Die Beratungen sollen sowohl energetische Verbesserungen der Gebäudehülle als auch Optionen zur Umstellung auf regenerative Wärmeversorgung (z. B. Wärmepumpen, Solarthermie oder Kombinationen mit Photovoltaik) berücksichtigen.</p> <p>Die Maßnahme umfasst niedrigschwellige Erstberatungen sowie bei weitergehendem Interesse die Vermittlung zu zertifizierten Energieberatern, die vertiefte Analysen durchführen und individuelle Sanierungsfahrpläne erstellen können. Damit können sowohl schrittweise Sanierungen als auch umfassendere Modernisierungsvorhaben unterstützt werden. Alternativ bzw. ergänzend können Erstberatungen durch die Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein bzw. durch die vom Land geförderten Beratungen von Haus & Grund, die allen Eigentümern offenstehen, erfolgen, insbesondere vor dem Hintergrund des Wegfalls des Sanierungsmanagements im Rahmen des Programms „KfW 432“.</p>			
Umsetzungsschritte			
<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisierung der Eigentümer zu energetischen Sanierungsmöglichkeiten • Durchführung niedrigschwelliger Erstberatungen • Vermittlung zertifizierter Energieberater • Erstellung individueller Sanierungskonzepte und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen • Unterstützung bei der Beantragung von Fördermitteln • ggf. Überleitung in gemeinsame Beschaffungen (vgl. Tabelle 15-3) 			
Priorität		Umsetzungshorizont	
hoch		kontinuierlich	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung			
<ul style="list-style-type: none"> • Erstberatungen, z. B. durch die Verbraucherzentrale Schleswig-Holstein • Bundesförderung von Wohngebäuden (BEG WG) <ul style="list-style-type: none"> ○ Effizienzhausförderung (KfW-Kredit Programm 261) ○ Einzelmaßnahmen Gebäudehülle (BAFA-Zuschuss) ○ Individueller Sanierungsfahrplan (BAFA-Zuschuss) 			
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune (Klimaschutzbeauftragter) • Verbraucherzentrale oder Haus & Grund • Zertifizierte Energieberater 		<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeeigentümer • mittelbar Mieter 	

Tabelle 15-3: Maßnahmensteckbrief „Gemeinsame Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und Versorgungsanlagen“

Maßnahme	Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderlicher Versorgungsanlagen	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Senkung der Investitionskosten für private Eigentümer durch Mengen- und Skaleneffekte • Reduzierung organisatorischer Hemmnisse bei der Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen und dezentraler Strom- / Wärmeerzeugungsanlagen • Verbesserung der Angebotsqualität und Preistransparenz • Entlastung lokaler Handwerksbetriebe durch gebündelte Ausschreibungen 		
Kurzbeschreibung		
<p>Ein wesentliches Hemmnis für die Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand sind hohe Einzelkosten, aufwendige Angebotsvergleiche sowie begrenzte Kapazitäten im Handwerk. Ähnliches gilt für die Beschaffung von Anlagen zur Wärme- und Stromerzeugung (insbesondere Wärmepumpen und PV-Anlagen). Durch die Koordination gemeinsamer Beschaffungen können mehrere gleichartige oder vergleichbare Maßnahmen gebündelt werden, um wirtschaftliche Vorteile zu erzielen und den Umsetzungsprozess für die Eigentümer zu vereinfachen.</p> <p>Die Maßnahme zielt darauf ab, Sanierungs- und Versorgungsmaßnahmen beispielsweise Dämmarbeiten, Fenstertausch, Heizungsoptimierung oder die Installation erneuerbarer Versorgungsanlagen wie Wärmepumpen oder Photovoltaikanlagen zeitlich und organisatorisch zusammenzufassen. Die koordinierende Person oder Institution übernimmt dabei eine organisierende, moderierende und prüfende Rolle, ohne selbst als Auftraggeber aufzutreten.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Abfrage von Sanierungsinteressen und geplanten Versorgungsanlagen bei den Eigentümern, u. a. im Rahmen individueller Beratungen (vgl. Tabelle 15-2). • Identifikation geeigneter Maßnahmen zur Bündelung • Zeitliche und inhaltliche Koordination gemeinsamer Beschaffungsvorhaben inkl. Qualitäts- und Ausschreibungskriterien • Einbindung geeigneter Fachbetriebe und ggf. Energieberater • Angebotsauswertung • Information der Eigentümer zu Fördermöglichkeiten • Begleitende Kommunikation während der Umsetzungsphase 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
mittel	kontinuierlich	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzter organisatorischer und personeller Aufwand für Koordination und Kommunikation • investive Kosten entstehen auf Seiten der teilnehmenden Eigentümer • Ggf. Kosten für externe Unterstützung (z. B. Energieberatung, Moderation) • Mögliche Förderansätze: <ul style="list-style-type: none"> ○ Effizienzhausförderung (KfW-Kredit Programm 261) ○ Einzelmaßnahmen Gebäudehülle (BAFA-Zuschuss) ○ Individueller Sanierungsfahrplan (BAFA-Zuschuss) 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • Regionale Handwerksbetriebe 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeeigentümer • mittelbar Mieter 	

Tabelle 15-4: Maßnahmensteckbrief „Kommunale Wärmeplanung“

Maßnahme	Erstellung der kommunalen Wärmeplanung unter Nutzung der Ergebnisse des Quartierskonzeptes und Einbindung hier nicht betrachteter Teile der Gemeinde	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Klärung der Optionen für zukunftsfähige Wärmeversorgungen • Schrittweise Dekarbonisierung durch Umstellung auf regenerative Alternativen • Reduzierung der CO₂-Emissionen • Unabhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern, damit Versorgungssicherheit und Preisstabilität • Planungs- und Investitionssicherheit für Eigentümer und Kommune 		
Kurzbeschreibung		
<p>Aufgrund der niedrigen Besiedlungsdichte von Rausdorf sind die Kosten zur Erschließung einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung trotz des bestehenden BHKW strukturell hoch. Zusätzlich haben die zuletzt stark gestiegenen Baukosten für Wärmenetze dazu geführt, dass die Gestehungskosten einer zentralen Versorgung über denen dezentraler Alternativen liegen. Deshalb sollen für Liegenschaften, die nicht im unmittelbaren Umfeld des Bestandswärmenetzes liegen, im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung gezielt dezentrale Versorgungsoptionen geprüft und priorisiert werden. Dies beinhaltet eine systematische Bewertung dezentraler Lösungen (z. B. Wärmepumpen, ggf. PV-unterstützt, Biomasse, Solarthermie) einschließlich technischer Machbarkeit (Gebäude- / Heizsystemeignung), Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit. Ergänzend sollen dort, wo mehrere Gebäude räumlich nahe beieinander liegen, konzeptionell nachbarschaftliche Inselösungen geprüft werden.</p> <p>Gleichzeitig bleibt ein Wärmenetzausbau als spätere Option grundsätzlich offen: Sollten Preisniveau und Kapitalmarktzinsen wieder sinken, kann ein Netzausbau erneut bewertet werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die potenzielle Anschlussquote ausreichend hoch bleibt und nicht durch einen vorzeitigen Umstieg vieler Haushalte auf dezentrale Alternativen so weit sinkt, dass Kostensenkungen durch geringere Anschlussquoten konterkariert werden.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Technisch-wirtschaftliche Prüfung dezentraler Optionen je Teilgebiet / Liegenschaft • Identifikation von Clustern für nachbarschaftliche Inselösungen (räumliche Nähe, Lastkomplementarität, geeignete Standorte) • Festlegung von Prioritäten und Fahrplan • Für den im Quartierskonzept untersuchten Ortskern Aktualisierung der Wirtschaftlichkeitsbewertung (Kosten, Zinsen, Förderung); Option Wärmenetz bei veränderten Rahmenbedingungen erneut prüfen 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
mittel	bis Mitte 2028	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Planungs- und Gutachterkosten für kommunale Wärmeplanung + ggf. vertiefende Konzeptprüfungen • Investive Folgekosten entstehen erst in der Umsetzung (Heizungstausch, ggf. nachbarschaftliche Wärmelösungen / Inselnetze, Erzeugungsanlagen) • Finanzierung durch Konnexitätsmittel 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune (ggf. im Konvoi auf Amtsebene) • Externer Dienstleister 	<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeeigentümer • mittelbar Mieter 	

