

## BERICHT ÜBER INGENIEUR- UND BERATUNGSLEISTUNGEN

### Berichtsumfang

---

ENERGETISCHES QUARTIERSKONZEPT EGGBEK

### Auftraggeber

---

AMT EGGBEK (FÜR DIE GEMEINDE EGGBEK)

Hauptstraße 2  
24852 Eggebek

### Auftragnehmer

---

IPP ESN POWER ENGINEERING GMBH

Rendsburger Landstraße 196 - 198  
24113 Kiel

### In Kooperation mit

---

WORTMANN-ENERGIE

Fraunhoferstraße 13  
24118 Kiel

E|M|N ENERGIEMANUFAKTUR NORD

Am Hasselberg 7  
25813 Husum

### Ansprechpartner:

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

Kiel, den 4. Juli 2022

- Auftraggeber:** Amt Eggebek, für die Gemeinde Eggebek  
Hauptstraße 2  
24852 Eggebek
- Ansprechpartner:** Amtsdirektor Lars Fischer
- Auftragnehmer:** IPP ESN Power Engineering GmbH  
Rendsburger Landstraße 196-198  
24113 Kiel  
Bearbeitung:  
Patrice Ahmadi M.Eng., Torge Lorenzen M.Eng., Dipl.-Ing. Thomas Lutz-  
Kulawik, Dipl.-Phys. Jürgen Meereis, Jerry Mehl B.Eng.
- In Kooperation mit:** wortmann-energie  
Fraunhoferstraße 13  
24118 Kiel  
Bearbeitung:  
Daniel Bornmann M.Sc., Dipl.-Ing. Jörg Wortmann
- E|M|N EnergieManufaktur Nord  
Am Hasselberg 7  
25813 Husum  
Bearbeitung:  
Dipl.-Ing. Peter Bielenberg
- Stand:** Endfassung, Stand 4. Juli 2022  
Redaktionsschluss für die im Bericht verwendeten Daten, Betrachtungen  
und Berechnungen war März 2022
- Förderhinweis:** Das Projekt Energetische Stadtsanierung im Quartier „Eggebek“ wird gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“ sowie ergänzend über die IB.SH aus Mitteln des Landes Schleswig-Holstein.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



aufgrund eines Beschlusses des  
Deutschen Bundestages

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Tabellenverzeichnis.....	1
2	Abbildungsverzeichnis.....	3
3	Abkürzungsverzeichnis.....	6
4	Gender-Aspekte .....	8
5	Zusammenfassung.....	9
5.1	zentrale Ergebnisse .....	9
5.2	Checkliste KfW energetische Stadtsanierung.....	11
5.3	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz - Verwendungsnachweis KfW energetische Stadtsanierung .....	12
6	Ausgangslage und Auftrag .....	13
7	Bestandsaufnahme.....	15
7.1	Räumliche Lage und Funktionen des Quartiers.....	15
7.2	Bevölkerung, Baufertigstellungen.....	17
7.3	Gebäude- und Heizungsbestand.....	19
7.3.1	Wohnbebauung .....	19
7.3.2	Derzeitige Wärmeerzeugung .....	22
7.3.3	Ergebnisse der Fragebogenaktion und der Energieberatung vor Ort .....	25
7.3.4	Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften .....	27
7.4	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz des Quartiers.....	37
7.5	Zusammenfassung Bestandsaufnahme .....	42
8	Energie- und CO <sub>2</sub> -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	43
8.1	Gebäudesanierungspotenzial – Vorgehensweise, Rahmenbedingungen.....	43
8.2	Förderprogramme und Umfeld für die Energetische Sanierung.....	49
8.3	Mustersanierungsberatungen - Energieberatung vor Ort.....	53
8.3.1	Mustersanierungskonzept Gebäude A .....	54
8.3.2	Mustersanierungskonzept Gebäude B .....	58
8.3.3	Mustersanierungskonzept Gebäude C .....	63
8.3.4	Zusammenfassende Ergebnisse der Mustersanierungskonzepte .....	67
8.4	Einsparpotential und Sanierungsrate .....	69
9	Versorgungsoptionen und -szenarien .....	72
9.1	Zentrale Versorgungsoptionen .....	72
9.1.1	Technische Versorgungslösungen .....	73
9.1.2	Entwurf Wärmenetz .....	75

9.1.3	Energiewirtschaftliche Ansätze .....	77
9.1.4	Zentrale Wärmeversorgung ohne Sanierung.....	78
9.1.5	Zentrale Wärmeversorgung mit Sanierungsvariante 1 .....	85
9.1.6	Zentrale Wärmeversorgung mit Sanierungsvariante 2 .....	89
9.1.7	CO <sub>2</sub> -Bilanz und Primärenergiefaktor .....	90
9.2	Betreiberkonzepte .....	93
9.3	Dezentrale Versorgungsoptionen .....	95
9.4	Vergleich zentraler und dezentraler Versorgungsoptionen .....	96
9.5	Sensitivitätsanalyse .....	98
9.6	Zusammenfassung Wärmeerzeugung .....	103
10	Umsetzungshemmnisse und Möglichkeiten zu ihrer Überwindung .....	105
10.1	Gebäudesanierung .....	105
10.2	Leistungsgebundene Wärmeversorgung .....	106
10.2.1	Technische Herausforderungen .....	106
10.2.2	Rechtliche und organisatorische Herausforderungen .....	106
10.2.3	Wirtschaftliche Herausforderungen .....	106
11	Öffentlichkeitsarbeit .....	108
11.1	Lenkungsgruppe .....	108
11.2	Allgemeine Öffentlichkeit.....	108
12	Controlling-Konzept .....	111
12.1	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	111
12.2	Bewertungsindikatoren.....	111
12.3	Dokumentation.....	112
13	Maßnahmenkatalog und Empfehlungen für das Sanierungsmanagement .....	113
14	Literaturverzeichnis .....	115

## 1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 5-1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW.....	11
Tabelle 5-2: Bestätigung Einspareffekte.....	12
Tabelle 7-1: Bevölkerungsentwicklung im Bereich des Amtes.....	18
Tabelle 7-2: spezifische Heizwärmebedarfe von Einfamilienhäusern nach Baualtersklassen....	21
Tabelle 7-3: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers.....	27
Tabelle 7-4: Landwirtschaftliche Betriebe Eggebek.....	28
Tabelle 7-5: Übersicht der öffentlichen Liegenschaften und Energieverbräuche, Eggebek.....	31
Tabelle 7-6: Heizenergiebedarf im Quartier im Jahr 2020 .....	39
Tabelle 7-7: CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger .....	40
Tabelle 7-8: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO <sub>2</sub> - und Primärenergiebilanz für das Quartier Eggebek.....	41
Tabelle 8-1: Nachrüstpflichten (Auszug) für Bestandsgebäude gemäß aktuellem GEG 2020.....	47
Tabelle 8-2: Vorgaben zur Heizungstechnik für Bestandsgebäude gemäß aktuellem EWKG, 2017.....	48
Tabelle 8-3: Sinnvolle Maßnahmenkombinationen bei der Gebäudesanierung .....	49
Tabelle 8-4: Förderprogramme für die energetische Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden, KfW.....	50
Tabelle 8-5: BEG-Förderprogramm Sanierung Wohngebäude.....	51
Tabelle 8-6: BEG-Förderprogramm Sanierung Nicht-Wohngebäude.....	52
Tabelle 8-7: BAFA Förderprogramm Energieberatung Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN) .....	53
Tabelle 8-8: Gebäude A, Sanierungsvorschläge .....	55
Tabelle 8-9: Förderübersicht der Sanierungsvarianten für Gebäude A.....	56
Tabelle 8-10: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gebäude A, Sanierungsvorschläge .....	57
Tabelle 8-11: Gebäude B, Sanierungsvorschläge .....	59
Tabelle 8-12: Förderübersicht der Sanierungsvarianten für Gebäude B.....	60
Tabelle 8-13: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gebäude B, Sanierungsvorschläge .....	62
Tabelle 8-14: Gebäude C, Sanierungsvorschläge .....	64
Tabelle 8-15: Förderübersicht der Sanierungsvarianten für Gebäude C.....	64
Tabelle 8-16: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gebäude B, Sanierungsvorschläge .....	66
Tabelle 8-17: Heizenergiebedarf 2018 und Abschätzung 2050 mit 1- und 2%iger Sanierungsrate.....	71
Tabelle 9-1: Energiewirtschaftliche Ansätze.....	78

Tabelle 9-2: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung.....	81
Tabelle 9-3: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung.....	83
Tabelle 9-4: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung .....	85
Tabelle 9-5: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen Sanierungsvariante 1 .....	87
Tabelle 9-6: Wärmegestehungskosten Sanierungsvariante 1.....	89
Tabelle 9-7: CO <sub>2</sub> -Emissionen der zentralen Wärmeversorgung .....	91
Tabelle 9-8: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung .....	93
Tabelle 9-9: Übersicht über mögliche Betreibermodelle (EVA = Erzeugung, Verteilung, Abrechnung) .....	94
Tabelle 9-10: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) .....	95
Tabelle 9-11: Dezentrale Versorgungslösungen.....	96
Tabelle 9-12: Eingangsparmeter der Sensitivitätsanalyse .....	99
Tabelle 9-13: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse .....	100
Tabelle 12-1: Mögliche Indikatoren zum Controlling der Umsetzung des Quartierskonzeptes .....	112
Tabelle 13-1: Maßnahmenkatalog für Umsetzungen u. a. im Rahmen des Sanierungsmanagements .....	114

## 2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 6-1: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2022).....	13
Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Eggebek im Amt Eggebek und Kreis Schleswig-Flensburg.....	16
Abbildung 7-2: Das Quartier Eggebek.....	16
Abbildung 7-3: Wärmeatlas-Karte Quartier Gemeinde Eggebek.....	17
Abbildung 7-4: Historische Bevölkerungsentwicklung Eggebek (1870-1970).....	18
Abbildung 7-5: Entwicklung Bevölkerung und Wohngebäude (2000 – 2020).....	18
Abbildung 7-6: Preußische Landesaufnahme, 1878-1880; 1953-1956; aktuelle Bebauung.....	20
Abbildung 7-7: Siedlungsentwicklung, aktuelle und vorgesehene Neubauten.....	20
Abbildung 7-8: Verteilung der Gebäudealtersklassen im Quartier, Eggebek und im Vergleich.....	21
Abbildung 7-9: Gasverrohrung, Gemeinde Eggebek (Schleswig-Holstein Netz AG).....	22
Abbildung 7-10: Anzahl und Leistung der Öl- und Gaskessel nach Baujahren.....	23
Abbildung 7-11: Verteilung nach Anzahl und Leistung aller Feuerstätten.....	23
Abbildung 7-12: Anzahl und Alter der Ölkessel.....	24
Abbildung 7-13: Anzahl und Alter der Erdgaskessel.....	24
Abbildung 7-14: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier.....	26
Abbildung 7-15: St. Petrus zu Eggebek (Amt Eggebek, o. J.).....	28
Abbildung 7-16: Frontansicht und Luftbild, team baucenter, Eggebek.....	29
Abbildung 7-17: Frontansicht und Luftbild, REWE Markt, Eggebek.....	30
Abbildung 7-18: Luftbild, Hoppe Fleischwaren (Hoppe-Fleischwaren, o. J.), Eggebek.....	30
Abbildung 7-19: Flurkarte, Luftbild und Ansicht Feuerwehrgerätehaus, Eggebek.....	32
Abbildung 7-20: Flurkarte, Luftbild und Ansicht KiTa Beeken-Spatzen.....	32
Abbildung 7-21: Flurkarte, Luftbild und Ansicht JuKidZ.....	33
Abbildung 7-22: Flurkarte, Luftbild, Ansicht, Wärmeerzeugung und -Übergabe, Bauhof, Bachstraße.....	33
Abbildung 7-23: Flurkarte, Luftbild und Ansichten ehem. Schlachtereie Neuwerk, Westerreihe 13.....	34
Abbildung 7-24: Flurkarte, Luftbild und Ansichten Seniorenwohnanlage.....	34
Abbildung 7-25: Flurkarte, Luftbild und Nord-Ansichten Eichenbachschule, Eggebek.....	35
Abbildung 7-26: Flurkarte, Luftbild und Ansichten, Familienzentrum, Am Beektal 1.....	36
Abbildung 7-27: Flurkarte, Luftbild und Ansichten Wohngebäude (4 WE).....	36
Abbildung 7-28: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlases.....	37
Abbildung 7-29: Wärmeatlas des gesamten Quartiers Eggebek (Zentrum und ehem. Fliegerhorst).....	38
Abbildung 7-30: Wärmeatlas des Quartiers, Zentrum Eggebek.....	39

Abbildung 7-31: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern .....	40
Abbildung 7-32: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes.....	41
Abbildung 8-1: Entwicklung des energieeffizienten Bauens (Primärenergiebedarf in kWh / (m <sup>2</sup> -a) ) .....	43
Abbildung 8-2: Gebäudeansicht, 3D-Modellierung, Gesamtbewertung Ausgangssituation, Gebäude A.....	54
Abbildung 8-3: Gebäude A, Bilanzierungsergebnisse Mustersanierung .....	55
Abbildung 8-4: Gebäude A, Rentierlichkeit der Sanierungsvarianten und resultierende CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	58
Abbildung 8-5: Gebäudeansicht, 3D-Modellierung, Gesamtbewertung Ausgangssituation, Gebäude B.....	59
Abbildung 8-6: Gebäude B, Bilanzierungsergebnisse Mustersanierung .....	60
Abbildung 8-7: Gebäude B, Rentierlichkeit der Sanierungsvarianten und resultierende CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	63
Abbildung 8-8: Gebäudeansicht, 3D-Modellierung, Gesamtbewertung Ausgangssituation, Gebäude C .....	63
Abbildung 8-9: Gebäude C, Bilanzierungsergebnisse Mustersanierung .....	64
Abbildung 8-10: Gebäude C, Rentierlichkeit der Sanierungsvarianten und resultierende CO <sub>2</sub> -Minderungen .....	67
Abbildung 8-11: Unterscheidung Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten, Bsp. Dachsanierung.....	69
Abbildung 8-12: Spez. Endenergieverbrauch heute und 2050 (Sanierungsrate 1 %) .....	70
Abbildung 8-13: Spez. Endenergieverbrauch je Baualtersklasse für 2050 (Sanierungsrate 2 %) .....	71
Abbildung 9-1: Lage des Gewerbeparks (ehemaliger NATO-Flugplatz) im Westen des Quartiers (Google Earth, 2022) .....	73
Abbildung 9-2: Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers .....	76
Abbildung 9-3: Mögliche Trassenführung zur Versorgung der Wohnhäuser in nächster Nachbarschaft zur Eichenbachschule .....	76
Abbildung 9-4: Netzverluste und Anschlussdichte der untersuchten Netzvarianten.....	77
Abbildung 9-5: CO <sub>2</sub> -Emissionen der zentralen Versorgungsvarianten ohne und mit Berücksichtigung der Sanierungsvarianten .....	92
Abbildung 9-6: Vergleich Heizkosten und CO <sub>2</sub> -Emissionen zentral / dezentral .....	98
Abbildung 9-7: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Erdgas .....	100
Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Holzpellets.....	101
Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preisen für die betriebliche Abwärme.....	101
Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	102
Abbildung 9-11: Wärmekosten bei verschiedenen Anschlussquoten.....	102
Abbildung 10-1: Endenergieverbrauch Raumwärme 2016 in Deutschland .....	105

Abbildung 11-1: Öffentliche Veranstaltungen in Eggebek mit interaktiven Elementen .....	109
Abbildung 11-2: Hinweise auf öffentliche Veranstaltungen von Quartierskonzepten im WIR...	109
Abbildung 11-3: Ergebnisse der Befragung zum Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz .....	110

### 3 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

SI-Einheiten und allgemeinsprachliche Abkürzungen sind nicht erläutert.