Tabelle 15-5: Maßnahmensteckbrief „Weitere Hausanschlüsse Wärmenetz“

Maßnahme		punktuelle weitere Hausanschlüsse im Umfeld des bestehenden Wärmenetzes	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung			
<ul style="list-style-type: none"> • Dekarbonisierung durch Umstellung auf regenerative Wärmeversorgung • Reduzierung der CO₂-Emissionen 			
Kurzbeschreibung			
<p>Für die meisten Liegenschaften kommt derzeit aufgrund der Kosten von Wärmenetzen kein Anschluss an ein auszubauendes Wärmenetz in Frage. Bei den Liegenschaften in unmittelbarer Nachbarschaft des kleinen bestehenden Wärmenetzes könnten jedoch Anschlussmöglichkeiten geprüft werden. Attraktiv sein könnte dies</p> <ul style="list-style-type: none"> • wo lediglich kurze Leitungstrecken durch idealerweise unversiegelte Flächen gelegt werden müssen, • sofern die zusätzlich benötigte Leistung ohne Erweiterungen der bestehenden Anlage gedeckt werden könnte, • sofern noch ein längerfristiger Betrieb des BHKW erwartet werden kann. 			
Umsetzungsschritte			
<ul style="list-style-type: none"> • Klärung der zumindest mittelfristigen Perspektive zum Weiterbetrieb des Biogas-BHKW • Berechnung der Kosten zusätzlicher Hausanschlüsse • Ansprache der betroffenen Hauseigentümer • ggf. Förderanträge BEG EM stellen • Hausanschlüsse erstellen 			
Priorität		Umsetzungshorizont	
hoch		kurzfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung			
<ul style="list-style-type: none"> • begrenzte Planungskosten • Förderung durch „Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) für private Haushalte - Förderung des Heizungstauschs“ 			
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Betreiber des Biogas-BHKW 		<ul style="list-style-type: none"> • benachbarte Gebäudeeigentümer 	

Tabelle 15-6: Maßnahmensteckbrief „Grundstücke mit Straßenüberflutung bei Starkregen“

Maßnahme		Ansprache der Eigentümer privater Grundstücke, von denen bei Starkregen Überflutungen öffentlicher Straßen ausgehen	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung			
<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Überspülungen des Straßenraumes bei Starkregenereignissen • Entlastung von Straßenablauf und Gullis • Sicherheit für Autoverkehr und Fußgänger 			
Kurzbeschreibung			
<p>Da von einigen privaten Grundstücken Oberflächenwasser auf öffentliche Straßen abfließt, ist die Einbindung der Eigentümer entscheidend. Durch Entsiegelung von Auffahrten, den Einsatz wasserdurchlässiger Beläge und die Anlage kleiner Mulden oder Rigolen auf dem Grundstück kann Regenwasser zurückgehalten werden. Regenwassernutzung, etwa über Zisternen oder Regentonnen, reduziert zusätzlich den direkten Abfluss bei Starkregen. Wichtig ist eine gezielte Information und Beratung, um Bewusstsein für Risiken und Handlungsmöglichkeiten zu schaffen. Um den Abfluss von Grundstücken in den Straßenraum zukünftig zu vermeiden kann eine Sensibilisierung der Bevölkerung z. B. auch im Rahmen eines Infoabends sinnvoll sein.</p>			
Umsetzungsschritte			
<ul style="list-style-type: none"> • Prüfung, inwiefern rechtliche Verpflichtungen maßgeblicher Grundstückseigentümer zur Gefahrenabwehr bestehen • Ansprache der maßgeblichen Grundstückseigentümer • Informationsveranstaltung zum Thema Regenwasserabfluss und Regenwassernutzung, ggf. mit Klimaschutzmanagement Trittau oder kommunalem Klimaschutzbeauftragten 			
Priorität		Umsetzungshorizont	
mittel		kurzfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung			
<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Kosten, auf Seiten der verantwortlichen Eigentümer 			
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • Klimaschutzmanagement Trittau 		<ul style="list-style-type: none"> • relevante Grundstückseigentümer 	

Tabelle 15-7: Maßnahmensteckbrief „Rigolen“

Maßnahme	Installation von Rigolen oder verstärkter Entwässerung an vulnerablen Bereichen	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Entlastung von Straßenablauf und Gullis • Förderung der Versickerungsfähigkeit von Böden und Vermeidung von Überspülungen des Straßenraumes bei Starkregenereignissen • Sicherheit für Autoverkehr und Fußgänger • Verbesserung des lokalen Wasserhaushalts 		
Kurzbeschreibung		
<p>Um Überspülungen nach Starkregenereignissen an den identifizierten Straßenräumen zu vermeiden, ist es naheliegend, die Versickerungsfähigkeit zu stärken. Ziel ist es, Niederschlagswasser möglichst dort zurückzuhalten, wo es anfällt, anstatt es schnell abzuleiten. Maßnahmen wie Versickerungsflächen, Mulden-Rigolen-Systeme oder durchlässige Oberflächen tragen dazu bei, Abflussspitzen zu reduzieren und Entwässerungssysteme zu entlasten. Alternativ können ggf. größere Gullys oder Sinkkästen eingebaut werden. In einem ersten Schritt kann jedoch geprüft werden, inwieweit grün gestaltete Mulden oder Vegetationsstreifen als natürliche Rückhalteräume umgesetzt werden können. Diese sind kostengünstig, passen allerdings nicht in jeden Straßenraum (z. B. bei fehlendem Platz neben der Fahrbahn). Zusätzlich ist bei solchen Maßnahmen häufig die Kooperation der Eigentümer von angrenzenden Grundstücken notwendig. Insgesamt stärken die genannten Lösungen die Klimaresilienz von Rausdorf und verbessern langfristig den lokalen Wasserhaushalt.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation der Herkunft des Oberflächenwassers (z. T. bereits geschehen) • Ggf. Ansprache betroffener Grundstückseigentümer • In Absprache mit dem Amt Trittau (Fachbereich Bau- und Projektmanagement): Maßnahmenentwicklung für die einzelnen Straßenabschnitte • Ggf. Beauftragung von Unternehmen wie Straßenbauunternehmen oder GaLa-Bauunternehmen 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
mittel	mittelfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Kosten für den Austausch der Straßenbeläge zu Gunsten von versickerungsfähigen Belägen, Aufwand durch Baustelle und Straßensperrung • Hohe Kosten für neue Gullis / Sinkkästen oder Rigolen, Aufwand durch Baustelle und Straßensperrung • Geringe Kosten und geringer Aufwand für Einrichtung von Vegetationsstreifen oder Mulden 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune 	<ul style="list-style-type: none"> • mittelbar alle Nutzer der betroffenen Straßen & Wege 	

Tabelle 15-8: Maßnahmensteckbrief „Waldbrand-Prävention“

Maßnahme		Waldbrand-Prävention	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung			
<ul style="list-style-type: none"> • Verhinderung von Waldbränden • Schutz der Bevölkerung • Schutz der Natur 			
Kurzbeschreibung			
<p>Um Waldbrände durch unachtsames Verhalten wirksam zu verhindern, empfiehlt sich ein Bündel präventiver Maßnahmen. Zentrale Elemente sind eine gut sichtbare Beschilderung mit Piktogrammen sowie eine regelmäßige Information der Öffentlichkeit über aktuelle Waldbrandgefahren, ergänzt durch temporäre Sperrungen des Waldparkplatzes Rausdorf im Heideweg und verstärkte Kontrollen bei hoher Gefahrenlage. Zusätzlich kann eine angepasste Infrastruktur helfen, etwa durch einen „feuerfesten“ Grillplatz mit Löschmöglichkeiten und klaren Notfallinformationen. Entscheidend ist dabei die enge Zusammenarbeit mit der Freiwilligen Feuerwehr, um Prävention und schnelle Reaktion im Ernstfall sicherzustellen.</p>			
Umsetzungsschritte			
<ul style="list-style-type: none"> • Aufstellung eines Hinweisschildes bzgl. Grill- / Rauchverbot • Prüfung der Einrichtung eines sicheren Grillplatzes in Absprache mit der freiwilligen Feuerwehr • Ggf. verstärkte Kontrollen ab Frühling durch Gemeinde oder Forstamt 			
Priorität		Umsetzungshorizont	
hoch		kurzfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung			
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhter Aufwand durch verstärkte Kontrollen • Geringe Kosten für Beschilderung und Einrichtung / Ausweisung eines „feuerfesten“ Grillplatzes 			
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • Freiwillige Feuerwehr • Wald-Eigentümer 		<ul style="list-style-type: none"> • Wald-Eigentümer • gesamte Bevölkerung 	

Tabelle 15-9: Maßnahmensteckbrief „Verkehrsberuhigung / Zebrastreifen“

Maßnahme		Verkehrsberuhigung im Ortskern, Zebrastreifen im Bereich der Bushaltestelle	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung			
<ul style="list-style-type: none"> • reduzierte Lärmbelästigung • reduzierte Unfallgefahr 			
Kurzbeschreibung			
<p>Durch Ausweisung von Tempo 30 im gesamten Ortsbereich reduziert sich die Lärmbelastung vor allem für die Anwohner der Hauptstraße (L 160) und der Großenseer Straße (K 105). Zudem wird das Unfallrisiko verringert.</p> <p>Der Verringerung des Unfallrisikos dient auch die Errichtung eines Fußgängerüberwegs („Zebrastreifen“) auf der Hauptstraße im Bereich des Bürgerhauses, wo sich auch die Bushaltestelle Papendorfer Weg befindet. Besondere Relevanz hat dies für Kinder und Jugendliche, da sich Schulen ausschließlich in Nachbarorten befinden und somit viele Schüler auf den ÖPNV angewiesen sind.</p>			
Umsetzungsschritte			
<ul style="list-style-type: none"> • Beschluss der Gemeindevertretung fassen • Antrag an die Verkehrsbehörde des Kreises stellen, in dem die zwingende Erfordernis der Ausweisungen darzulegen ist 			
Priorität		Umsetzungshorizont	
hoch		mittelfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung			
<ul style="list-style-type: none"> • geringe Kosten für Beschilderung und Markierung 			
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune (Antrag) • Verkehrsbehörde des Kreises Stormarn: Fachdienst 44 - Straßenverkehrsangelegenheiten (Bewilligung) 		<ul style="list-style-type: none"> • alle Verkehrsteilnehmer, insbesondere Nutzer des ÖPNV wie z. B. Schüler • Anwohner der betroffenen Straßen 	

Tabelle 15-10: Maßnahmensteckbrief „Ausweitung ÖPNV / hvv hop“

Maßnahme		Ausweitung ÖPNV / hvv hop	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung			
<ul style="list-style-type: none"> • Verschiebung des Modal Split vom MIV zum ÖPNV • Verminderung der Emissionen von CO₂, Luftschadstoffen und Schall • Reduzierung des Unfallaufkommens • verstärkte Teilhabe von Menschen, denen der MIV nicht oder nur bedingt zur Verfügung steht • im Idealfall Ressourcenschonung durch Reduzierung der Anzahl der Kfz. (zumindest Zweit- oder Drittwagen) 			
Kurzbeschreibung			
<p>Durch eine Ausweitung des ÖPNV-Angebotes insbesondere in die Nachbarorte Trittau und Witzhave sowie in Richtung Hamburg kann die Abhängigkeit der Einwohner Rausdorfs vom PKW reduziert werden. Wo ein entsprechendes Verkehrsaufkommen zu erwarten ist, kann dies durch Linienbusse erfolgen. Ansonsten wäre das on-demand-Angebot „hvv hop“ zu nutzen, das auf Witzhave ausgedehnt werden müsste.</p>			
Umsetzungsschritte			
<ul style="list-style-type: none"> • Abstimmung mit Nachbargemeinden, um „Verbündete“ zu gewinnen • Ansprache des Kreises als ÖPNV-Aufgabenträger 			
Priorität		Umsetzungshorizont	
mittel		langfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung			
<p>Kosten hängen von genauer Ausgestaltung ab. Förderung ist in bereits bestehende ÖPNV-Finanzierung einzubinden.</p>			
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • Kreis 		<ul style="list-style-type: none"> • Einwohner Rausdorfs • Besucher Rausdorfs 	

Tabelle 15-11: Maßnahmensteckbrief „Rentner- / Einkaufsbus“

Maßnahme	Einrichtung Rentnerbus / Einkaufsbus	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Verschiebung des Modal Split vom MIV zum ÖPNV • Verminderung der Emissionen von CO₂, Luftschadstoffen und Schall • Reduzierung des Unfallaufkommens • verstärkte Teilhabe von Menschen, denen der MIV nicht oder nur bedingt zur Verfügung steht • im Idealfall Ressourcenschonung durch Reduzierung der Anzahl der Kfz. (zumindest Zweit- oder Drittwagen) 		
Kurzbeschreibung		
<p>Speziell für Besuche des Wochenmarktes, aber auch zu anderen Zwecken könnten Senioren zweimal pro Woche zu definierten Zeiten nach Trittau und nach etwa drei bis vier Stunden Aufenthalt wieder zurück gefahren werden. Bei Bedarf (eingeschränktes Gehvermögens) werden sie auch zu Hause abgeholt. Ein vergleichbares Angebot besteht auf ehrenamtlicher Basis und unter Nutzung eines Kleinbusses des Sportvereins in der Nachbargemeinde Großensee. Ggf. könnte das Angebot für beide Orte kombiniert werden.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Kontaktaufnahme mit den Organisatoren in Großensee • sofern keine Kooperation mit Großensee möglich ist, Bereitstellung eines eigenen Fahrzeugs für Rausdorf • Klärung von Versicherungsfragen • Klärung von Fördermöglichkeiten • Identifikation ehrenamtlicher Fahrer 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
mittel	kurzfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Bei Einsatz ehrenamtlicher Fahrer sind die Kosten begrenzt auf die Bereitstellung und Nutzung des Fahrzeugs • evtl. Förderung durch AktivRegion Holsteins Herz 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • zu identifizierende Ehrenamtliche 	<ul style="list-style-type: none"> • Senioren • andere mobilitätseingeschränkte Menschen 	