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BGA	Biogasanlage(n)
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
Bj	Baujahr
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BW	Brennwert
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V.
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
D	dezentrale Versorgung
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
EEG	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EFH	Einfamilienhaus
EGK	Erdgaskessel
el	elektrische (Leistung oder Arbeit)
EM	Einzelmaßnahme(n)
E M N	EnergieManufaktur Nord Partnergesellschaft
EnEV	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung), abgelöst durch das GEG
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EWKG	Gesetz zur Energiewende und zum Klimaschutz in Schleswig-Holstein (Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein)
GVE	Großvieheinheit
GEG	Gebäudeenergie Gesetz (löste die frühere EnEV ab)
h	Stunde
HSH	Hackschnitzelheizung
IB.SH	Investitionsbank Schleswig-Holstein
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
IPP ESN	IPP ESN Power Engineering GmbH
k. A.	keine Angaben verfügbar / gemacht

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KiTa	Kindertagesstätte
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LWP	Luft-Wasser-Wärmepumpe
MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
NGF	Nettogrundfläche
NT	Niedertemperatur
NWG	Nichtwohngebäude
nZEB	Niedrigstenergiegebäude („nearly zero-energy buildings“)
o. J.	ohne Jahresangabe
PEF	Primärenergiefaktor
PK	Pelletkessel
rd.	rund, circa, etwa
Rm	Raummeter
SH	Schleswig-Holstein
SH-Netz	Schleswig-Holstein Netz AG
ST	Solarthermie
SWP	Sole-Wasser-Wärmepumpe
T€	1000 Euro
th	thermische (Leistung oder Arbeit)
Tr.m	Trassenmeter
TZ	Tilgungszuschuss (zusätzlich zum zinsgünstigen Kredit bei KfW-Programmen werden Tilgungen in bestimmter Höhe erlassen)
UBA	Umweltbundesamt
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient („unit of heat transfer“)
WE	Wohneinheit
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
WG	Wohngebäude
WW	Warmwasser
Z	Zentrale Versorgung
ZFH	Zweifamilienhaus

## 4 GENDER-ASPEKTE

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

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

### 5.1 ZENTRALE ERGEBNISSE

Das Energetischen Quartierskonzeptes für Teile der Gemeinde Eggebek befasste sich zum einen mit Sanierungsmöglichkeiten bestehender Gebäude, wodurch sich der Wärmebedarf reduzieren lässt. Zum anderen wurde untersucht, wie sich der verbleibende Wärmebedarf möglichst klimaverträglich, wirtschaftlich und unter Nutzung lokaler Wertschöpfung decken lässt.

Drei exemplarische Mustersanierungsberatungen machten deutlich, dass unter Nutzung der heute verfügbaren Fördermittel Maßnahmen zur energetisch optimierten Gebäudesanierung in vielen Fällen hochgradig rentabel sind - vor allem, wenn ohnehin Sanierungsmaßnahmen wie z. B. neue Dacheindeckungen anstehen. Standards heutiger Neubauten können dabei jedoch in aller Regel nicht (oder nur unter Einsatz von auch unter energetischen Gesichtspunkten unverhältnismäßigen Mitteln) erreicht werden.

Umso mehr erfordert Klimaneutralität, die Wärmeversorgung der Gebäude auf erneuerbare Energieträger oder die Nutzung von Abwärme umzustellen. Eggebek ist dabei in der glücklichen Lage, dass auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens verschiedene Betriebe geplant sind, die Abwärme zur Verfügung stellen können: Eine Altholzverbrennung, ein Asphaltmischwerk und eine Anlage zur Gülleveredlung. In diesen Anlagen fällt prozessbedingt ohnehin Wärme an, die ansonsten über Kühlanlagen an die Umgebung abgegeben werden müsste. Ihre Nutzung ist damit praktisch ohne zusätzliche Belastungen möglich, die ansonsten selbst bei regenerativen Energieträgern anfallen würden: Neben den Ressourcen für die Herstellung der entsprechenden Anlagen Platzbedarf für das Anpflanzen und Energie für die Aufbereitung von Biomasse, Flächeninanspruchnahme für Solarthermie, Nachbarschaftskonflikte und Einwirkungen auf Vögel bei Windkraftanlagen etc.

Die Abwärmenutzung bietet ferner den Vorteil, dass das „eigentliche“ Geschäftsmodell der Anlagen nicht in der Wärmebereitstellung besteht. Die Wirtschaftlichkeit der Betriebe wird also i. W. anderweitig sichergestellt und die Auskopplung von Wärme lohnt sich schon dann, wenn sie lediglich begrenzte Zusatzeinnahmen generiert. Insofern können mit den Betrieben langfristige Verträge mit relativ attraktiven und vor allem stabilen Wärmepreisen vereinbart werden.

Ergänzend und / oder als Reserve kann die Biomasseheizung eingesetzt werden, die ohnehin für die Versorgung der Eichenbachschule und ihrer unmittelbaren Nachbarschaft geplant ist. Zur Besicherung der Redundanz und zur Abdeckung von Spitzenlasten kann vorübergehend noch ein Erdgaskessel eingesetzt werden, da er durch niedrige Investitionskosten die Möglichkeit bietet, die weit überwiegend regenerative Wärmeerzeugung zu einem möglichst attraktiven Preis anzubieten. Damit wird auch besonders preissensiblen Haushalten eine Umstellung leichter gemacht und somit per Saldo eine größere Klimawirkung erzielt, als wenn eine Vielzahl von Haushalten bei ihrer heutigen komplett fossilen Beheizung verbliebe.

Berechnungen von Kosten sind in einer konzeptionellen Phase, wie sie im energetischen Quartierskonzept gegeben ist, stets mit Unsicherheiten von typischerweise 20 bis 30 % verbunden. Dies gilt in besonderem Maße angesichts der aktuellen Schwankungen sowohl der Energiepreise als auch von Baukosten. Die mit diesem Vorbehalt versehenen Kostenvergleiche ergaben, dass selbst bei den durchschnittlichen Energiepreisen des Jahres 2021 Wärme aus dem Wärmenetz

schon günstiger war als dezentrale Heizanlagen - egal ob die dezentrale Beheizung mit einem (irgendwann zu erneuernden und um 15 % regenerative Energien zu ergänzenden) Erdgaskessel, mit Wärmepumpen oder einer Pelletheizung erfolgt. Bei den Energiepreisen von März 2022 ergaben sich noch deutlichere Kostenvorteile des Wärmenetzes.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass die Kosten von Wärme aus dem Wärmenetz im Vergleich zu dezentralen Alternativen in Eggebek in einem absolut konkurrenzfähigen Bereich liegen. Zudem ist davon auszugehen, dass sie eine höhere Kostenstabilität aufweisen als dezentrale Alternativen. Letztlich basierend die untersuchten Alternativen auf einer regionalen Versorgung, weisen also eine höhere Versorgungssicherheit als fossile Energieträger auf und sorgen dafür, dass große Teile der Wertschöpfung in der Region bleiben.

Eine Befragung aller Haushalte zum Anschlussinteresse an ein Wärmenetz durch eine Postwurfsendung ergab eine bei solchen Aktionen erwartbare Rücklaufquote von rund 15 %. Optimistisch stimmt, dass davon über 90 % Interesse an einem Anschluss zeigten. Im weiteren Verlauf der Arbeiten, etwa im Sanierungsmanagement, ist an einer weiteren Erhöhung der Rückmeldungen zu arbeiten.

Den Aufbau eines solchen Wärmenetzes könnten z. B. die Amtswerke Eggebek GmbH & Co. KG leisten, als kommunales Unternehmen. Sie verfügen aus dem Ausbau der Glasfaserversorgung bereits über Erfahrungen mit dem Netzausbau, der Kundenansprache und der entsprechenden Administration (Abrechnungen etc.). Hier würden sie die Wärme von den verschiedenen Erzeugern ankaufen, die Versorgungssicherheit über redundante Anlagen sicherstellen und wären für die Abnehmer der alleinige Vertragspartner.

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

## 5.2 CHECKLISTE KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

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

ZU BERÜCKSICHTIGENDE ASPEKTE	KAPITEL
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbesondere kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) und deren Energieeinspar- und Effizienzpotenziale (Ausgangsanalyse)	7.3, 7.5, 8
Beachtung vorhandener integrierter Stadtteilentwicklungs- (INSEK) oder wohnwirtschaftlicher Konzepte bzw. integrierter Konzepte auf kommunaler Quartiersebene sowie von Fachplanungen und Bebauungsplänen	7.3.1
Aktionspläne und Handlungskonzepte unter Einbindung aller betroffener Akteure (einschließlich Einbeziehung der Öffentlichkeit)	10, 13
Aussagen zu baukulturellen Zielstellungen unter Beachtung der Denkmäler und erhaltenswerter Bausubstanz sowie bewahrenswerter Stadtbildqualitäten	7.3.4.1
Gesamtenergiebilanz des Quartiers als Ausgangspunkt sowie als Zielaussage für die energetische Stadtsanierung unter Bezugnahme auf die im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.9.2010 formulierten Klimaschutzziele für 2020 bzw. 2050 und bestehende energetische Ziele auf kommunaler Ebene	7.4
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse (technisch, wirtschaftlich, zielgruppenspezifisch bedingt) und deren Überwindung, Gegenüberstellung möglicher Handlungsoptionen	10
Benennung konkreter energetischer Sanierungsmaßnahmen und deren Ausgestaltung (Maßnahmenkatalog) unter Berücksichtigung der quartiersbezogenen Interdependenzen mit dem Ziel der Realisierung von Synergieeffekten sowie entsprechender Wirkungsanalyse und Maßnahmenbewertung	8
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und zur Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen, Maßnahmen der Erfolgskontrolle	8
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	13
Information und Beratung, Öffentlichkeitsarbeit.	11

### 5.3 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-BILANZ - VERWENDUNGSNACHWEIS KfW ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

Im Quartierskonzept wurden verschiedene Varianten einer zukünftigen Nahwärmeversorgung untersucht. Dem Vergleich von Status quo und möglicher zukünftiger Situation wurde dabei die Variante zugrunde gelegt, die sowohl wirtschaftlich als auch unter Klimagesichtspunkten die vorteilhafteste war: Die Versorgung des gesamten Quartiers aus gewerblichen Abwärmquellen von geplanten Betrieben auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens, ergänzt um Biomassekessel im Bereich der Schule und einen Erdgas-Spitzenlastkessel. Die Effekte der geplanten Umstellung der Beheizung der Schule von Erdgas auf Biomasse sind dabei mitberücksichtigt.

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

Tabelle 5-2: Bestätigung Einspareffekte

Bezeichnung	Heizenergiebedarf [MWh]	Endenergiebedarf [MWh]	Primärenergiebedarf [MWh]	CO <sub>2</sub> -Ausstoß [t]
Gegenwärtige Heizsituation	15.053	17.399	18.695	4.431
Zentr. Wärmeversorgung ohne Gebäudesanierung	15.053	19.611	3.085	566
Zentr. Wärmeversorgung Sanierungsvariante 1	12.831	17.192	1.958	337
Zentr. Wärmeversorgung Sanierungsvariante 2	10.726	14.909	1.206	194

## 6 AUSGANGSLAGE UND AUFTRAG

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

In diesem Sinne haben sich 38 Gemeinden des Kreises Schleswig-Flensburg, darunter auch Eggebek, zur Klimaschutzregion Flensburg zusammengeschlossen und sich vertraglich dazu verpflichtet, bis zum Jahr 2050 den Energieverbrauch um 50 % und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 100 % zu reduzieren (Klimaschutzregion Flensburg, o. J.)

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

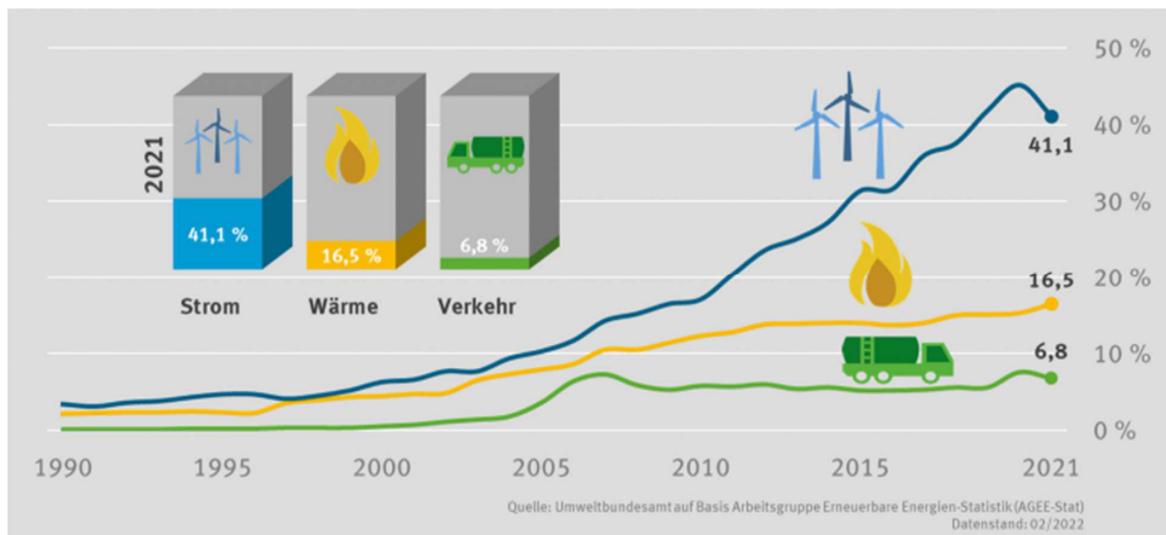


Abbildung 6-1: Erneuerbare Energien - Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr (UBA, 2022)

Das Programm „Energetische Stadtsanierung“ der KfW greift diese Zielvorstellung auf und bietet mit einer 75%igen Förderung die Möglichkeit, ein integratives, zukunftsweisendes Konzept zur energetischen Sanierung und Wärmeversorgung innerhalb des jeweiligen Quartiers zu erstellen (KfW, o. J. b). Die Umsetzung kann anschließend für bis zu fünf Jahre durch ein in gleicher Höhe gefördertes Sanierungsmanagement begleitet werden. Diese Förderung der KfW wird in Schleswig-Holstein durch eine weitere Förderung des Landes in Höhe von 15 bis 20 % ergänzt (IB.SH, o. J. a).

In diesem Kontext hat sich auch die Gemeinde Eggebek, vertreten durch das Amt Eggebek, zur Erstellung eines energetischen Quartierskonzepts durch die IPP ESN Engineering GmbH (IPP ESN) in Kooperation mit wortmann-energie und EnergieManufaktur Nord (E|M|N) entschieden. Die Ergebnisse der Arbeiten finden sich im vorliegenden Bericht.

## 7 BESTANDSAUFNAHME

### 7.1 RÄUMLICHE LAGE UND FUNKTIONEN DES QUARTIERS

Die Gemeinde Eggebek liegt im Kreis Schleswig-Flensburg am Flusslauf der Treene im nördlichen Schleswig-Holstein (vgl. Abbildung 7-1). Mit ca. 2.510 Einwohnern nach Wanderup zweitstärkste Gemeinde und einer Fläche von ca. 16,7 km<sup>2</sup> ist Eggebek namensgebende Gemeinde im Amtsbereich Eggebek. Das zu untersuchende Quartier lässt sich in zwei Flächen unterteilen: Östlich das Gebiet des ehemaligen Bundeswehrflugplatzes des Marinefliegergeschwaders 2, welcher 2003 geschlossen wurde, mit rd. 3 km<sup>2</sup>, und östlich davon bis zur Bahnlinie eine Siedlungsfläche Eggebeks mit rd. 1,3 km<sup>2</sup>.

Die erste Kirchengründung, St. Petrus-Kirche, in Eggebek ist für das 12. Jahrhundert nachgewiesen, 1352 wurde „Egbek“ erstmals urkundlich erwähnt. Namensgebend ist ein kleiner Bach am westlichen Siedlungsrand, der in die Treene mündet.

Eggebek wird räumlich durch relevante Straßen, den Flusslauf der Treene und die Bahnlinie geprägt. Die in Nord-Süd-Richtung verlaufende Bahntrasse ermöglichte Eggebek schon 1867 die Teilnahme am Eisenbahnverkehr mit einem Haltepunkt der ehemaligen Jütlandlinie (Wikipedia, o. J.); ein Reaktivierung des Haltepunktes ist angedacht.<sup>1</sup> Die zentrale in Ost-West-Richtung verlaufende Hauptstraße verbindet die vertikale Straßenachse Stapelholmer Weg und Bollingstedter Straße mit Süderfeld und Norderfeld. Entlang der Hauptstraße sind Einkaufs- und Gewerbebetriebe wie auch schulische und Verwaltungseinrichtungen angesiedelt: Amt Eggebek, St. Petrus-Kirche, team baucenter, Freiwillige Feuerwehr, Nord-Ostsee-Sparkasse, Eichenbachschule mit Schwimmhalle, REWE mit Postfiliale und Bäckerei, Kirchengemeindehaus und Seniorenwohnanlage „Beekblick“.