Tabelle 15-12: Maßnahmensteckbrief „Mitfahrbank / Mitfahrapp“

Maßnahme	Einrichtung Mitfahrbank / Mitfahrapp	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<p>Zusammenlegung von Fahrten mit dem MIV, dadurch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Emissionen von CO₂, Luftschadstoffen und Schall • Reduzierung des Unfallaufkommens • verstärkte Teilhabe von Menschen, denen der MIV nicht oder nur bedingt zur Verfügung steht • im Idealfall Ressourcenschonung durch Reduzierung der Anzahl der Kfz. (zumindest Zweit- oder Drittwagen) 		
Kurzbeschreibung		
<p>Ursprungskonzept der Mitfahrbänke ist, dass an stärker befahrenen Straßen Bänke (im Idealfall überdacht, ggf. kombiniert mit Bushaltestellen) aufgestellt werden. Über Schilder mit den häufigsten Zielen können Wartende anzeigen, wohin sie möchten, so dass sie von passierenden Autos spontan mitgenommen werden können.</p> <p>In der Praxis werden diese Bänke in Schleswig-Holstein selten genutzt, da ungewiss ist, ob es zu Mitfahrmöglichkeiten kommt. Insofern können sie über Mitfahrapps aufgewertet werden, in denen bereits im Vorfeld Angebote und Bedarfe angemeldet und verknüpft werden. Dies schafft zum einen Zuverlässigkeit und zum anderen eine erhöhte Sicherheit für Fahrende und Mitfahrende, da bei Übergriffen o. ä. die Beteiligten Personen ermittelbar sind. Zudem wäre die App auch für Rückfahrten in den Ort nutzbar.</p> <p>Grundsätzlich könnte eine App die Bank sogar überflüssig machen, da gerade in kleineren Orten wie Rausdorf auch eine Abholung zu Hause möglich wäre. Ein oder zwei zentrale Orte könnten das Einsteigen aus Sicht der Fahrer aber erleichtern.</p> <p>Entsprechende Apps sind verfügbar und teilweise für Kommunen kostenfrei und mit höherem Komfort sowie Individualisierungsmöglichkeiten auch kostenpflichtig nutzbar.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Klärung von einem oder mehreren Standort/en der Bank / Bänke (z. B. kombiniert mit bestehenden Bushaltestellen) und der jeweils anfallenden Kosten • Auswahl einer geeigneten App und gewünschter Leistungen und Individualisierungen • Klärung von Fördermöglichkeiten • Beschluss der Gemeindevertretung • Aufstellen der Bänke • Installation der App • Kommunikation im Ort 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
niedrig	mittelfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • ggf. Kosten für Bänke und Unterstellmöglichkeiten, sofern nicht an Bushaltestellen wie Papendorfer Weg bereits vorhanden • je nach gewünschter App, Individualisierung und Leistungen fallen einmalige und / oder laufende Kosten der App an • evtl. Förderung durch AktivRegion Holsteins Herz 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewohner • Besucher 	

Tabelle 15-13: Maßnahmensteckbrief „Fahrradstation“

Maßnahme	Errichtung Fahrradstation	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Verstärkte Fahrradnutzung durch Attraktivitätssteigerung, sowohl im Alltag als auch im touristischen Bereich • weniger Fahrten mit dem MIV und damit verbundene Entlastungen (vgl. Tabelle 15-12) • Gesundheitsförderung 		
Kurzbeschreibung		
<p>Eine Fahrradstation enthält das gebräuchlichste Werkzeug für Reparaturen am Fahrrad, Luftpumpe mit Anschlüssen für alle üblichen Ventile (beides befestigt, um Diebstahl zu vermeiden), ggf. Flickzeug für Reifenpannen und ggf. auch Lademöglichkeit für Pedelecs und E-Bikes. Idealerweise wird sie kombiniert mit einer Sitz- und Unterstellmöglichkeit.</p> <p>Bewohner des Ortes, durchreisende Alltagspendler sowie Touristen können so ihr Fahrrad im Falle einer Panne auch bei fehlendem eigenem Werkzeug reparieren und ggf. ihren Akku aufladen.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Klärung des gewünschten Umfangs und der daraus resultierenden Kosten • Klärung von Fördermöglichkeiten • Identifikation von Verantwortlichen für die laufende Betreuung (Prüfung auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit, bei Bedarf Beschaffung von Ersatz) • Identifikation eines Ortes, z. B. am Bürgerhaus • Beschluss der Gemeindevertretung • Beschaffung und Aufbau der Station • Kommunikation im Ort und in der Region 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
niedrig	mittelfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Kosten abhängig von der Ausgestaltung • evtl. Förderung durch die AktivRegion Holsteins Herz 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • zu identifizierende Ehrenamtliche 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewohner von Rausdorf • durchfahrende Alltagspendler • Touristen 	

Tabelle 15-14: Maßnahmensteckbrief „Wanderwege & Bänke“

Maßnahme	Kennzeichnung Wanderwege, Aufstellung Bänke	
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
<ul style="list-style-type: none"> • Sport- und Gesundheitsförderung • Attraktivitätssteigerung des Ortes • Verringerung des Ausflugverkehrs von Ortsansässigen durch Betätigungsmöglichkeiten vor Ort, dadurch weniger Fahrten mit dem MIV und damit verbundene Entlastungen (vgl. Tabelle 15-12) 		
Kurzbeschreibung		
<p>Wanderwege werden, wo erforderlich, neu identifiziert, ggf. wieder besser begehbar gemacht, ausgeschildert und mit Bänken versehen. Das sich ergebende lokale Wandernetz wird online als Karte und in Apps wie z. B. Komoot sowie an geeigneten Stellen (z. B. Bürgerhaus oder Bushaltestelle) als Aushang dargestellt.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation des Wandernetzes, ggf. unter Einbindung regionaler und überregionaler Verbindungen • Prüfung auf nötige Lückenschlüsse, Instandsetzungen etc. • Identifikation geeigneter Standorte für Bänke (ggf. auch Tische und Unterstellmöglichkeiten) • Abstimmung mit den jeweiligen Wald- / Grundstückseigentümern • Klärung der ehrenamtlich möglichen Leistungen, der (verbleibenden) Kosten und von Fördermöglichkeiten • Beschluss der Gemeindevertretung • Umsetzung 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
niedrig	langfristig	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Kosten abhängig von Umfang, Ausgestaltung und Höhe des ehrenamtlichen Engagements • evtl. Förderung durch die AktivRegion Holsteins Herz 		
Verantwortliche Akteure	Zielgruppe	
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune • Ehrenamtliche • Wald- / Grundstückseigentümer 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewohner • Gäste 	

Tabelle 15-15: Maßnahmensteckbrief „Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen und operative Umsetzung“