Eggebek ist vorwiegend ländlich geprägt und bot mit dem 1960 wiedereröffneten Fliegerhorst auch einen bedeutenden lokalen Arbeitgeber. Die Konversion und Umnutzung dieses Fliegerhorstes mit derzeit rd. 60 gewerblichen Betrieben bilden mit dem Dienstleistungs- und Einzelhandels-gewerbe im Zentrum eine relevante Beschäftigungsgröße, ergänzend zu den Arbeitsplatzangeboten des umliegenden Oberzentrums Flensburg und dem Mittelzentrum Schleswig. Die Anzahl landwirtschaftlicher Gebäude ist gegenüber den umliegenden Amtsgemeinden gering, die Siedlungsbebauung in Einfamilienhäusern ist typisch für eine ländlich strukturierte Gemeinde. Mehrere Geschosswohnbauten insbesondere aus den 1970er-Jahren ergänzen die Wohnbebauung (vgl. Abbildung 7-2).

<sup>1</sup> Eine Reaktivierung des Bahnhofs in Eggebek ist als Ziel im dritten Regionalen Nahverkehrsplan des Kreises Schleswig-Flensburg definiert, eine Umsetzung jedoch zurzeit nicht finanzierbar; Quelle: Dritter Regionaler Nahverkehrsplan Kreis Schleswig-Flensburg 2012-2016 (S. 107), zitiert nach (Raum & Energie, 2017),

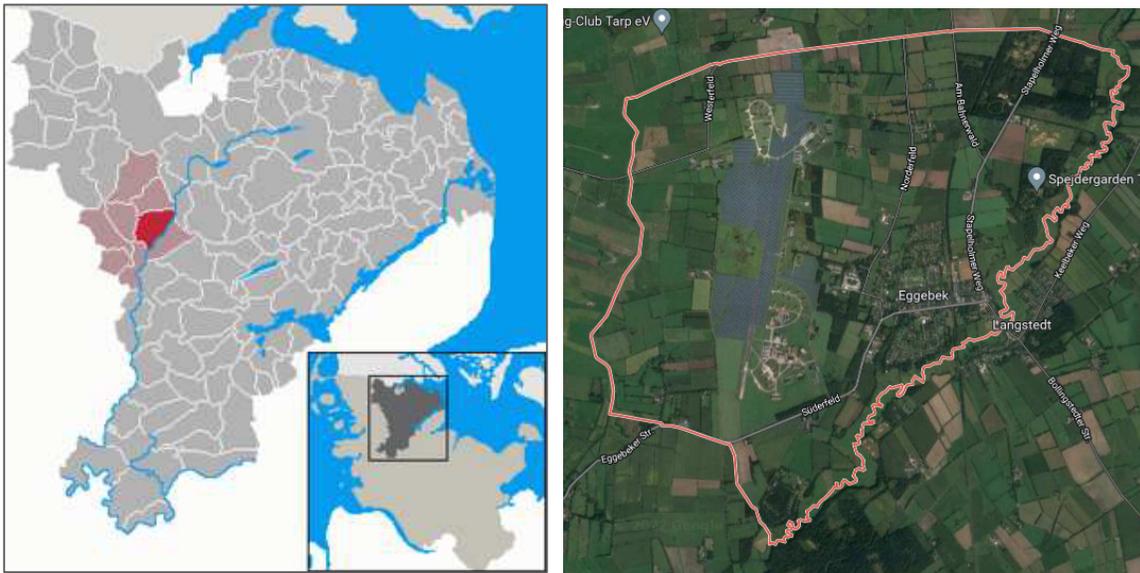


Abbildung 7-1: Lage der Gemeinde Eggebek im Amt Eggebek und Kreis Schleswig-Flensburg

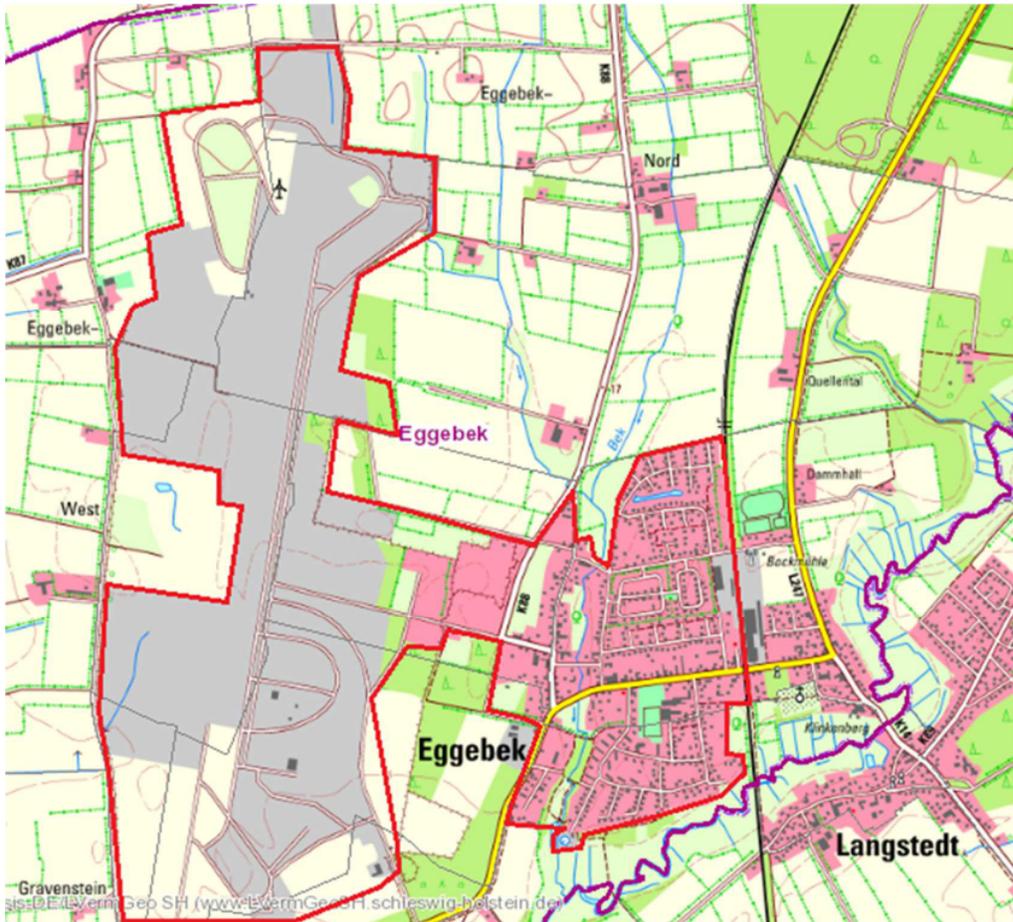


Abbildung 7-2: Das Quartier Eggebek

Die Aufnahme der Gebäude, Flurstücke, Straßen und Wege des Quartiers in ein georeferenzielles Kartenkonstrukt auf Basis des Instruments QGIS zeigt die Abbildung 7-3.

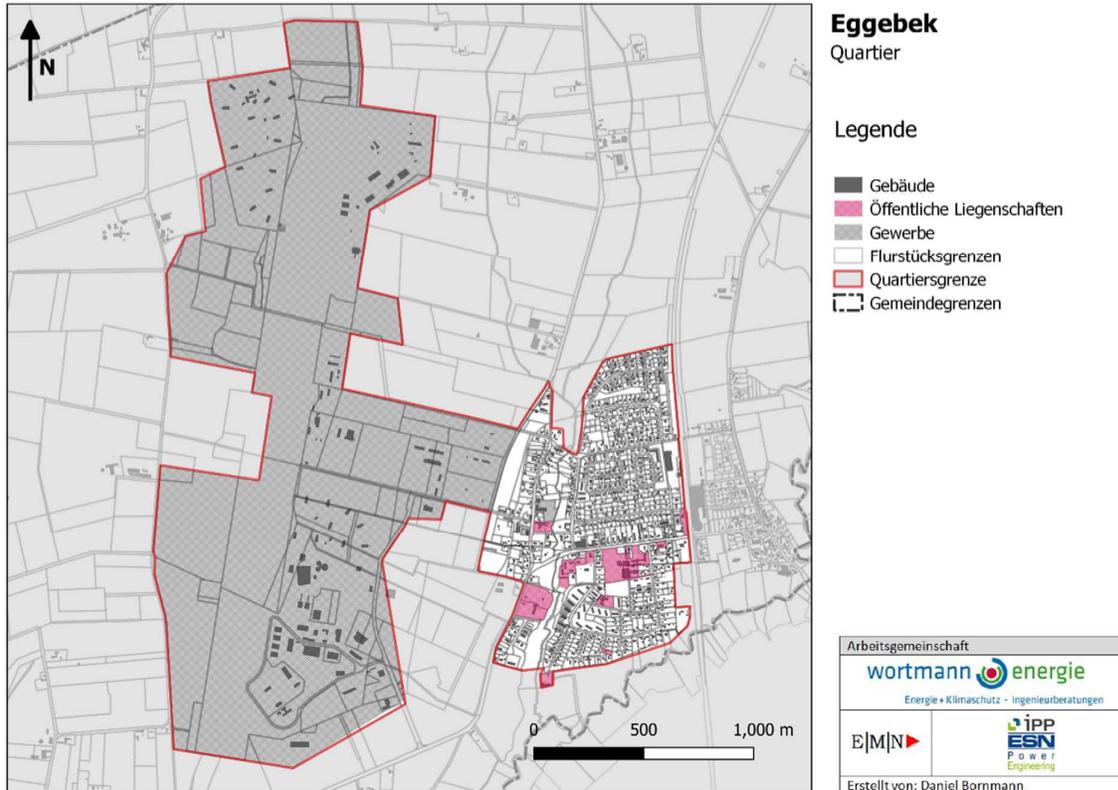


Abbildung 7-3: Wärmetlas-Karte Quartier Gemeinde Eggebek

## 7.2 BEVÖLKERUNG, BAUFERTIGSTELLUNGEN

Die Zuzugssituation nach Kriegsende und damit die Notwendigkeit zur schnellen Schaffung von Wohnraum kennzeichnet, wie in vielen Gemeinden Schleswig-Holsteins, auch die Entwicklung in Eggebek (Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein, 1972) vgl. Abbildung 7-4.

Eine genaue Analyse der demografischen Situation ist aufgrund mangelnder statistischer Daten nicht möglich. Nach Angaben des statistischen Amtes für HH und SH hat Eggebek mit Stand 31.12.2020 2.512 Einwohnerinnen (1.245) und Einwohner (1.267). Mit den Ermittlungen auf Amtsebene (Raum & Energie, 2017) lässt sich ein positives Bild der zukünftigen Bevölkerungssituation, nämlich eine im Vergleich zu den anderen Amtsgemeinden wachsende Bevölkerung, feststellen. Eggebek verfügt als einzige Gemeinde des Amtes über einen prognostizierten Bevölkerungszuwachs von rd. 1,8 % (vgl. Tabelle 7-1).

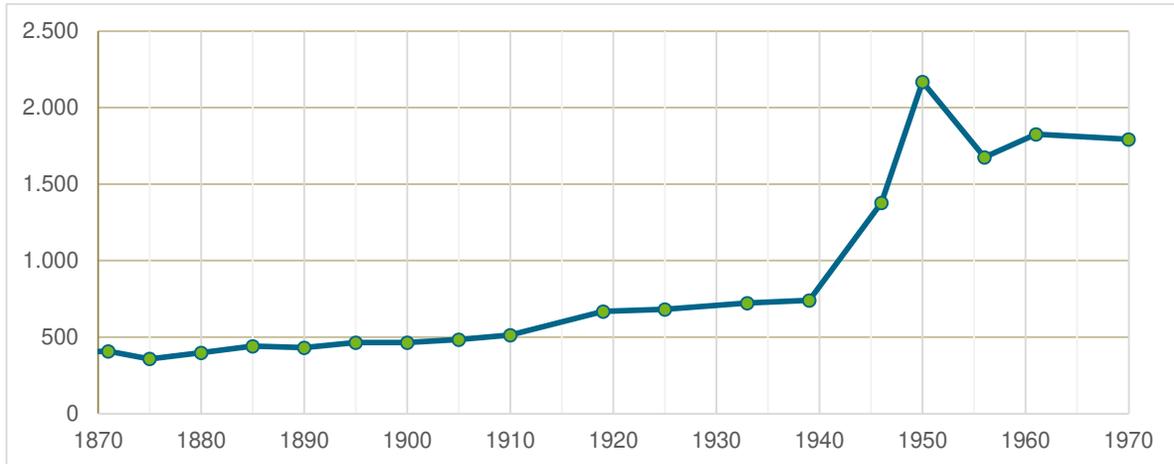


Abbildung 7-4: Historische Bevölkerungsentwicklung Eggebek (1870-1970)

Tabelle 7-1: Bevölkerungsentwicklung im Bereich des Amtes

GEMEINDEN AMT EGGBEK	PROGNOSTIZIERTE BEVÖLKERUNGSÄNDERUNG (2015 BIS 2030)
SOLLERUP	-22,9%
SÜDERHACKSTEDT	-12,4%
LANGSTEDT	-5,3%
JERRISHOE	-4,3%
JANNEBY	-3,7%
WANDERUP	-3,4%
JÖRL	-2,8%
<b>EGGBEK</b>	<b>1,8%</b>

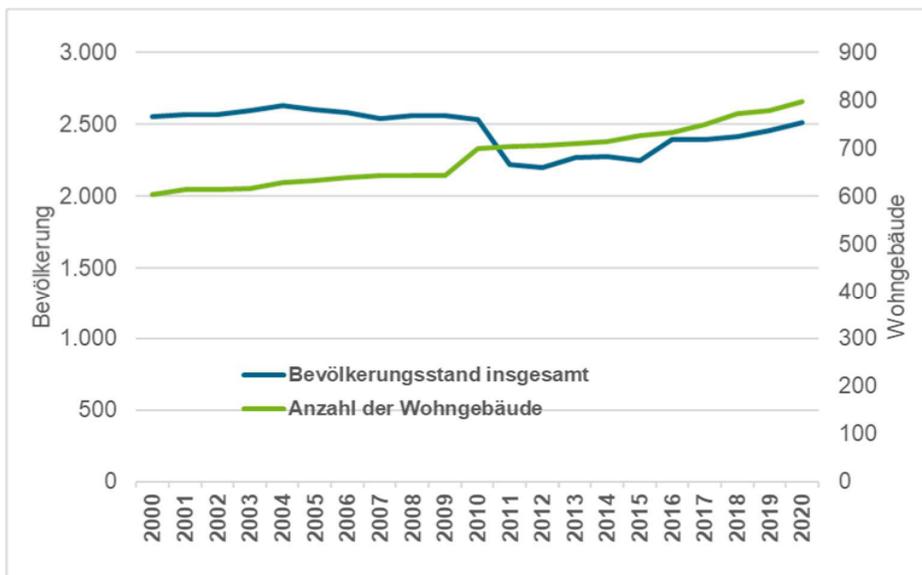


Abbildung 7-5: Entwicklung Bevölkerung und Wohngebäude (2000 – 2020)

Stagnierte der Bevölkerungszuwachs in den letzten Jahren, stieg die Anzahl der Wohngebäude im Gemeindegebiet kontinuierlich um rd. ein Drittel in den vergangenen 20 Jahren auf knapp 800 Wohngebäude an; vgl. Abbildung 7-5; (Statistikamt Nord, o. J.).

### 7.3 GEBÄUDE- UND HEIZUNGSBESTAND

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

- die Entwicklung der Bebauung (nach Zensus 2011),
- Gasnetzdaten,
- georeferenzierte Liegenschafts- und Flurkarten,
- Angaben über die Firsthöhe der Gebäude,
- Feuerstättendaten des Schornsteinfegers,
- Ergebnisse aus den im Quartier verteilten Fragebögen (vgl. Kapitel 7.3.3.1) sowie
- Ergebnisse aus vor Ort durchgeführten Energieberatungen.