Maßnahme		Dokumentation der umgesetzten Maßnahmen und operative Umsetzung eines Controlling-Konzeptes
Ziel und Mehrwert der Maßnahme / Wirkung		
Sicherstellung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit aller umgesetzten Maßnahmen im Rahmen der kommunalen Wärme- und Sanierungsstrategie. Durch ein kontinuierliches Controlling können Fortschritte überprüft, Zielabweichungen frühzeitig erkannt und zukünftige Maßnahmen gezielt angepasst werden.		
Kurzbeschreibung		
<p>Zur systematischen Begleitung der Maßnahmen soll ein kontinuierliches Controlling etabliert werden. Dieses umfasst die fortlaufende Erfassung der relevanten Parameter gemäß Tabelle 14-1 sowie die regelmäßige Auswertung der Kennzahlen.</p> <p>Auf Basis der erhobenen Daten können Fortschritte bei Energieverbrauch, Emissionsminderung und sonstiger Umsetzung überprüft werden. Das Controlling dient zudem als Grundlage für Berichte an politische Gremien sowie zur Information der Öffentlichkeit. Durch die laufende Erfolgskontrolle können Maßnahmen bei Bedarf angepasst oder priorisiert werden.</p>		
Umsetzungsschritte		
<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von Zuständigkeiten und Abläufen zur Datenerfassung • Laufende Erfassung der relevanten Parameter • Regelmäßige Auswertung der Ergebnisse (z. B. jährlich) 		
Priorität	Umsetzungshorizont	
niedrig	laufend	
Aufwand / Kosten / Mögliche Förderung		
<ul style="list-style-type: none"> • Personeller Aufwand für Datenerhebung, Auswertung und Berichterstellung • ggf. geringe Sachkosten (z. B. Software, Datenmanagement, Datenbereitstellung durch Dritte) 		
Verantwortliche Akteure		Zielgruppe
<ul style="list-style-type: none"> • Kommune (Klimaschutzbeauftragter) • Klimaschutzmanagerin des Amtes 		<ul style="list-style-type: none"> • Kommunale Entscheidungsträger • Öffentlichkeit

15.2 ZEITPLAN

Aus der bei den einzelnen Maßnahmen beschriebenen Priorisierung leitet sich der in Tabelle 15-16 dargestellte indikative Zeitplan für die Umsetzung der Maßnahmen ab. Eine Unterstützung durch ein Sanierungsmanagement im Rahmen eines wieder eingeführten Programms „KfW 432“ wäre bei vielen Punkten hilfreich, bei einigen vermutlich sogar Voraussetzung für die Umsetzungen. Entsprechende Punkte sind bei „Akteur/e“ mit „ggf. SM“ gekennzeichnet.

Tabelle 15-16: Indikativer Zeitplan der Maßnahmenumsetzung

Aufgaben	Akteur/e	2025	2026				2027				2028	2029	später
			Q I	Q II	Q III	Q IV	Q I	Q II	Q III	Q IV			
Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten: Erstberatung, ggf. Vermittlung zertifizierter Energieberater	Klimaschutzbeauftragter Kommune (Bewerbung, Vermittlung), ggf. SM												
Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderlicher Versorgungsanlagen außerhalb des Wärmenetzes	ggf. SM												
Erstellung der kommunalen Wärmeplanung unter Nutzung der Ergebnisse des Quartierskonzeptes und Einbindung hier nicht betrachteter Teile der Gemeinde	Kommune (ggf. im Konvoi)												
ggf. punktuelle weitere Hausanschlüsse im Umfeld des bestehenden Wärmenetzes	Betreiber, ggf. SM												
Ansprache der Eigentümer privater Grundstücke, von denen bei Starkregen Überflutungen öffentlicher Straßen ausgehen, Aufforderung zur Behebung	Kommune, ggf. SM												
Installation von Rigolen oder verstärkter Entwässerung an vulnerablen Bereichen	Kommune, ggf. SM												
Maßnahmen zur Waldbrand-Prävention	Kommune, ggf. SM												
Verkehrsberuhigung im Ortskern, Zebrastrifen im Bereich der Bushaltestelle	Kommune, ggf. SM												
Ausweitung ÖPNV / hvv hop	Kommune, ggf. SM												
Einrichtung Rentner- / Einkaufsbus	Kommune, ggf. SM												
Einrichtung Mitfahrbank + Mitfahrapp	Kommune, ggf. SM												
Errichtung Fahrradstation	Kommune, ggf. SM												
Kennzeichnung Wanderwege, Aufstellung Bänke	Kommune, ggf. SM												
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	Klimaschutzbeauftragter Kommune, Amt, ggf. SM												

SM = Durchführung oder Unterstützung durch ein Sanierungsmanagement im Rahmen des Programms "KfW 432" (bei Wiederaufnahme)

16. LITERATURVERZEICHNIS

- Agentur für erneuerbare Energien. (2020). *Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen 2018*. Abgerufen am 18. Dezember 2024 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-nach-anwendungsbereichen-2018>
- Agora Energiewende. (November 2023). *Der CO2-Preis für Gebäude und Verkehr*. Abgerufen am 4. Dezember 2024 von https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-26_DE_BEH_ETS_II/A-EW_311_BEH_ETS_II_WEB.pdf
- BAFA. (2022). *Allgemeines Merkblatt zur Antragstellung. Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BE EM) - Zuschuss*. Abgerufen am 27. September 2022 von <https://cci-dialog.de/wp-content/uploads/2021/01/Merkblatt-Antragstellung-2.pdf>
- BAFA. (2024). *Bundesförderung Energieberatung für Nichtwohngebäude*. Abgerufen am 18. Dezember 2024 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebäude/energieberatung_wohngebäude_node.html
- BAFA. (2024 a). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 4. Juli 2024 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebäude/Sanierung_Wohngebäude/sanierung_wohngebäude_node.html
- BAFA. (o. J.). *Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 16. Juni 2023 von https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_em_foerderuebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=10
- BAFA. (o. J. a). *Sanierung Nichtwohngebäude - Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle*. Abgerufen am 18. Dezember 2024 von https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebäude/Sanierung_Nichtwohngebäude/Gebäudehülle/gebäudehülle_node.html
- BfA. (Juni 2024). *Jahresdaten zu Ein- und Auspendlern für Kreise und Gemeinden in Deutschland - Rausdorf*. Abgerufen am 10. Juni 2025 von https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Pendler/Pendler-Nav.html?Thema%3DAuspendler%26DR_Jahr%3D2024%26DR_Land%3D01000000%26DR_Kreis%3D01062%26DR_Gemeinde%3D01062058%26DR_Gebiete%3Dall%26toggle-switch%3D1
- BMWK. (2023). *Bundesanzeiger - Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude BEG. Einzelmaßnahmen (BEG EM)*. Abgerufen am 2. Januar 2023 von https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/PDF-Anlagen/BEG/bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-gebäude-einzelmaßnahmen-20231229.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- BMWK. (2024). *Clever energieeffizient sanieren – mit Geld vom Bund*. Abgerufen am 27. März 2024 von <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Foerderprogramme/B-beg-wg-sanieren.html>