Mit Hilfe dieser Daten wurde ein sogenannter Wärmeatlas erstellt. Basis ist hierbei die frei zugängliche Software QGIS, mit der die Daten georeferenziell als visualisierte Kartendarstellung für die kommunale Wärmeplanung weiterhin nutzbar ist (QGIS, o. J.).

#### 7.3.1 WOHNBEBAUUNG

Die frühere, landwirtschaftliche Siedlungsentwicklung entlang des Bachlaufes „Eggebek“ lässt sich anhand der Chronologien der Preußischen Landesaufnahme (DigitalerAtlasNord, o. J.) gut nachvollziehen. Die erste Eisenbahnführung verlief anfangs noch durch die Gemeinde Eggebek, wurde kurz darauf (zwischen 1867 und 1869) jedoch wegen einer Streckenverkürzung um 500 m ostwärts verlegt, wie auf der ersten preußischen Karte (1878-1880) noch ersichtlich ist.

Die historische Wohnbebauung Eggebek bis zur Jahrhundertwende ist durch landwirtschaftliche Gehöfte gekennzeichnet; deutlich erkennbar ist der starke Gebäudezuwachs nach Kriegsende, erkennbar in der Kartendarstellung 1953-1956. Der Zubau nach den 60-er Jahren erfolgte hauptsächlich nördlich und südlich der Hauptstraße und westlich der Bahnlinie; vgl. Abbildung 7-6).

Anhand der Karten in Abbildung 7-7 lässt sich die Wohngebäudeentwicklung ablesen; dies zeigt der Vergleich zwischen einer preußischen topografischen Karte von 1878-1880, einer Karte der Darstellung von 1953-1956 und einer aktuellen Abbildung der Gebäude anhand des Digitalen Atlas Nord (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein, o. J.).

Der Gebäudebestand ist hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägt. Ebenso bestehen einige Reihenhauserzeilen, z. B. zwischen Beek und Bachstraße und Mehrfamilienhäuser (MFH) z. B. im Treenering und Berliner Straße. Gerade die MFH aus den 70-er Jahren können ein Indikator für die Bedarfsdeckung der Wohnungsnachfrage aufgrund der Reaktivierung des Fliegerhorstes nach 1960 sein.

Nach Auskunft zur Siedlungsentwicklung aus der Lenkungsgruppe wurde die letzte größere Bebauung „Buchenring“ um 2020 sehr rasch umgesetzt. Zukünftige Wohnbebauung ist davon westlich am Bäckerweg vorgesehen, wie Abbildung 7-7 zeigt.



Abbildung 7-6: Preußische Landesaufnahme, 1878-1880; 1953-1956; aktuelle Bebauung



Abbildung 7-7: Siedlungsentwicklung, aktuelle und vorgesehene Neubauten

Mit Hilfe der Baublockdaten des Zensus 2011 und Informationen zur Siedlungsflächenentwicklung des Amtes konnte eine Abschätzung der vorherrschenden Baujahre der Gebäude im Quartier vorgenommen werden. Auffällig ist hier der vergleichsweise hohe Anteil an Neubauten ab den 1990-er Jahren. Die vergleichende Darstellung der Baualtersklassen zeigt Abbildung 7-8.

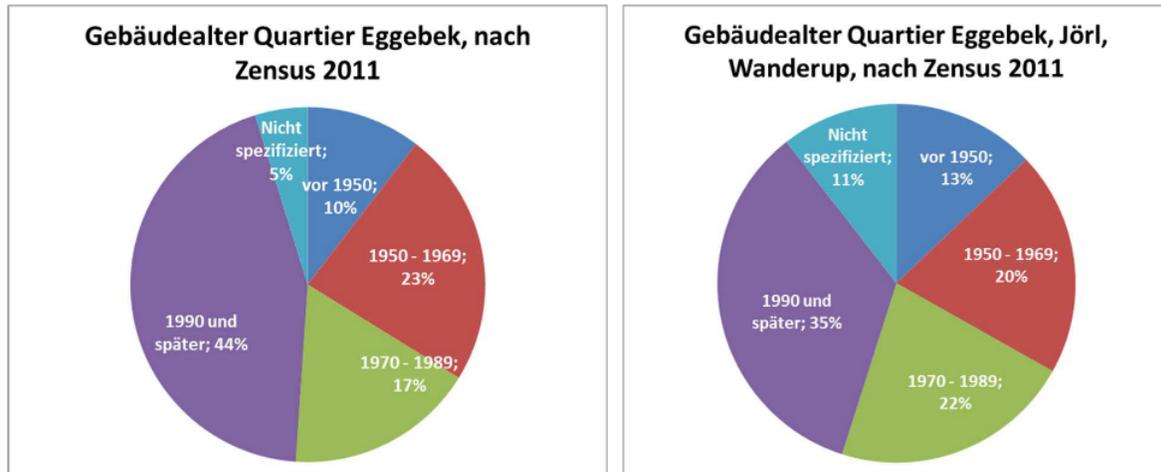


Abbildung 7-8: Verteilung der Gebäudealtersklassen im Quartier, Eggebek und im Vergleich

Auf Basis der obigen Gebäudealtersklassen konnten den Gebäuden spezifische Heizwärme- und Brauchwarmwasserbedarfswerte zugeordnet werden. Verwendet wurde dazu die Gebäudetypologie Schleswig-Holstein (Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., 2012). Der ursprüngliche Bauzustand zum Zeitpunkt der Errichtung ist nur bei Neubauten anzutreffen. Mit dem Alter der Gebäude steigen auch - statistisch - die energetischen Verbesserungen an Gebäudehülle und Anlagentechnik. Diesem Umstand wird durch unterschiedliche Modernisierungsstandards Rechnung getragen (vgl. Tabelle 7-2).

Tabelle 7-2: spezifische Heizwärmebedarfe von Einfamilienhäusern nach Baualtersklassen

EFH/ZFH	vor 1918		von 1918 bis 1948		von 1949 bis 1957		von 1958 bis 1968		von 1969 bis 1978		von 1979 bis 1987		von 1988 bis 1993		von 1994 bis 2001		von 2002 bis 2009		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
A Verbrauchskennwert [kWh/m²a]	186,6	197,2	200,5	194,9	183,7	155,4	144,0	114,4	91,3										
B Prozentualer Anteil	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%										
IST-Zustand	233,1	244,5	241,4	236,2	217,4	169,1	148,6	116,1	91,7										
nicht modernisiert	5%	4%	5%	8%	12%	38%	76%	85%	95%										
gering modernisiert	193,4	203,3	204,4	197,0	182,3	147,8	133,7	105,0	84,5										
gering modernisiert	67%	74%	79%	78%	80%	60%	20%	15%	5%										
mittel/größtenteils modernisiert	162,2	168,2	168,7	159,3	147,4	122,3	108,3												
mittel/größtenteils modernisiert	28%	22%	16%	14%	8%	2%	4%												
	mittel/größtenteils modernisiert				gering modernisiert				nicht modernisiert										

Mit diesem Datengerüst ist der aktuelle Wärmebedarf des Quartiers abschätzbar.

### 7.3.2 DERZEITIGE WÄRMEERZEUGUNG

Der zuständige Bezirksschornsteinfegermeister hat die Daten der Feuerstättenchau gemäß § 7 Abs. 11 EWKG zur weiteren Bearbeitung im Quartierskonzept anonym übergeben. Die Auswertung der Daten gibt Aufschluss über die relative Verteilung der eingesetzten Energieträger, das Alter der Wärmeerzeuger und auch über die Verwendung von Zusatzfeuerungen wie z. B. offene Kamine. Die Gemeinde Eggebek verfügt über eine nahezu geschlossene Erdgasverrohrung.

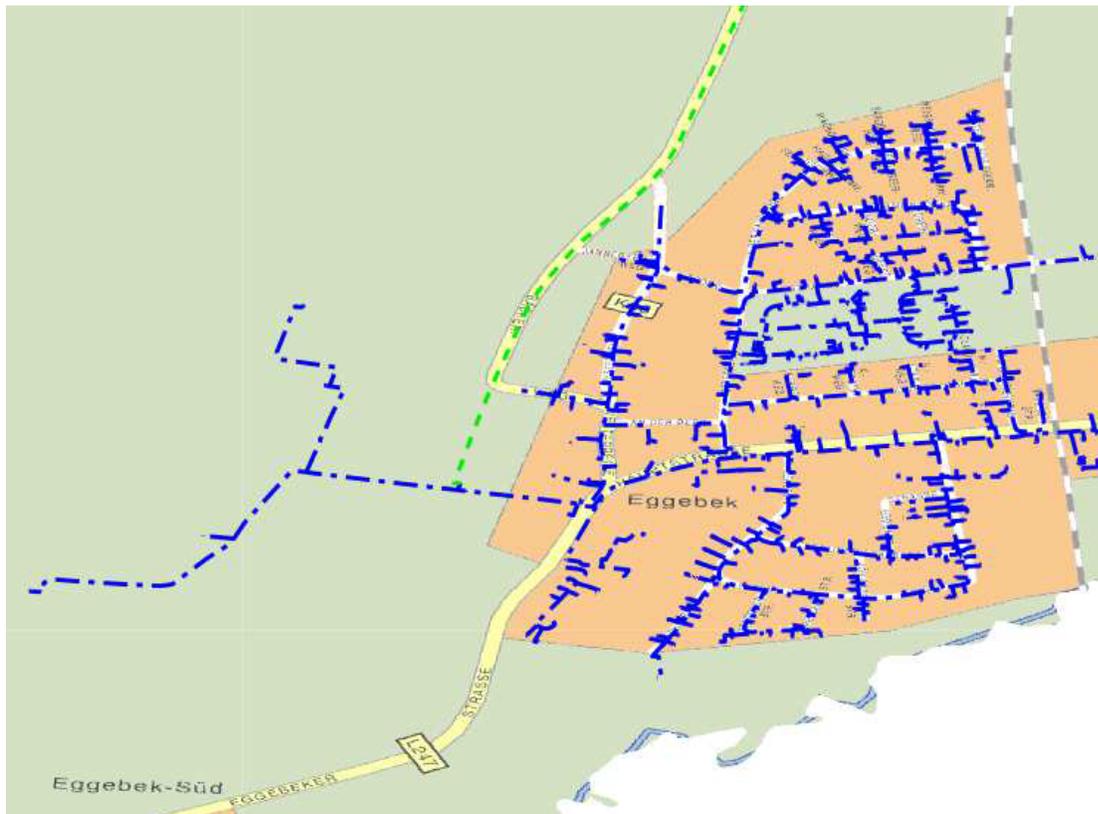


Abbildung 7-9: Gasverrohrung, Gemeinde Eggebek (Schleswig-Holstein Netz AG)

Die Auswertung der Daten zeigt, dass sowohl bei der Neuanlagenzahl als auch bei der Wärmeleistung die erdgasbetriebenen Feuerstätten diejenigen auf Basis Heizöl massiv überholen.

Gerade im Hinblick auf eine Senkung der fossilen Brennstoffkosten wurde das Zuheizen wie z. B. mit offenen Kaminen und Holz seit Jahren beliebter, was sich an dem hohen Anteil der Holz- bzw. Feststoffanlagen zeigt (vgl. Abbildung 7-11).

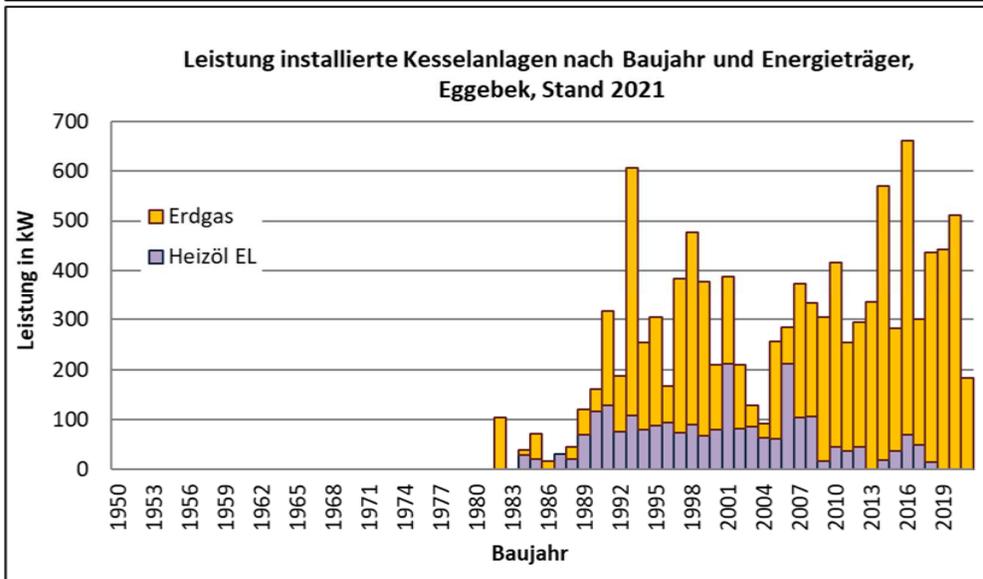
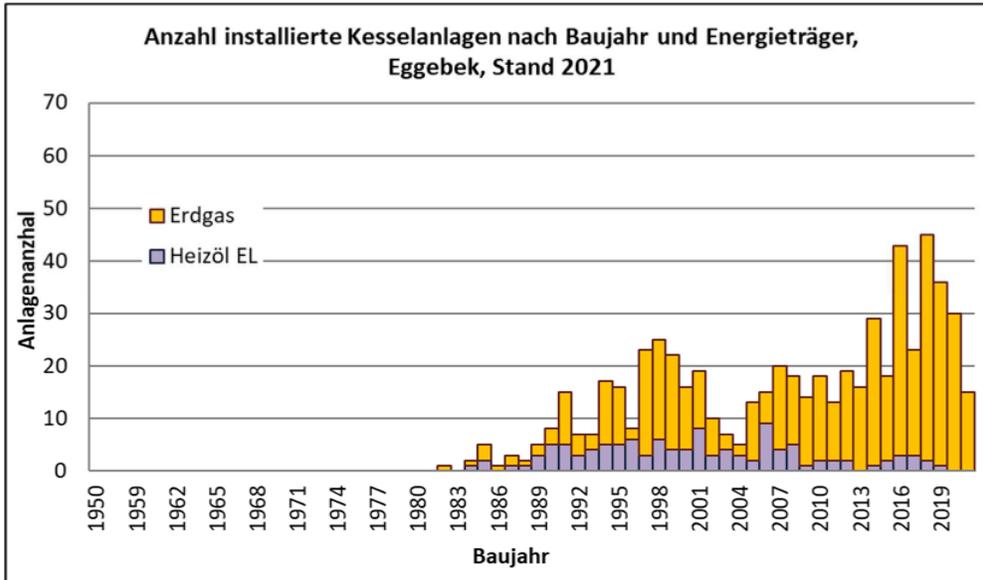


Abbildung 7-10: Anzahl und Leistung der Öl- und Gaskessel nach Baujahren

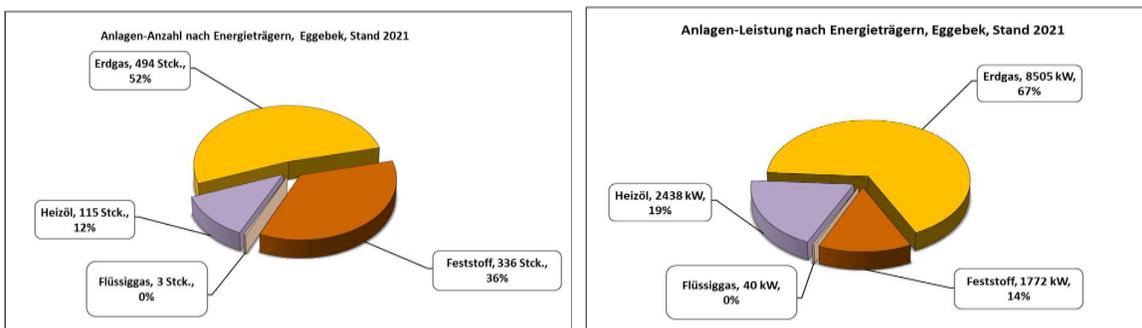


Abbildung 7-11: Verteilung nach Anzahl und Leistung aller Feuerstätten

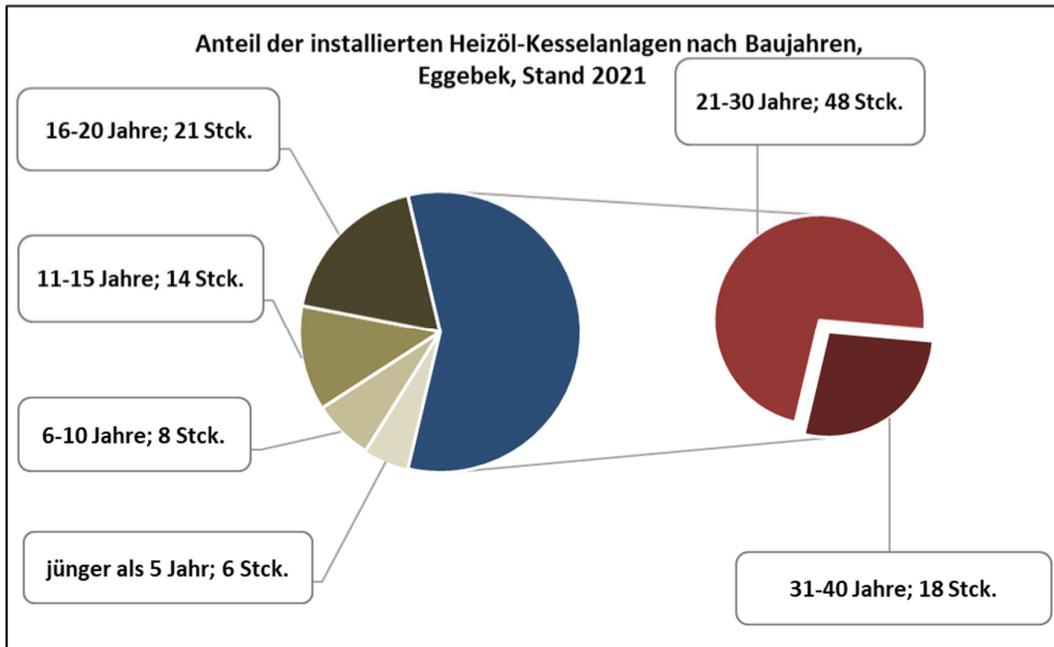


Abbildung 7-12: Anzahl und Alter der Ölkessel

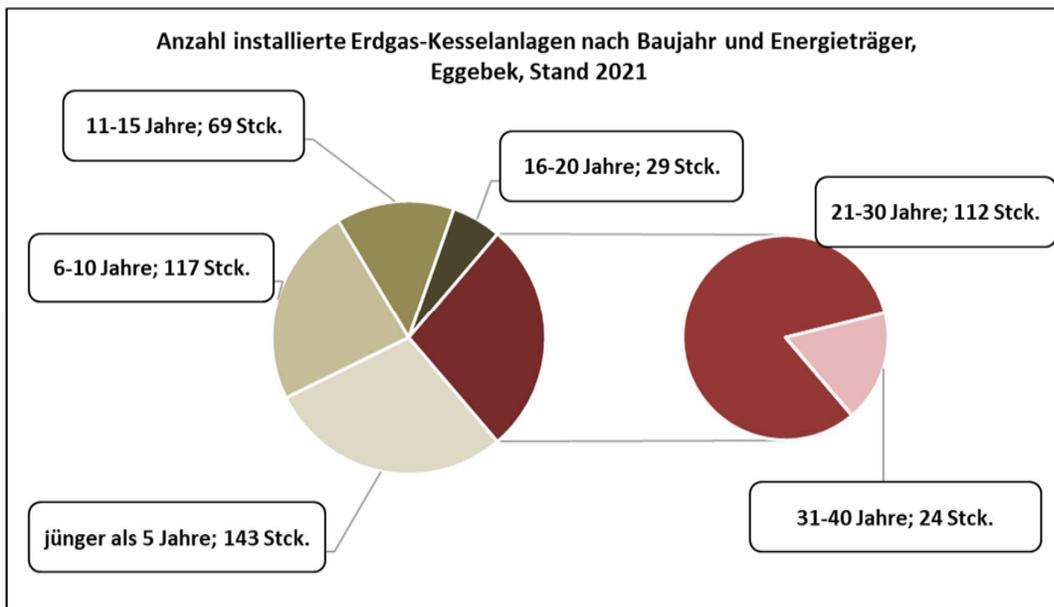


Abbildung 7-13: Anzahl und Alter der Erdgaskessel

Auffällig ist der große Anteil an erdgasbetriebenen Kesselanlagen und Thermen (rd. 500 Stck.), dies spiegelt auch die hohe Verrohrungsdichte mit Erdgas im Quartier wider. Von den installierten Heizölkesseln (rd. 115 Stck.) sind laut Feuerstättendatenbank 56 Anlagen bzw. 57 % älter als 20 Jahre und damit ersatzbedürftig. Bei den Erdgaskesseln sind 136 und somit 28 % aller Erdgasfeuerstätten im Quartier ersatzbedürftig. Hier besteht ein beträchtliches Energieeffizienzpotenzial, welches durch Optimierung der Regelung, den Einsatz der Brennwerttechnik und weiteren

Synergien bei Einsatz neuer Heizungstechnik i. H. v. rd. 10-20 % hochgradig wirtschaftlich erschlossen werden kann.

### **7.3.3 ERGEBNISSE DER FRAGEBOGENAKTION UND DER ENERGIEBERATUNG VOR ORT**

#### **7.3.3.1 FRAGEBOGENAKTION**

Um die Abschätzung zum Wärmebedarf möglichst genau zu verifizieren sowie das Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung abzufragen, wurde ein Fragebogen erstellt (vgl. Abbildung 7-14). Dieser wurde an alle Haushalte des Quartiers verteilt.

Die Auswertung der abgegebenen Fragebögen zeigt überwiegend Interesse an einer klimafreundlichen zentralen Wärmeversorgung (vgl. Tabelle 7-3).

## Energetisches Quartierskonzept Gemeinde Eggebek

### FRAGEBOGEN

Für das Quartierskonzept werden sowohl die Energie- und Kosteneinsparpotentiale im Bereich Gebäudesanierung als auch Optionen für eine zukunftsweisende Wärmeversorgung ermittelt. Um möglichst realistische Ergebnisse zu erarbeiten, ist es erforderlich, den zu erwartenden Wärmeabsatz zu kennen. Daher möchten wir von Ihnen gerne Informationen zu Ihrer Heizung, dem Brennstoffverbrauch und Ihrem Gebäude aufnehmen.

Wir freuen uns, Sie auf der Auftaktveranstaltung begrüßen zu dürfen. Bitte bringen Sie diesen Fragebogen ausgefüllt mit und nehmen Sie an der Verlosung der kostenfreien Energieberatung teil. Bitte geben Sie den Fragebogen auch ab, wenn Sie derzeit **kein Interesse** zum Thema Gebäudesanierung oder klimafreundlicher Wärmeversorgung haben. **HINWEIS: Das Beantworten der Fragen verpflichtet Sie zu nichts.**

Sollten Sie bei der Ermittlung der Daten Unterstützung benötigen oder sonstige Fragen haben, steht Ihnen Herr Jörg Wortmann vom beauftragten Planerteam gerne unter 0431 / 260 90 50 zur Verfügung.

1. Interesse an einer klimafreundlichen, zentralen Wärmeversorgung ....  ja //  nein

2. Straße + Hausnummer des Objektes \_\_\_\_\_

3. Vorname, Name \_\_\_\_\_

4. Wohnanschrift \_\_\_\_\_

5. Telefon / Email \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

6. Baujahr des Hauses \_\_\_\_\_

Baualtersklasse Haus:  vor 1948  1949 bis 1968  1969 bis 1987  nach 1988

7. Wohnfläche \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

8. Baujahr der Heizung \_\_\_\_\_

9. Leistung der Heizungsanlage \_\_\_\_\_ kW

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

- Erdgas ----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ kWh oder m<sup>3</sup>
- Flüssiggas----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ Liter, kWh oder m<sup>3</sup>
- Heizöl ----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ Liter oder m<sup>3</sup>
- Holzpellets ----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ t
- Strom (Nachtspeicher) ----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ kWh
- Strom (Wärmepumpe) ----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ kWh
- Holz (Kamin, Ofen)----- Verbrauch: \_\_\_\_\_ Raummeter
- Solarthermieanlage ----- Anlagengröße: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> Kollektorfläche
- Photovoltaikanlage ----- Anlagengröße: \_\_\_\_\_ kWp

Die anliegende Einverständniserklärung bzgl. der Erfassung und Verarbeitung personenbezogener Daten gemäß Art. 7 DSGVO und der Veröffentlichung von Fotos und/oder Videoaufnahmen habe ich vollständig ausgefüllt und unterschrieben. Damit akzeptiere ich die Datenschutzhinweise hinsichtlich der Herstellung und Verwendung von Foto und/oder Videoaufnahmen gemäß Art. 13 DSGVO, welche unter [www.klimaschutzregion-flensburg.de](http://www.klimaschutzregion-flensburg.de) einsehbar sind.

Abbildung 7-14: Fragebogen an alle Haushalte im Quartier

Tabelle 7-3: Auswertung der Fragebögen zu den Liegenschaften des Quartiers

Charakteristik	Anzahl bzw. Jahr
Anzahl rückgesendeter Fragebögen	14
davon auswertbar	14
Durchschnittliches Baujahr Gebäude	1965
Häufigste Baualtersklasse	nach 1988
Durchschnittliches Baujahr Heizung	2006
Energieträger	Heizöl: 3
	Erdgas: 10
	Wärmepumpe: 1
Interesse an einer zentralen Wärmeversorgung (Anzahl)	ja: 13
	nein: 1
	k. A.: 0

#### 7.3.3.2 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN PRIV. WOHNGBÄUDE

Auf der öffentlichen Informationsveranstaltung (vgl. Kapitel 11.2) wurden drei kostenfreie Energieberatungen für Wohngebäude verlost. Die vorliegenden Fragebögen mit den Angaben zu den Gebäuden wurden in vier Baualtersstufen aufgeteilt und drei Gewinner ausgelost. Damit wurde einerseits der lokale und möglichst repräsentative Bezug zum Quartier für die Mustersanierungen geschaffen und andererseits bekam dadurch die Informationsveranstaltung eine zusätzliche Attraktivität. Die Mustersanierungsberatung orientiert sich hierbei an der Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (BAFA, 2022 b).

#### 7.3.4 NICHT-WOHNGBÄUDE UND ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Im Folgenden werden die denkmalgeschützten Gebäude, die relevanten gewerblichen Gebäude und die öffentlichen Liegenschaften kurz skizziert.

##### 7.3.4.1 DENKMALSCHUTZ

Die heutige St. Petrus-Kirche zu Eggebek wurde vermutlich im 11. Jahrhundert als Holzkapelle errichtet, der gegenwärtige Bau geht in seinem Kern auf die Zeit um 1200 zurück (Amt Eggebek, o. J.). Die Kirche steht in ihrer Gesamtheit mit Ausstattung, Kirchhof und der Kirchhofsumwallung unter Denkmalschutz (Landesamt für Denkmalpflege SH, o. J.).



Abbildung 7-15: St. Petrus zu Eggebek (Amt Eggebek, o. J.)

Es bestehen im Quartier keine weiteren schützenswerten oder unter Denkmalschutz stehenden Gebäude.

Eine Ortsgestaltungs- oder Erhaltungssatzung für Eggebek besteht nicht.

Auf Amtsebene wurde 2017 ein Amtsentwicklungskonzept erstellt und veröffentlicht (Raum & Energie, 2017); ein Orts(kern)entwicklungskonzept wurde bisher nicht erarbeitet.

#### 7.3.4.2 LANDWIRTSCHAFT

Nach Angaben des statistischen Amtes für Hamburg und Schleswig-Holstein bestehen in der Gemeinde Eggebek 9 landwirtschaftliche Betriebe (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2019).

Tabelle 7-4: Landwirtschaftliche Betriebe Eggebek

Spezifikation Landwirtschaftliche Betriebe	Angabe
Landwirtschaftliche Betriebe	9
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	645 ha
Betriebe mit Viehhaltung	9
Viehbestand insgesamt	1.230 GVE
Betriebe mit ökologischem Landbau	-
Anbau Getreide	69 ha
Anbau Silomais / Grünmais	237 ha
Gemeindegröße	1.668 ha
relativer Anteil landwirtschaftlichen Fläche an Gemeindefläche	39 %
Bevölkerung (2020)	2.512

Mit einem landwirtschaftlichen Nutzflächenanteil von nur 39 % an der Gemeindefläche wird die deutlich geringere Bedeutung der Landwirtschaft im Gegensatz zu anderen Gemeinden wie z. B. Jörl (75 %) deutlich.

### 7.3.4.3 GEWERBE

Der Handels- und Gewerbeverband Eggebek-Langstedt e.V. (HGV) ist zentraler Ansprechpartner für die ansässigen gewerblichen Unternehmen in der Gemeinde Eggebek. Im Quartier existieren gewerbliche Einrichtungen, die vermuten lassen, dass hier ein vergleichbar höherer Wärmebedarf vorliegt wie bei der vergleichbaren Wohnbebauung mit ähnlichem Baukörper. Aus Datenschutzgründen wurden im Rahmen dieser Konzepterstellung keine genauen Verbrauchsangaben ermittelt und dokumentiert. Dies wird bei Konkretisierung einer weitergehenden Vorplanung für z. B. eine potenzielle Nahwärmeversorgung bilateral abgefragt. Im Folgenden sollen trotzdem relevante gewerbliche Betriebe kurz skizziert werden.

#### 7.3.4.3.1 TEAM BAUCENTER GMBH & CO., HAUPTSTRASSE 21, EGGBEK



Abbildung 7-16: Frontansicht und Luftbild, team baucenter, Eggebek

Obwohl der Standort des team baucenter in Eggebek außerhalb des Quartieres liegt, soll dieser aufgrund des hohen Wärmebedarfspotenzials mitbetrachtet werden. Das baucenter verfügt nach eigenen Angaben über rd. 40.000 m<sup>2</sup> Verkaufs- und Ausstellungsfläche an der Hauptstrasse 21, entlang der Bahnlinie. Nach Gesprächen mit Standort- und Fachmarktleiter über Perspektiven einer klimafreundlichen Heizenergieversorgung besteht hier großes Interesse. Die Erdgasheizung ist altersbedingt austauschbedürftig und die steigenden Erdgaskosten sind zusätzlich zu den Klimaschutzgründen ausreichend Motivation um neue Wege der Heizenergieversorgung zu beschreiten, so die Leitung im persönlichen Gespräch (Christiansen & Lorenzen, 2022).

#### 7.3.4.3.2 REWE MARKT, HAUPTSTRASSE 55



Abbildung 7-17: Frontansicht und Luftbild, REWE Markt, Eggebek

Auffällig ist die Traufbebauung an der Hauptstraße mit Pultdach für optimale Solarstromnutzung der installierten Photovoltaikanlage. Ob überproportionale Wärmebedarfe vorliegen und ggfs. Nachbargebäude mitversorgt werden könnten, müsste bei einer Wärmenetz-Planung in Erfahrung gebracht werden.

#### 7.3.4.3.3 HOPPE FLEISCHWAREN GMBH, AM KLINKENBERG 18



Abbildung 7-18: Luftbild, Hoppe Fleischwaren (Hoppe-Fleischwaren, o. J.), Eggebek

Auch der 1946 gegründete Familienbetrieb liegt östlich der Quartiersfläche, soll aber hier kurz skizziert werden. Der fleischverarbeitende Betrieb beschäftigt nach eigenen Angaben rd. 65 Mitarbeiter. Aufgrund der Fleischverarbeitung und Wurstherstellung wird Heizwärme in relevanter Größenordnung benötigt; es fällt aber auch aufgrund der Kühlprozesse Abwärme an. Diese Potenziale sind bei späterer Wärmeversorgungsplanung zu berücksichtigen.

#### 7.3.4.4 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Im Quartier bestehen mehrere öffentliche Liegenschaften, die in Tabelle 7-5 zusammenfassend vorgestellt werden. Die aufgeführten Liegenschaften liegen mit ihren sehr unterschiedlichen Heizenergieverbräuchen recht nah im Bereich der Hauptstraße beieinander, was ein wesentlicher Vorteil bei einer Erschließung mit klimafreundlicher Nahwärme wäre: So lägen schon signifikante Verbräuche vor, über die kommunal entschieden werden kann.