- BMWK. (o. J.). *Auf einen Blick: Die neue Förderung für den Heizungstausch*. Abgerufen am 15. Januar 2024 von https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Downloads/foerderung-heizungstausch-beg.pdf?__blob=publicationFile&v=18
- BMWT & BMU. (2010). *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. Abgerufen am 15. Juli 2024 von https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Bundesnetzagentur. (o. J.). *Marktstammdatenregister*. Abgerufen am 12. August 2024 von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheiten uebersicht>
- C.A.R.M.E.N. (2024). *Marktüberblick - Energieholz - Pelletpreise*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-pellets/>
- Deutsche Börse AG. (o. J.). *Kohlendioxid (CO2 Emissionsrechte)*. Frankfurt. Abgerufen am 8. Juli 2024 von <https://www.boerse-frankfurt.de/rohstoff/kohlendioxid-co2-emissionsrechte>
- DWD. (2023). *Klimareport Schleswig-Holstein*. Abgerufen am 20. Mai 2025 von https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareport_sh/klimareport_sh_download.pdf;jsessionid=0A86EC11C974C0C2B35E92679AFE7529.live31094?__blob=publicationFile&v=9
- Energis. (1. Januar 2021). *Die Strompreisentwicklung in Deutschland*. Abgerufen am 26. März 2025 von <https://energis.de/ratgeber/strom/strompreisentwicklung>
- Haus & Grund SH. (o. J.). *Vor-Ort-Energieberatung*. Abgerufen am 26. Juni 2025 von <https://www.hausundgrund.de/verband/schleswig-holstein/vor-ort-energieberatung>
- IfEU. (November 2019). *Bilanzierungs-Systematik Kommunal*. Abgerufen am 13. März 2021 von https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BISKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf
- IPP ESN. (6. September 2019). *Potenzialstudie Wasserstoffwirtschaft*. Abgerufen am 19. Oktober 2021 von https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte_studien/2019-09-06_Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf
- IWU. (Februar 2015). *Deutsche Wohngebäudetypologie*. Abgerufen am 22. September 2022 von https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf
- KfW. (2023). *Wohngebäude Kredit - 261*. Abgerufen am 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. (2024). *Aktuelle Informationen zur Heizungsförderung*. Abgerufen am 27. März 2024 von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Heizungsf%C3%B6rderung/>
- KfW. (o. J. a). *Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*. Abgerufen am 17. Oktober 2021 von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude/>

- KfW. (o. J. b). *Die Effizienzhaus-Stufen für bestehende Immobilien und Baudenkmale*. Abgerufen am 12. Dezember 2022 von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Energieeffizient-sanieren/Das-Effizienzhaus/>
- KfW. (o. J. c). *Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude Kredit*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-und-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Nichtwohngeb%C3%A4ude-Kredit-\(263\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-und-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Nichtwohngeb%C3%A4ude-Kredit-(263)/) abgerufen
- Land Schleswig-Holstein. (19. August 2024). *Klimaschutz und Klimaanpassung in Wald und Forst*. Abgerufen am 14. Juli 2025 von https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/L/landwirtschaft/klimakompetenzzentrum/wald_und_forst
- Meereis, J. (Juni 2023). Wärmezeugung: Immer Pest oder Cholera? *Die Gemeinde*, S. 159 - 163.
- NAH.SH. (o. J.). *SMILE24 - Wir bringen die Region ins Rollen*. Abgerufen am 6. Dezember 2024 von <https://smile24.nah.sh/>
- Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt*. Dresden.
- Riecken, C., & Walther, N. (2009). *Dorfchronik Rausdorf*. Rausdorf.
- Stadtwerke Kiel. (2023). *Solarkataster*. Abgerufen am 6. Dezember 2024 von <https://www.solarkataster-sh.de/>
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (27. Februar 2024). *Zensus Datenbank*. Abgerufen am 24. April 2025 von Rausdorf: <https://ergebnisse.zensus2022.de/datenbank/online/statistic/3000G/table/3000G-1002/search/s/JTlycmF1c2RvcnYIMjAoa3JlaXMIMjBzdG9ybWFyYkIMjI=>
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2023). *Regionaldaten für Laboe*. Abgerufen am 4. Dezember 2024 von <https://region.statistik-nord.de/detail/0000000010000000000/1/350/876/>
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2023). *Regionaldaten für Rausdorf*. Abgerufen am 15. April 2025 von <https://region.statistik-nord.de/detail/0010000000000000000/1/0/1472/>
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (12. Dezember 2024). *Stromerzeugung in Schleswig-Holstein 2023*. Abgerufen am 3. Juni 2025 von https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Presseinformationen/SI24_185.pdf
- Statistisches Bundesamt. (25. Januar 2025). Statistischer Bericht - Daten zur Energiepreisentwicklung - Januar 2024. Wiesbaden, Deutschland. Abgerufen am 21. Juni 2024 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/statistischer-bericht-energiepreisentwicklung-5619001241015.xlsx?__blob=publicationFile
- Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein. (1987). *Ergebnisse der Volkszählung 87*. Abgerufen am 4. Dezember 2024 von

https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/SHMonografie_deprivate_00000028/1226-610.pdf

Umweltbundesamt GmbH. (o. J.). *Nachhaltiges Regenwassermanagement – Was tun mit dem Regenwasser?* Abgerufen am 20. Mai 2025 von <https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/kwa-nl21/kwa-nachh-regenwassermanagement>

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

VdZ e. V. - Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie. (2024). *Intelligent Heizen*. Abgerufen am 13. Januar 2024 von <https://www.vdzev.de/projekte/intelligent-heizen/>

Wambach, A. (21. Januar 2025). *Die meisten sind auf diese Preise nicht vorbereitet*. Abgerufen am 5. Juni 2025 von <https://www.zew.de/das-zew/aktuelles/die-meisten-sind-auf-diese-preise-nicht-vorbereitet#:~:text=Ab%202027%20soll%20dann%20der,zu%20200%20Euro%20pro%20Tonne>.

Zentrum Klimaanpassung. (2019). *Klimaanpassung bei Extremwetterereignissen: Starkregen*. Abgerufen am 20. Mai 2025 von <https://zentrum-klimaanpassung.de/wissen-klimaanpassung/klimawissen/starkregen/special-starkregen>