Tabelle 7-5: Übersicht der öffentlichen Liegenschaften und Energieverbräuche, Eggebek

LIEGENSCHAFT / NAME	STRASSE, NR.	EIGENTÜMER	HEIZENERGIE- VERBRAUCH (MITTELWERT 2017-2019 IN KWH/A)	STROMVER- BRAUCH (MIT- TELWERT 2017- 2019 IN KWH/A)	HEIZSYSTEM, ENERGIETRÄ- GER
FEUERWEHRGE- RÄTEHAUS	Bahnhofstraße 99	Gemeinde Eg- gebek	22.000	4.600	Erdgas
KITA BEEK- SPATZEN	Berliner Straße 1	Gemeinde Eg- gebek	68.600	17.600	Holzpelletkes- sel
JUGEND- UND KINDERZEN- TRUM	Am Beektal 1	Gemeinde Eg- gebek	12.900	3.000	Erdgas
BAUHOFF EGGE- BEK	Bachstraße	Gemeinde Eg- gebek	18.800	700	Erdgas, PV- Anlage
WOHNGEBÄUDE	Westerreihe 13	Gemeinde Eg- gebek	-	-	-
SENIOREN- WOHNANLAGE	Hauptstraße 62-70	Amt Eggebek	115.000	-	zentraler Erd- gas-Kessel, PV-Anlage
EICHENBACH- SCHULE	Hauptstraße 34	Amt Eggebek	1.086.700	183.400	Erdgas, Kessel + BHKW, PV- Anlagen
FAMILIENZEN- TRUM	Am Beektal 1	Amt Eggebek	135.300	4.700	Erdgas
BEGEGNUNGS- STÄTTE	Hauptstraße 60	Amt Eggebek	59.500	1.800	Erdgas
ALTES VER- WALTUNGSGE- BÄUDE	Hauptstraße 28	Amt Eggebek	75.600	-	Erdgas
ASYLUNTER- KUNFT	Breslauer- straße 7	Amt Eggebek	29.000	2.400	Heizöl
WOHNGEBÄUDE	Süderfeld 1	Amt Eggebek	-	-	Heizölkessel, Solarthermie

#### 7.3.4.4.1 FEUERWEHRGERÄTEHAUS, BAHNHOFSTRASSE 99



Abbildung 7-19: Flurkarte, Luftbild und Ansicht Feuerwehrrgerätehaus, Eggebek

Die seit 1890 bestehende Freiwillige Feuerwehr Eggebek (Freiwillige Feuerwehr Eggebek, o. J.) bezog 1990 das neu errichtete Feuerwehrrgerätehaus mit Schulungsraum in der Bahnhofstraße, die als Stichstraße auf die Hauptstraße an der Bahnlinie mündet. Aufgrund der sporadischen Nutzung besteht hier nur ein geringer Heizwärmebedarf.

#### 7.3.4.4.2 KiTA BEEK-SPATZEN, BERLINER STRASSE 1

Die Kindertagesstätte Beek-Spatzen verfügt über eine Aufnahmekapazität von 107 Kindern im Alter von 8 Wochen bis zu 6 Jahren.



Abbildung 7-20: Flurkarte, Luftbild und Ansicht KiTa Beeken-Spatzen

Die Anlage macht augenscheinlich den Eindruck, dass kein energetisches Sanierungs- oder Instandsetzungspotenzial vorhanden ist; der Heizenergieverbrauch wird klimafreundlich über eine Holzpelletanlage gedeckt.

#### 7.3.4.4.3 JUGEND- UND KINDERZENTRUM - JUKIDZ, AM BEEKTAL 1



Abbildung 7-21: Flurkarte, Luftbild und Ansicht JuKidZ

In unmittelbarer Nähe zum Familienzentrum im Beeketal liegt das JuKidZ, welches augenscheinlich keinen Sanierungsstau aufweist. Die Beheizung erfolgt mit einer Erdgastherme, die mit rd. 19 Jahren die technische Lebensgrenze bald erreicht hat.

#### 7.3.4.4.4 BAUHOF EGGBEK, BACHSTRASSE



Abbildung 7-22: Flurkarte, Luftbild, Ansicht, Wärmeerzeugung und -Übergabe, Bauhof, Bachstraße

Der um ca. 1965 errichtet und später erweiterte Bauhof am Ende der Bachstraße im Beeketal verfügt über eine Erdgastherme zur Beheizung der Werkstätten und Hallen. Der Verbrauch liegt bei

knapp 20 MWh/a, die Therme ist 16 Jahre alt und mittelfristig ersatzbedürftig. Eine PV-Anlage ist auf West- und Süddach installiert.

#### 7.3.4.4.5 WOHNGEBÄUDE, WESTERREIHE 13



Abbildung 7-23: Flurkarte, Luftbild und Ansichten ehem. Schlachtereier Neuwerk, Westerreihe 13

Die ehemalige Schlachtereier Neuwerk wurde nach Geschäftsaufgabe durch die Gemeinde Ende 2020 gekauft. Das Nutzungskonzept, z. B. ob Wohnraum geschaffen oder Gewerbe angesiedelt wird, wird den zukünftigen Heizenergieverbrauch auf diesem vergleichsweise großen Grundstück mit rd. 4.000 m<sup>2</sup> bestimmen.

#### 7.3.4.4.6 SENIORENWOHNANLAGE, HAUPTSTRAÙE 62-70



Abbildung 7-24: Flurkarte, Luftbild und Ansichten Seniorenwohnanlage

Die Seniorenwohnanlage am Beektal mit Zugang von der Hauptstraße verfügt über 5 Mehrparteienwohngeläude (62, 64, 66, 68, 70) und ein Gemeinschaftshaus am Eingang, welches den Heizraum mit der zentralen Wärmeversorgung (Kesselbaujahr 2013) stellt. Die Gebäude sind um 1990 errichtet; es ist kein kurzfristig zu erschließendes Energieeinsparpotenzial oder

Instandsetzungszustand zu erkennen. Der jährliche Erdgasverbrauch liegt im Mittel bei rd. 115 MWh; auch hier sind auf zwei Schrägdächern vollflächig PV-Module installiert.

#### 7.3.4.4.7 EICHENBACHSCHULE, STANDORT HAUPTSTR. 34, EGGBEK

Die Eichenbachschule in Eggebek umfasst die Grundschule mit rd. 190 Schülerinnen und Schülern, die Gemeinschaftsschule der Klassen 5 bis 10 und die offene Ganztagschule mit Betreuung und Cafeteria / Mensa für das Mittagessen sowie eine Sport- und Schwimmhalle.



Abbildung 7-25: Flurkarte, Luftbild und Nord-Ansichten Eichenbachschule, Eggebek

Entsprechend ihrer Größe und Versorgungseinrichtungen besteht ein hoher Wärmebedarf von rd. 1.100 MWh jährlich; das entspricht etwa dem mittleren Heizenergiebedarf von rd. 60 typischen Einfamilienhäusern. Gedeckt wird dieser Heizenergiebedarf über eine erdgasversorgte Kessel- und BHKW-Anlage. Das Amt Eggebek plant derzeit die Umstellung der Erdgas-Heizung auf einen Biomasse-Kessel, der auch weitere Liegenschaften im Umfeld versorgen bzw. später in ein größeres Wärmenetz einspeisen könnte (vgl. Kapitel 9.1).

#### 7.3.4.4.8 FAMILIENZENTRUM, AM BEEKTAL 1

Das bewegte Familienzentrum, welches als Ziel hat, möglichst viele unterschiedliche familienunterstützende Angebote im Amtsbereich zu entwickeln und das Quartier noch mehr mit Leben zu füllen, ist im großen Gebäude des ehemaligen Callcenters untergebracht (Amt Eggebek, o. J.).



Abbildung 7-26: Flurkarte, Luftbild und Ansichten, Familienzentrum, Am Beektal 1

Das Objekt verfügt über ein voll ausgebautes Dachgeschoss, Erdgeschoss und eine Souterrain-ebene mit Tageslichteinlass. Der Erdgasverbrauch liegt im Mittel bei rd. 135 MWh jährlich.

#### 7.3.4.4.9 ALTES VERWALTUNGSGEBÄUDE, HAUPTSTRASSE 28



Abbildung 7-27: Flurkarte, Luftbild und Ansichten Wohngebäude (4 WE)

Das umgebaute Gebäude wird als MFH für Wohneinheiten genutzt; die rückwärtig angebrachten, vorgeständerten Balkone erhöhen den Wohnwert.

Der Erdgasverbrauch der Kesselanlage von 1999 liegt im Mittel bei rd. 76 MWh jährlich. Ein Modernisierungs- oder Instandhaltungsstau am Gebäude ist äußerlich nicht zu erkennen.

#### 7.4 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-BILANZ DES QUARTIERS

Grundlage der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung sind die abgeschätzten spezifischen Heizwärmebedarfe nach Baualtersklassen (siehe Kapitel 7.3.1 ). Die zweite notwendige Kenngröße ist die Energiebezugsfläche. Hier erfolgte die Abschätzung auf Basis von Geodaten. Das Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein stellt den Städten und Gemeinden in Schleswig-Holstein kostenfrei Geobasisdaten zur Verfügung. Mit Hilfe des Liegenschaftskatasters und des 3D-Gebäudemodells (LoD1) konnten die Gebäudegrundflächen und die jeweilige Geschossanzahl ermittelt werden. Die so berechneten Heizenergiebedarfe je Gebäude wurden in einem letzten Schritt mit den übermittelten Realdaten der Fragebogenerhebung, den Feuerstättendaten und des Gasverbrauchs plausibilisiert.

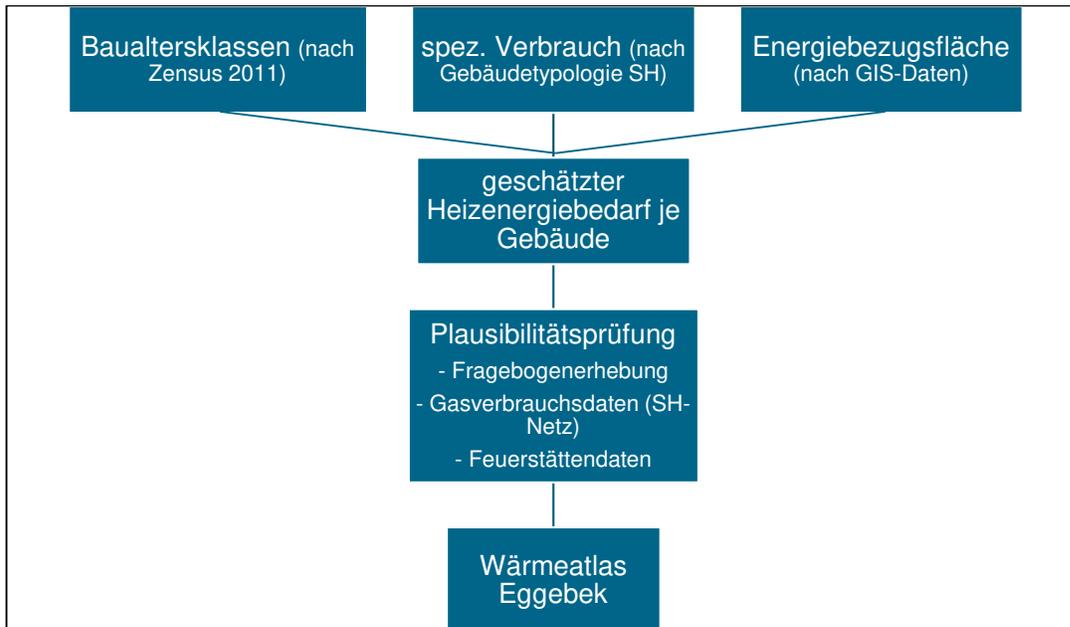
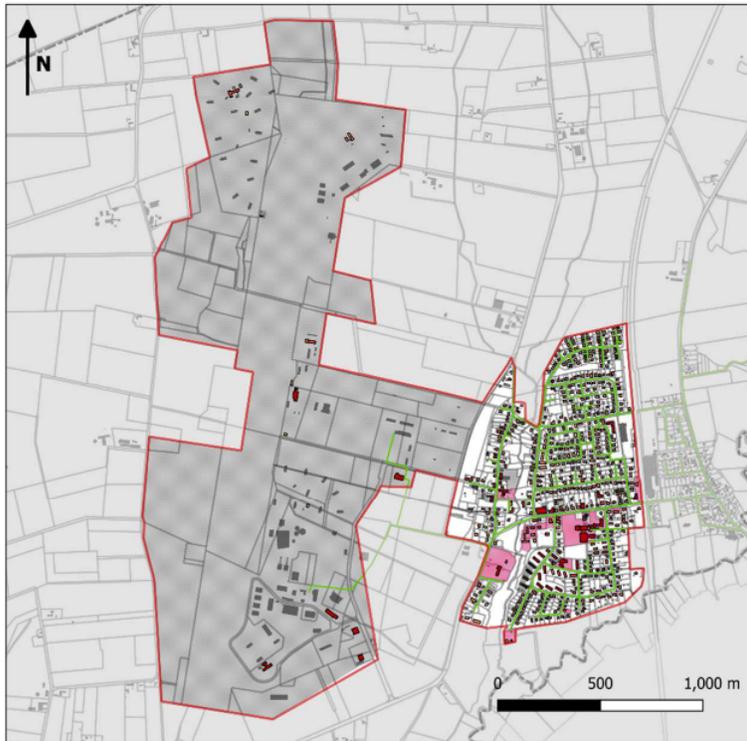


Abbildung 7-28: Vorgehensweise zur Erstellung der Wärmeatlases

Das Ergebnis ist im Wärmeatlas (vgl. Abbildung 7-29 und Abbildung 7-30) dargestellt.



**Eggebek Gesamt**  
Wärmeatlas

Legende

- Heizenergiebedarf (im Jahr 2021)
- < 15 MWh/a
  - 15 - 35 MWh/a
  - 35 - 65 MWh/a
  - > 65 MWh/a

- Gasnetz
- Gebäude
- Öffentliche Liegenschaften
- Gewerbe
- Flurstücksgrenzen
- Quartiersgrenze
- Gemeindegrenzen

Arbeitsgemeinschaft	
Energie • Klimaschutz • Ingenieurberatungen	
E M N	
Erstellt von: Daniel Bormann	

Abbildung 7-29: Wärmeatlas des gesamten Quartiers Eggebek (Zentrum und ehem. Fliegerhorst)

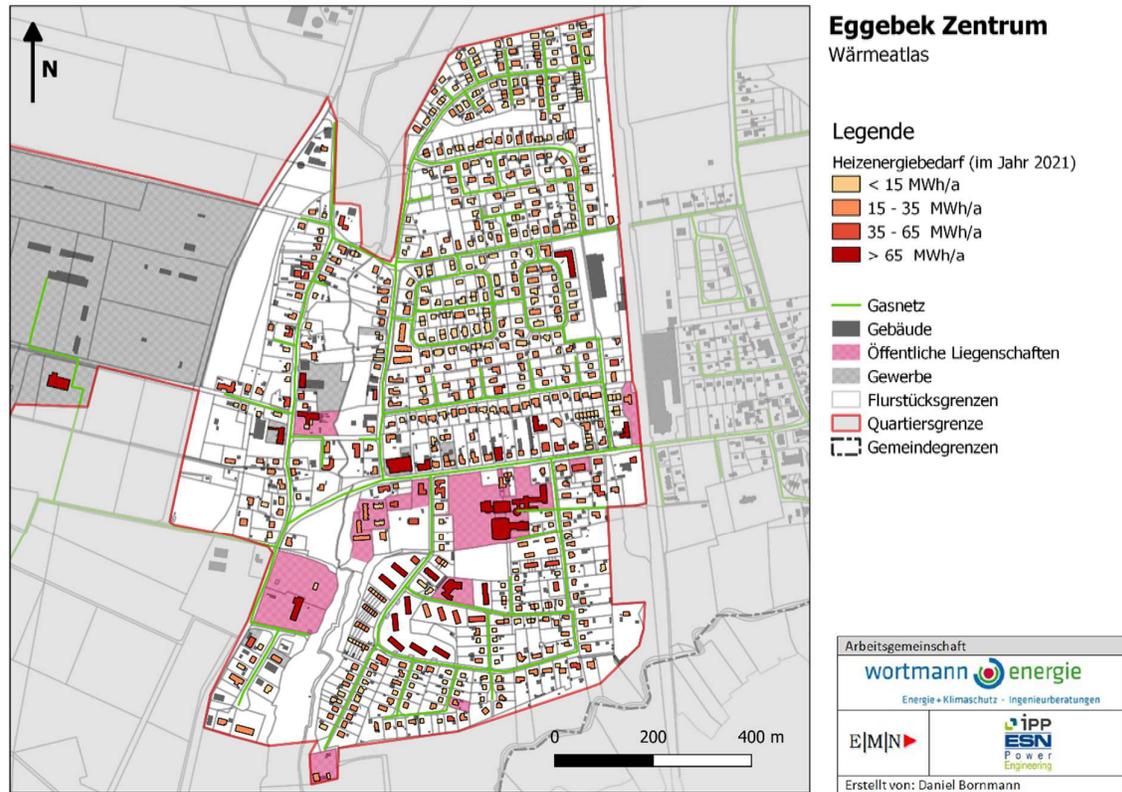


Abbildung 7-30: Wärmetlas des Quartiers, Zentrum Eggebek

Der Heizenergiebedarf im Quartier teilt sich gemäß Tabelle 7-6 auf die verschiedenen Gebäudearten auf.