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

17. ANHANG: DETAILLIERTE BERECHNUNGEN DER VERSORGUNGSVARIANTEN

Tabelle 17-1: Investitionskosten der untersuchten Varianten für das Wärmenetz

Investitionen	Abwärme + Erdgaskessel	Abwärme + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Luftwärmepumpe + Erdgaskessel	Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel	Biogas-Flex-BHKW + Erdgaskessel	Dimension
Abwärme							
Volumen Pufferspeicher	16	16	0	0	0	0	0 m³
Pufferspeicher	28.800	28.800	0	0	0	0	0 €
Zwischensumme	28.800	28.800	0	0	0	0	0 €
Unvorhergesehenes	2.880	2.880	0	0	0	0	0 €
Planung	11.000	11.000	0	0	0	0	0 €
Reserve für Gutachten etc.	1.100	1.100	0	0	0	0	0 €
Investition Abwärme	43.780	43.780	0	0	0	0	0 €
Holzackschnitzelkessel							
thermische Leistung	0	100	350	0	200	0	0 kW _{th}
Kesselanlage inkl. Pheripherie und Silo	0	220.000	350.000	0	280.000	0	0 €
Volumen Pufferspeicher	0	5	15	0	10	0	0 m³
Pufferspeicher	0	9.000	27.000	0	18.000	0	0 €
Zwischensumme	0	229.000	377.000	0	298.000	0	0 €
Unvorhergesehenes	0	22.900	37.700	0	29.800	0	0 €
Planung	0	56.000	83.000	0	69.000	0	0 €
Reserve für Gutachten etc.	0	5.600	8.300	0	6.900	0	0 €
Investition Holzackschnitzelkessel	0	313.500	506.000	0	403.700	0	0 €
Holzpelletkessel							
thermische Leistung	0	0	0	0	0	0	0 kW _{th}
Kesselanlage inkl. Pheripherie und Silo	0	0	0	0	0	0	0 €
Volumen Pufferspeicher	0	0	0	0	0	0	0 m³
Pufferspeicher	0	0	0	0	0	0	0 €
Zwischensumme	0	0	0	0	0	0	0 €
Unvorhergesehenes	0	0	0	0	0	0	0 €
Planung	0	0	0	0	0	0	0 €
Reserve für Gutachten etc.	0	0	0	0	0	0	0 €
Investition Holzpelletkessel	0	0	0	0	0	0	0 €
Großwärmepumpe							
Wärmequelle	Luft	Luft	Luft	Luft	Luft	Luft	Luft
thermische Leistung	0	0	0	300	150	0	0 kW _{th}
Wärmepumpe	0	0	0	450.000	225.000	0	0 €
Volumen Pufferspeicher	0	0	0	10	5	0	0 m³
Pufferspeicher	0	0	0	18.000	9.000	0	0 €
Peripherie, Anlagenbau	0	0	0	93.600	46.800	0	0 €
Zwischensumme	0	0	0	561.600	280.800	0	0 €
Unvorhergesehenes	0	0	0	56.160	28.080	0	0 €
Planung	0	0	0	113.000	66.000	0	0 €
Reserve für Gutachten etc.	0	0	0	11.300	6.600	0	0 €
Investition Großwärmepumpe	0	0	0	742.060	381.480	0	0 €
Großwärmepumpe inkl. Quellenanlage							
Investition Großwärmepumpe (inkl. Quellenanlage)	0	0	0	742.060	381.480	0	0 €
davon Unvorhergesehenes	0	0	0	56.160	28.080	0	0 €
davon Gutachten, etc.	0	0	0	11.300	6.600	0	0 €
davon Planung	0	0	0	113.000	66.000	0	0 €
BHKW							
elektrische Leistung	0	0	0	0	0	0	0 kW
BHKW-Modul	0	0	0	0	0	0	0 €
Zubehör	0	0	0	0	0	0	0 €
Dienstleistungen	0	0	0	0	0	0	0 €
Volumen Pufferspeicher	0	0	0	0	0	0	600 m³
Pufferspeicher	0	0	0	0	0	0	270.000 €
Zwischensumme	0	0	0	0	0	0	270.000 €
Unvorhergesehenes	0	0	0	0	0	0	13.500 €
Planung	0	0	0	0	0	0	61.000 €
Reserve für Gutachten etc.	0	0	0	0	0	0	6.100 €
Investition BHKW	0	0	0	0	0	0	350.600 €
Spitzenlasterzeuger							
Wärmeerzeuger	Gaskessel	Gaskessel	Gaskessel	Gaskessel	Gaskessel	Gaskessel	Gaskessel
thermische Leistung	400	400	400	400	400	400	500 kW _{th}
Kesselanlage	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	56.000	70.000 €
Zubehör	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	15.000 €
Zwischensumme	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	85.000 €
Unvorhergesehenes	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800	8.500 €
Planung	22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	26.000 €
Reserve für Gutachten etc.	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.600 €
Investition Erdgaskessel	99.000	99.000	99.000	99.000	99.000	99.000	122.100 €

Elektro- und Anlagentechnik							
Elektrischer Leistungsbedarf Heizhaus	8	8	14	166	90	7	
elektrische Einbindung	15.000	15.000	15.000	33.230	18.077	15.000	
Druckhaltung und Wasseraufbereitung	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	
Pumpen	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	
Steuer- und Regelungstechnik	30.000	50.000	30.000	50.000	70.000	30.000	
hydraulische Einbindung	40.000	60.000	40.000	40.000	60.000	50.000	
Hausübergabestation (<= 50 kW)	396.500	396.500	396.500	396.500	396.500	396.500	
Hausübergabestation (50-120 kW)	0	0	0	0	0	0	
Hausübergabestation (>120 kW)	0	0	0	0	0	0	
Anlagenbau	20.000	30.000	20.000	20.000	30.000	30.000	
Brennstoffversorgung	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	
Abgasanlage	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	
Zwischensumme	641.500	691.500	641.500	679.730	714.577	661.500	
Unvorhergesehenes	64.150	69.150	64.150	67.973	71.458	66.150	
Planung	126.000	134.000	126.000	132.000	137.000	129.000	
Reserve für Gutachten etc.	12.600	13.400	12.600	13.200	13.700	12.900	
Investition Elektro- & Anlagentechnik	844.250	908.050	844.250	892.903	936.734	869.550	
Wärmenetz							
Länge Transportleitungen	2.058	2.058	1.558	1.558	1.558	1.558	
Länge Hausanschlussleitungen	915	915	915	915	915	915	
Transportleitungen	1.646.400	1.646.400	1.246.400	1.246.400	1.246.400	1.246.400	
Hausanschlussleitungen	457.500	457.500	457.500	457.500	457.500	457.500	
Zwischensumme	2.103.900	2.103.900	1.703.900	1.703.900	1.703.900	1.703.900	
Unvorhergesehenes	210.390	210.390	170.390	170.390	170.390	170.390	
Planung	134.000	134.000	114.000	114.000	114.000	114.000	
Reserve für Gutachten etc.	6.700	6.700	5.700	5.700	5.700	5.700	
Investition Wärmenetz	2.454.990	2.454.990	1.993.990	1.993.990	1.993.990	1.993.990	
Grundstücke & Gebäude							
Heizhaus (Gebäude)	320.000	420.000	320.000	320.000	420.000	320.000	
Zwischensumme	320.000	420.000	320.000	320.000	420.000	320.000	
Unvorhergesehenes	32.000	42.000	32.000	32.000	42.000	32.000	
Planung Gebäude	39.000	49.000	39.000	39.000	49.000	39.000	
Reserve für Gutachten etc.	3.900	4.900	3.900	3.900	4.900	3.900	
Investition Grundstück & Gebäude	394.900	515.900	394.900	394.900	515.900	394.900	
Summe	3.836.920	4.335.220	3.838.140	4.122.853	4.330.804	3.731.140	
davon Unvorhergesehenes	316.220	354.120	311.040	333.323	348.528	290.540	
davon Gutachten etc.	26.500	33.900	32.700	36.300	40.000	31.200	
davon Planung	332.000	406.000	384.000	420.000	457.000	369.000	
Summe (inkl. Förderung)	2.341.752	2.640.732	2.342.484	2.513.312	2.638.083	2.427.764	