Tabelle 7-6: Heizenergiebedarf im Quartier im Jahr 2020

Wohngebäude		Nichtwohngebäude	Gesamt
Anzahl	MWh/a	MWh/a	MWh/a
606	11.694	3.360	15.053

Abbildung 7-31 zeigt die Verteilung der Energieträger im Quartier auf Basis der Auswertungen der Feuerstättendaten und der ergänzenden Plausibilitätsprüfungen aus Gasverbrauch und statistischen Annahmen und verdeutlicht den hohen Erdgasanteil des Energieträgersplits der Kesselanlagen (ca. 70 %, bezogen auf den Endenergiebedarf).

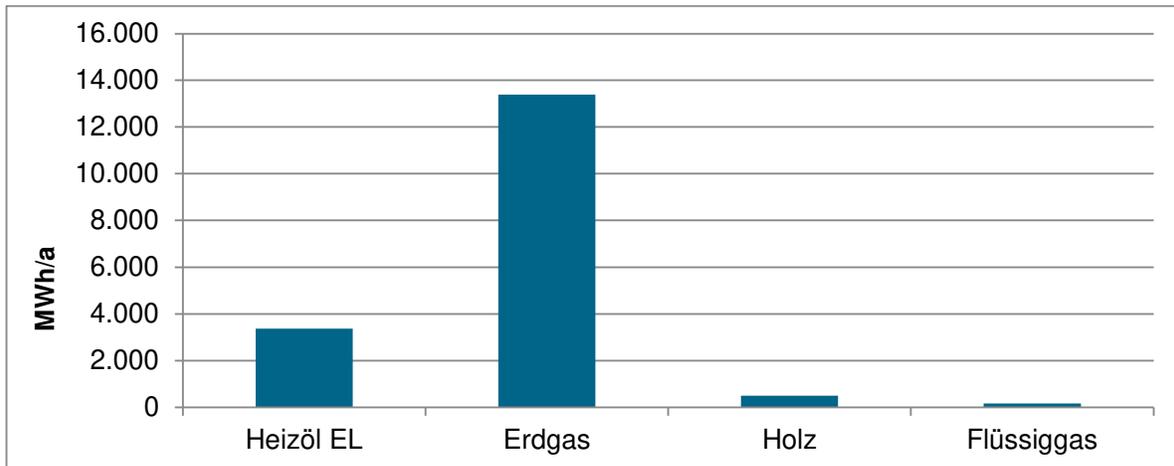


Abbildung 7-31: Aufteilung Endenergiebedarf nach Energieträgern

Die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Quartiers erfolgt durch die Multiplikation der ermittelten Energieverbräuche mit den zugrunde gelegten spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren:

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

ENERGIETRÄGER	SPEZIFISCHE EMISSIONEN	QUELLE	PRIMÄRENERGIE-FAKTOREN	QUELLE
Erdgas	247 g/kWh	(IfEU, 2019)	1,1	GEG
Heizöl	318 g/kWh		1,1	
Flüssiggas	276 g/kWh		1,1	
Holzpellets	25 g/kWh		0,2	
Solarthermie	24 g/kWh		0,0	
Strom	vgl. Abbildung 7-32 (UBA, 2021)		1,8 bzw. 2,8	

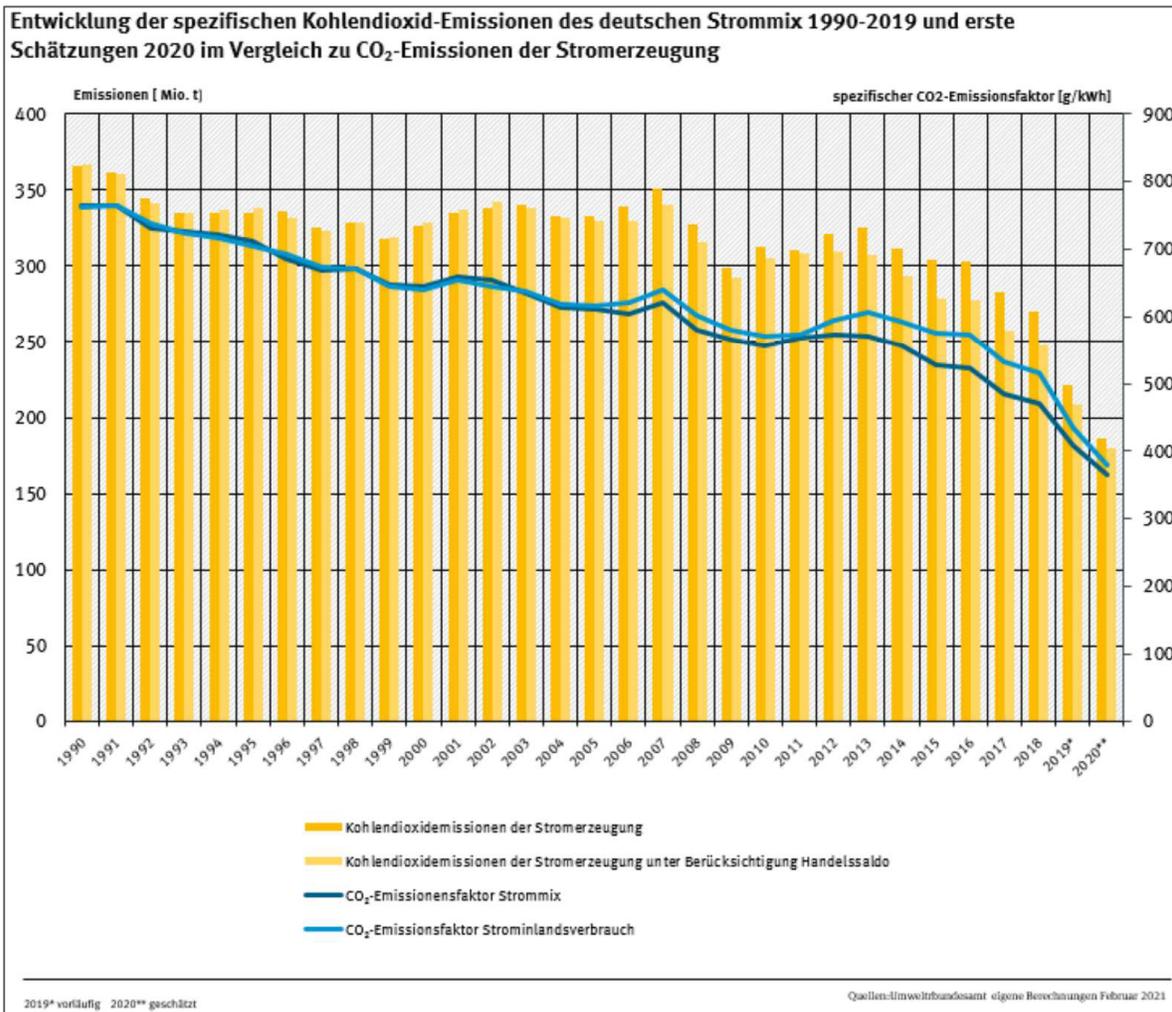


Abbildung 7-32: Entwicklung der spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes

Tabelle 7-8 stellt die aktuelle Bilanz des Endenergiebedarfs, der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergiebedarfs des Quartiers dar.

Tabelle 7-8: Jährliche Wärme-, Endenergie-, CO<sub>2</sub>- und Primärenergiebilanz für das Quartier Eggebek

ENERGIETRÄGER	HEIZENERGIEBEDARF [MWH]	ENDENERGIEBEDARF [MWH]	PRIMÄRENERGIEBEDARF [MWH]	CO <sub>2</sub> -AUSSTOß [T]
Heizöl EL	2.927	3.365	3.701	1.070
Erdgas	11.644	13.383	14.722	3.306
Holz	346	494	99	12
Flüssiggas	137	157	173	43
<b>Summe</b>	<b>15.053</b>	<b>17.399</b>	<b>18.695</b>	<b>4.431</b>

## 7.5 ZUSAMMENFASSUNG BESTANDSAUFNAHME

Die Siedlungsstruktur Eggebeks mit seinen rd. 2.500 Einwohnern ist durch die seit 1867 existierende Bahnlinie und den schon in den 1930er-Jahren angelegten und 1960 reaktivierten Fliegerhorst geprägt. Die frühere landwirtschaftliche Ausrichtung der Besiedlung wich insbesondere nach Kriegsende und dann in den 70er- und 80er-Jahren einer Wohnbebauung für Familien, die lokal und regional Arbeit in den naheliegenden Mittelzentren Husum und Schleswig sowie im Oberzentrum Flensburg fanden und finden, vgl. auch (Raum & Energie, 2017). So ist auch die Zeilenbebauung der Mehrfamilienhäuser mit 2 Vollgeschossen typisch für diese Bau- und Siedlungsperiode (z. B. Treenering, Berliner Straße).

Die Wohngebäudesituation und deren energetische Qualitäten (Heizwärmebedarf) sind trotzdem recht heterogen und schwer standardisiert abzuschätzen, da oftmals Teilsanierungen in unterschiedlichem Maße vorgenommen wurden. Vergleichbare energetische Sanierungspotenziale aufgrund gleicher Bautypologie lassen sich daher schwer ableiten. Wohnungsunternehmen, die über einen signifikanten vermieteten Gebäudebestand verfügen würden, bestehen in Eggebek nicht.

Eggebek verfügt über eine größere Anzahl relevanter öffentlicher Liegenschaften, sowohl kommunal als auch auf Amtsebene. Hinsichtlich ihres Energiebedarfs herausragend ist hier die Eichenbachschule mit rd. 1,1 MWh Erdgaseinsatz. Entlang der Hauptstraße befinden sich zahlreiche Objekte, bei denen die Gemeinde oder das Amt direkte Entscheidungsbefugnis über die zukünftige Wahl des Energieträgers bzw. des zukünftigen Heizsystems haben. Diese „Ankerkunden“ bieten eine sehr gute Voraussetzung für eine klimafreundliche Nahwärmeversorgung, wenn diese politisch gewollt ist.

## 8 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

Die energetische Gebäudesanierung bedient mehrere Zielstellungen zugleich: Einhergehend mit den notwendigen, ohnehin stattfindenden Instandsetzungsmaßnahmen am und im Gebäude können durch die Erfüllung neuester technischer Standards bei der Wärmedämmung oder der Anlageneffizienz der Energieverbrauch und damit die für die Erderwärmung verantwortlichen Treibhausgasemissionen beträchtlich gesenkt werden.

Die Neubaupraxis und entsprechende Forschungsprojekte haben die Machbarkeit von hocheffizienten energiesparenden Gebäuden unter Beweis gestellt. In Einklang mit den technischen Optionen und Fortschritten der Baupraxis hat der Gesetzgeber, zuletzt mit dem GEG, die energierelevanten Vorgaben für Neubauten kontinuierlich angehoben. Die Techniken des energiesparenden und -effizienten Bauens sind etabliert; heutige Neubauten orientieren sich an der EU-Gebäuderichtlinie eines „nahezu Nullenergiehauses“ (nZEB) oder bilden als „Plus-Effizienzhaus“ bilanziell Energieüberschüsse (dena, o. J.).

Abbildung 8-1 zeigt diese Entwicklung der gesetzlichen Vorgaben, der Baupraxis und der Forschungsvorhaben innovativer Gebäudetypen (Sigmund, 2014).

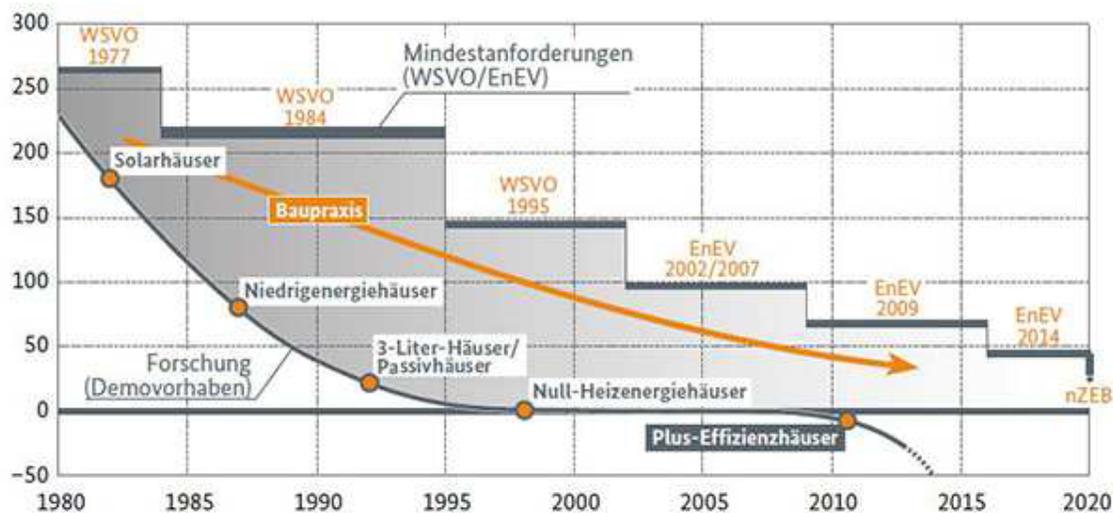


Abbildung 8-1: Entwicklung des energieeffizienten Bauens (Primärenergiebedarf in kWh / (m<sup>2</sup>·a) )

Der mittlere, flächenspezifische Primärenergiebedarf für Ein- und Zweifamilienhäuser liegt bundesweit bei rd. 220 kWh/(m<sup>2</sup>·a) und damit um den Faktor 4 bis 5 über den Anforderungen für Neubauten (dena, 2016, S. 60). Dieser hohe Unterschied zwischen Bestand und Neubau offenbart die enorm hohen baulichen und finanziellen Anforderungen an eine zielführende energetische Sanierung auf ein neubauähnliches Verbrauchsniveau.

### 8.1 GEBÄUDESANIERUNGSPOTENZIAL – VORGEHENSWEISE, RAHMENBEDINGUNGEN

Bei der Betrachtung der vielfältigen Energieeffizienz- und Einsparpotenziale der Gebäudesanierung kann systematisch zwischen technischen und nutzerbezogenen Maßnahmen unterschieden werden:

- Technische Maßnahmen:
  - Einsparung: Dämmung der Gebäudehülle, wärmeschützende Fenster und Türen
  - Effizienz: Verbessern der Anlagentechnik wie z. B. Einsatz effizienter Kessel, Pumpen, intelligente Regelung / Steuerung usw.
  - Erneuerbare Energie: z. B. Einsatz von Solarenergieanlagen, Wärmepumpen, Holzpelletkesseln etc.
- Nutzerverhalten:
  - Reduzieren der Raumtemperaturen
  - Optimiertes Lüftungsverhalten

Die Vielzahl der Informationen und die Vielzahl der technischen Details und Technik-Lösungen für Gebäudesanierungsmaßnahmen führen - so die Erfahrung der Autoren aus der Beratungspraxis - eher zu Verunsicherung als zu einer forcierten Umsetzung der angedachten energetischen Maßnahmen. Abhilfe ist hier dringend in Form umfassender und unabhängiger Beratung notwendig.