BEW-Förderung Modul 2							
Unvermeidbare Abwärme	12.672	12.672	0	0	0	0	
Biomassekessel	0	100.760	165.880	0	131.120	0 €	
Solarthermie inkl. Wärmespeicher	0	0	0	0	0	0 €	
Großwärmepumpe	0	0	0	247.104	123.552	0 €	
Quellenanlage für Wärmepumpe	0	0	0	0	0	0 €	
Elektro- und Anlagentechnik	282.260	304.260	282.260	299.081	314.414	291.060 €	
Wärmenetz	925.716	925.716	749.716	749.716	749.716	749.716 €	
Gebäude	140.800	184.800	140.800	140.800	184.800	140.800 €	
Gutachten	9.720	12.680	12.200	13.640	15.120	9.000 €	
Planungsleistungen inkl. BEW Modul 1	124.000	153.600	144.800	159.200	174.000	112.800 €	
Förderung	1.495.168	1.694.468	1.495.656	1.609.541	1.692.722	1.303.376 €	

Tabelle 17-2: Wärmegestehungskosten der untersuchten zentralen Versorgungsvarianten

Wirtschaftlichkeit		Abwärme + Erdgaskessel		Abwärme + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel		Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel		Luftwärmepumpe + Erdgaskessel		Luft-Wärmepumpe + Hackschnitzelkessel + Erdgaskessel		Biogas-Flex-BHKW + Erdgaskessel		Einheit
Brennstoffzufuhr Erdgas	ca.	286.401	75.701		33.460		72.195		49.870		197.401		kWh _{th}	
Brennstoffzufuhr Biogas	ca.	0	0		0		0		0		3.938.824		kWh _{th}	
Brennstoffzufuhr Hackschnitzel	ca.	0	231.953		2.117.582		0		1.207.624		0		kWh _{th}	
Wärmezufuhr Biogaswärme	ca.	1.561.686	1.561.686		0		0		0		1.694.150		kWh _{th}	
Strombezug öfftl. Netz	ca.	20.944	20.956		36.591		798.902		344.869		19.937		kWh _{el}	
Jahresarbeit Wärmeentzug Quelle	ca.	0	0		0		983.500		442.096		0		kWh _{th}	
erzeugte Wärmemenge	ca.	1.503.086	1.503.086		1.503.086		1.503.086		1.503.086		1.503.086		kWh _{th}	
Betriebsstunden BHKWs	ca.	0	0		0		0		0		1.550		Std.	
CO ₂ -Emissionen (fossil)	ca.	69	18		8		17		12		47		tCO ₂	
Investitionen														
Abwärme	ca.	43.780	43.780		0		0		0		0		€	
Biomassekessel	ca.	0	313.500		506.000		0		403.700		0		€	
Wärmespeicher	ca.	0	0		0		0		0		350.600		€	
Spitzenlasterzeuger	ca.	99.000	99.000		99.000		99.000		99.000		122.100		€	
Großwärmepumpe	ca.	0	0		0		742.060		381.480		0		€	
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	844.250	908.050		844.250		892.903		936.734		869.550		€	
Wärmenetz	ca.	2.454.990	2.454.990		1.993.990		1.993.990		1.993.990		1.993.990		€	
Grundstück & Gebäude	ca.	394.900	515.900		394.900		394.900		515.900		394.900		€	
Investitionssumme	ca.	3.836.920	4.335.220		3.838.140		4.122.853		4.330.804		3.731.140		€	
Kapitalkosten														
Abwärme	20 Jahre	2.943	2.943		0		0		0		0		€/a	
Biomassekessel	15 Jahre	0	26.261		42.386		0		33.817		0		€/a	
Wärmespeicher	25 Jahre	0	0		0		0		0		20.134		€/a	
Spitzenlasterzeuger	20 Jahre	6.654	6.654		6.654		6.654		6.654		8.207		€/a	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18 Jahre	0	0		0		53.954		27.737		0		€/a	
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	70.720	76.064		70.720		74.795		78.467		72.839		€/a	
Wärmenetz	40 Jahre	106.209	106.209		86.265		86.265		86.265		86.265		€/a	
Grundstück & Gebäude	50 Jahre	15.348	20.051		15.348		15.348		20.051		15.348		€/a	
jährliche Kapitalkosten	ca.	201.874	238.182		221.373		237.017		252.990		202.793		€/a	
Förderung														
Unvermeidbare Abwärme	20 Jahre	852	852		0		0		0		0		€/a	
Biomassekessel	15 Jahre	0	8.440		13.895		0		10.983		0		€/a	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18 Jahre	0	0		0		17.967		8.983		0		€/a	
Elektro- und Anlagentechnik	15 Jahre	23.644	25.487		23.644		25.053		26.337		24.381		€/a	
Wärmenetz	40 Jahre	40.049	40.049		32.434		32.434		32.434		32.434		€/a	
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	5.472	7.182		5.472		5.472		7.182		5.472		€/a	
Gutachten	20 Jahre	653	852		820		917		1.016		605		€/a	
Planungsleistungen inkl. BEW Modul 1	20 Jahre	8.335	10.324		9.733		10.701		11.696		7.582		€/a	
jährliche Förderung	ca.	79.005	93.187		85.999		92.544		98.633		70.475		€/a	
Betrieb und Wartung														
Biomassekessel	ca.	0	15.114		24.882		0		19.668		0		€/a	
Spitzenlasterzeuger	ca.	2.244	2.244		2.244		2.244		2.244		2.805		€/a	
Großwärmepumpe	ca.	0	0		0		15.444		7.722		0		€/a	
Elektro- und Anlagentechnik	ca.	28.226	30.426		28.226		29.908		31.441		29.106		€/a	
Wärmenetz	ca.	11.571	11.571		9.371		9.371		9.371		9.371		€/a	
Grundstücke & Gebäude	ca.	880	1.155		880		880		1.155		880		€/a	
Versicherung/Sonstiges	ca.	8.696	9.738		8.554		9.166		9.585		8.327		€/a	
technische Betriebsführung	ca.	8.696	9.738		8.554		9.166		9.585		8.327		€/a	
kaufmännische Betriebsführung	ca.	7.930	7.930		7.930		7.930		7.930		7.930		€/a	
jährliche Betriebs- und Wartungskosten	ca.	68.244	87.917		90.641		84.110		98.701		68.165		€/a	
Energiekosten Ø 2024														
Mischpreis Biogaswärme / Abwärme	8,00 ct/kWh	124.935	124.935		0		0		0		135.532		€/a	
Mischpreis Erdgas	5,45 ct/kWh	17.280	4.567		2.019		4.356		3.009		11.910		€/a	
Hackschnitzel - WGH20	3,05 ct/kWh	0	7.076		64.595		0		36.838		0		€/a	
Mischpreis Strom	20,86 ct/kWh	4.368	4.371		7.632		166.628		71.930		4.158		€/a	
CO ₂ -Bepreisung	20,5 €/t	1.410	373		165		356		246		972		€/a	
jährliche Energiebezugskosten	ca.	147.994	141.321		74.411		171.340		112.022		152.573		€/a	
Betriebskostenförderung														
Förderung Betrieb Wärmepumpe öfftl. Strom - verteilt auf Nutzungsdauer	ca.						50.086		22.514				€/a	
jährliche Betriebskostenförderung	ca.	0	0		0		50.086		22.514		0		€/a	
Wirtschaftlichkeit Ø 2024														
Wärmegestehungskosten pro Jahr	ca.	339.106	374.233		300.425		349.837		342.566		353.056		€/a	
spezifische Wärmegestehungskosten (netto)		22,56	25		20		23		23		23,49		ct/kWh	
spezifische Wärmegestehungskosten (brutto)		27	30		24		28		27		28		ct/kWh	