Wünschenswert wäre im Sinne des Klimaschutzes eine umfassende energetische Sanierung von Gebäudehülle und Anlagentechnik, mit dem Ziel eines KfW-Effizienzhauses 55 oder mindestens einer Qualität, die heutigen Neubauten entspricht. Dieses Ziel ist nur mit erheblichem ökonomischem Aufwand zu erreichen. Die bestehenden Wärmebrücken, die Fundamente und Sohlen sind oftmals erst durch Rückbau und Rohbauzustand des Gebäudes bauphysikalisch einwandfrei mit einem hohen Wärmeschutz zu versehen; das ist im Wohngebäudebestand kaum realisierbar und führt zu enormen Investitionskosten. Solche massiven Verbesserungen der energetischen Qualität der Gebäude werden typischerweise nur in wenigen Fällen realisiert - jeweils vorausgesetzt die finanziellen Mittel stehen zur Verfügung:

- Bei Eigentümerwechsel und Änderung der Wohnraumzuschnitte für eine neue Nutzung (z. B. früher Rentnerhepaar - jetzt junge Familie mit Kindern) oder
- bei Anbau / Umbau durch geänderte Nutzung und damit Anlass, das Gesamtgebäude baulich-energetisch anzufassen.

In den anderen Fällen werden meist nur Teilbereiche saniert, die oftmals aus Gründen der Instandsetzung oder Modernisierung zu ersetzen bzw. zu verbessern sind. Dies betrifft dann den Austausch alter Fenster, abgängige Dacheindeckung oder veraltete Kesselanlagen. Die Außenwand – gerade die zweischaligen Klinkerwände im norddeutschen Raum – werden in den seltensten Fällen energetisch saniert.

Im Folgenden sollen kurz die Treiber für energetische Sanierungen beschrieben und erläutert werden. Häufige Treiber für die energetische Sanierung sind

- die Höhe der Energiepreise der fossilen Energieträger Erdgas, Heizöl und deren zu erwartender Preisanstieg aufgrund der CO<sub>2</sub>-Bepreisung und derzeit aktueller Preisanhebungen aufgrund der Verknappung (drastische Abkehr von russischen Öl- und Gasimporten);
- Befürchtungen, dass insgesamt die Preise für die Heizenergieversorgung auch im Bereich der regenerativen Energien insbesondere Holzpellets sich am allgemeinen Wärmemarkt orientieren und zukünftig weiter stark ansteigen;
- Vorschriften und Gesetze: GebäudeEnergieGesetz (GEG-2020) und Energiewende- und Klimaschutz-Gesetz für Schleswig-Holstein;

- Anreize durch seit 2021 verbesserte Förderprogramme: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) über die KfW und das BAFA, ggf. ergänzt durch Landesprogramme über die IB.SH;
- Nutzungs- oder Lebensdauer und Ersatzzyklen für Gebäudebauteile und technische Anlagen.

Auf zwei Punkte, die Nachrüstpflichten und die seit Jahreswechsel deutlich erhöhten Förderungen, soll im Folgenden näher eingegangen werden.

Die wichtigsten Nachrüstpflichten für Bestandsgebäude gemäß aktuellem Gebäudeenergiegesetz (GEG-2020) zeigt Tabelle 8-1, die Auswirkungen der Novellierung des Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG) bei Erneuerung der Heizungstechnik zeigt Tabelle 8-2.

Zu den nicht quantifizierbaren oder weichen Argumenten für eine energetische Gebäudesanierung bei der Entscheidung der Gebäudeeigentümer ist sicherlich die zunehmende Einsicht in die Dringlichkeit der Umsetzung eigener Klimaschutzmaßnahmen zu zählen, also konsequentes Handeln zum Erschließen der offensichtlichen Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand.

Seit Beginn des Jahres 2021 wurde das Förderdesign für Energieeffizienz und klimaschutzrelevante Maßnahmen für Wohn- und Nichtwohngebäude über die zentralen Förderstellen KfW und BAFA deutlich verschlankt. Die Förderhöhen sind fast ausnahmslos<sup>2</sup> gleichgeblieben (vgl. Kapitel 8.2).

Vor dem Hintergrund der finanziellen Möglichkeiten, der Erneuerungszyklen der Bauteile technischen Anlagen sowie der Fördermittelooptionen wurden in den Beratungsgesprächen vor Ort die pragmatischen Sanierungsvorschläge erläutert. Folgende Maßnahmen wurden prioritär diskutiert und vorgeschlagen:

Maßnahmen an der Gebäudehülle:

- Dämmung der Kellerdecke, wenn diese denn, wie nur in wenigen Fällen, vorhanden ist;
- nachträgliche Kerndämmung der zweischaligen Außenwand, wenn ein Luftspalt von mehr als 40 mm vorliegt;
- statische Ertüchtigung der Vormauerschale und / oder Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems bei Schäden an Vormauerziegel und Fugenbild oder Putzfassade;
- dreifach Wärmeschutzverglasung mit gedämmtem Rahmen bei Fensteraustausch;
- Dämmung der obersten Geschosdecke, wenn diese Auflage gemäß GEG-2020 noch nicht umgesetzt worden ist;
- Dämmung des Steil- bzw. Flachdaches bei anstehender neuer Eindeckung oder Alterungsproblemen der Dachhaut.

Heizungstechnik, Warmwasser

- Umstieg auf Heizsystem auf Basis erneuerbarer Energien; bei spezifisch hohem Heizenergiebedarf über 150-200 kWh/m<sup>2</sup> und Heizölkessel bietet sich der Holzpelletkessel an; bei niedrigem spez. Heizenergiebedarf und ggf. Vorhandensein von Flächenheizungen bietet sich die elektrische Wärmepumpentechnik an;

<sup>2</sup> Die frühere BAFA-Förderung „Heizungsoptimierung“ mit Durchführung des hydraulischen Abgleichs ist mit Wirkung zu Jan. 2021 von bisher 30 % Zuschuss auf 20 % Zuschuss im Programm BEG, Einzelmaßnahme abgesenkt worden.

- Hinweise bei Wechsel fossiler Beheizung auf Wärmepumpensysteme, dass eine Vergrößerung der Heizflächen sinnvoll ist und genauso hoch gefördert wird wie der Kesseltausch;
- Isolierung der Rohrleitungen in unbeheizten Räumen für Heizung und Warmwasser, wenn diese Auflage gemäß GEG-2020 noch nicht umgesetzt worden ist;
- Optimierung der Heizungsregelung und Durchführen eines hydraulischen Abgleichs, Richtige Einregulierung der Heizkreise und der Regelung.

#### Strom-Einsparung und Energieeffizienz:

- Elektrische Haushaltsgroßgeräte (Weiße Ware) hoher Effizienzklasse anschaffen;
- Beleuchtung auf LED umstellen;
- Stand-by-Verluste vermeiden.

#### Suffizienz und Änderungen des Nutzerverhaltens

- Absenken der Raumtemperatur von 23/24 °C auf 20 °C;
- Stoßlüften statt Dauerlüften;
- Prüfen des Einsatzes von dezentralen (kostengünstigen) Zu- und Abluftventilatoren mit integrierter Wärmerückgewinnung.

Tabelle 8-1: Nachrüstpflichten (Auszug) für Bestandsgebäude gemäß aktuellem GEG 2020

BEZUG	ANFORDERUNGEN GEG	HINWEISE, KOMMENTAR
<b><u>HEIZKESSEL (ERD-GAS ODER HEIZÖL)</u></b>	Betriebsverbot für Heizkessel, Ölheizungen GEG, § 72 (1,2,3)	Mit Erdgas oder Heizöl betriebene Heizkessel, die über eine Feuerungs-wärmeleistung von mind. 4 kW und max. 400 kW verfügen und nicht im Niedertemperatur- oder Brennwertbe-reich betrieben werden, sind nach Ab-lauf von 30 Jahren nach Einbau oder Aufstellung nicht mehr zu betreiben.
<b><u>VERTEILUNGSROHRE FÜR HEIZUNG UND WARMWASSER</u></b>	Dämmung von Wärmevertei-lungs- und Warmwasserleitun-gen. GEG, § 71 (1)	Bei heizungstechnischen Anlagen ist - bei bisher ungedämmten, zugänglichen Wärmeverteilungs- und Warmwasser-leitungen, die sich nicht in beheizten Räumen befinden - die Wärmeabgabe der Rohrleitungen nach Anlage 8 zu be-grenzen.
<b><u>OBERSTE GE-SCHOSSDECKEN ODER DÄCHER DÄM-MEN</u></b>	Oberste Geschossdecken, die nicht den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 ge-nügen, müssen so gedämmt sein, dass der Wärmedurch-gangskoeffizient der obersten Geschossdecke 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) nicht über-schreitet. GEG, § 47 (1)	Ein Mindestwärmeschutz (U-Wert) die-ser obersten Geschossdecke von 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) ist z. B. bei einer durch-schnittlichen Betondecke mit einer Dämmauflage von mindestens 14 cm (WLG 035) zu erzielen. Alternativ: An-statt der nachträglichen Dämmung der obersten Geschossdecke kann das dar-über liegende Dach gedämmt werden. Der U-Wert des fertig gedämmten Da-ches muss ebenfalls mindestens 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) betragen.
<b><u>ANFORDERUNGEN AN EIN BESTEHEN-DES GEBÄUDE BEI ÄNDERUNG</u></b>	Bei Ersatz, Erneuerung oder erstmaligem Einbau von Au-ßenbauteile (an beheizten oder gekühlten Gebäuden) sind die Wärmedurchgangsko-effizienten der Anlage 7 nicht zu überschreiten. Ausgenom-men sind Änderungen von Au-ßenbauteilen, die nicht mehr als 10 % der gesamten Fläche der jeweiligen Bauteilgruppe des Gebäudes betreffen. Anlage 7 zu § 48	Anlage 7 schreibt für Gebäude mit Raum-Solltemperatur ≥ 19° C bspw. fol-gende Mindest-U-Werte vor: Außenwand: 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) Fenster: 1,3 W/(m <sup>2</sup> ·K) Dach: 0,24 W/(m <sup>2</sup> ·K) Kellerdecke: 0,50 W/(m <sup>2</sup> ·K)

Das 2021 novellierte Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG) sieht ebenfalls klimaschutzrelevante Vorgaben für den Gebäudebestand vor, wenn z. B. Heizungen erneuert oder Dachflächen saniert werden.

Tabelle 8-2: Vorgaben zur Heizungstechnik für Bestandsgebäude gemäß aktuellem EWKG, 2017

BEZUG	ANFORDERUNGEN EWKG	HINWEISE, KOMMENTAR
<b><u>ERNEUERUNG HEIZKESSEL</u></b>	Nutzungspflicht von Erneuerbaren Energien EWKG, § 9	Beim Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizungsanlage ab dem 1. Juli 2022 müssen Gebäude, die vor dem 1. Januar 2009 errichtet wurden, mindestens 15 % des jährlichen Wärme- und Kälteenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien decken. Dies ist den bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegern vorab anzuzeigen.
<b><u>INSTALLATIONSVORGABE FÜR SOLARSTROMANLAGEN</u></b>	Bei Nichtwohngebäuden besteht eine Installationsvorgabe bei Renovierung EWKG, §11	Für Nichtwohngebäude, wie öffentliche Liegenschaften, besteht bei Renovierung von mehr als 10 % der Dachfläche die Pflicht zur Installation einer Photovoltaikanlage auf dem Gebäude oder Gebäuden in unmittelbarer Nähe. Ersatzweise kann auch eine solarthermische Anlage installiert werden.

Bei der Umsetzung der einzelnen Sanierungsmaßnahmen ergeben sich oftmals Synergien, die vom Bauablauf und als verbundene Maßnahmenkombination sinnvoll und deutlich kostensparender sind als die getrennte Durchführung; dies sollte vor der Umsetzung bedacht werden. Eine Übersicht sinnvoller Maßnahmenkombinationen zur energetischen Sanierung zeigt Tabelle 8-3 (UBA, 2013, S. 33).

Tabelle 8-3: Sinnvolle Maßnahmenkombinationen bei der Gebäudesanierung

WELCHE MASSNAHME?	Baulicher Wärmeschutz					Heizen/ Warmwasser/ Lüften						
	Dämmung der Außenwand von außen	Dämmung von Außenwänden und Heizkörpermischen von innen	Dämmung von Dach oder oberer Geschossdecke	Dämmung der Kellerdecke	Wärmeschutzverglasung und energiesparende Fenster	Warmwasserbereitung	Wärmedämmung der Warmwasser- und Heizungsrohre	Heizungsoptimierung (hydraulischer Abgleich)	Brennwertkessel, Holzessel, BHKW	Wärmepumpenanlagen	Solar Kollektoren	Lüftungskonzept/ Lüftungsanlage
Sofortmaßnahmen		●	●	●		●	●	●				
bei Fassadenrenovierung	●				●							●
bei Beseitigung von Schimmel- und Feuchteschäden	●	●										●
bei Wohnungsrenovierung; Heizkörpererneuerung		●					●	●				
bei Mieterwechsel		●					●					●
bei Dachausbau und -erneuerung			●								●	
bei Fenstererneuerung					●							●
bei Heizungserneuerung oder Ersatz von Einzelöfen						●	●	●	●		●	

## 8.2 FÖRDERPROGRAMME UND UMFELD FÜR DIE ENERGETISCHE SANIERUNG

Im Rahmen des Klimaschutzprogrammes 2030 entwickelte die Bundesregierung die Förderung für energieeffiziente Gebäude weiter (KfW, o. J. a). Die neue „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)“ gilt

- für alle Wohngebäude, z. B. für Eigentumswohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäuser oder Wohnheime sowie
- für alle Nichtwohngebäude, z. B. für Gewerbegebäude, kommunale Gebäude oder Krankenhäuser.

Drei Richtlinien für die Bundesförderung für effiziente Gebäude vom 17. Dezember 2020 stehen für drei unterschiedliche Zuwendungsbereiche für alle drei „klassischen“ Verbrauchssektoren: Private Haushalte, Kommunen, gewerbliche Unternehmen zur Verfügung:

- Wohngebäude (BEG WG),
- Einzelmaßnahmen (BEG EM),

- Nichtwohngebäude (BEG NWG).

Die zentralen Förderstellen BAFA und KfW starten mit Ihren neuen BEG-Programmen in unterschiedlichen Zeitphasen: Im Januar 2021 ist die BEG beim BAFA mit der Zuschussvariante für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie Einzelmaßnahmen gestartet; ein Umbau des Förderdesigns bei BAFA und KfW soll bis Mitte 2023 erfolgt sein. Vereinfacht kann festgehalten werden, dass die KfW die Linie der kreditbasierten Förderung mit Tilgungszuschuss und die BAFA die Zuschussförderung übernimmt.

Anträge für die ambitionierte energetische Sanierung mit einem entsprechenden Effizienzhaus-Niveau (vergl. Tabelle 8-4) sind nur über die KfW an die Hausbank (bei Kommunen direkt an die KfW) zu richten. 2021 neu hinzugekommen sind die Förderstufen Erneuerbare Energie<sup>3</sup> (EE), die ein Plus von 5 % bei den Tilgungszuschüssen und ein erhöhtes Fördermaximum darstellen.

Tabelle 8-4: Förderprogramme für die energetische Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden, KfW

Effizient Sanieren, KfW-Effizienzhaus (EH)	Tilgungszuschuss	
	in % je WE (max. Kredit in €)	in € je WE
EH-40	45 % (120 T€)	54.000
EH-40, EE-Klasse	50 % (150 T€)	75.000
EH-55	40 % (120 T€)	48.000
EH-55, EE-Klasse	45 % (150 T€)	67.500
EH-70	35 % (120 T€)	42.000
EH-70, EE-Klasse	40 % (150 T€)	60.000
EH-80	30 % (120 T€)	36.000
EH-80, EE-Klasse	35 % (150 T€)	52.500
EH-100	27,5 % (120 T€)	33.000
EH-100, EE-Klasse	32,5 % (150 T€)	48.750

Tabelle 8-5 stellt die BAFA-Förderungen insbesondere für den Schwerpunkt „Heizungstechnik“ als Zuschussvariante dar.

<sup>3</sup> Effizienzhaus-Niveau und Erneuerbare Energie im Rahmen der KfW-Förderung: Wenn der Anteil erneuerbarer Energie an der Kälte- und Wärmeversorgung des Gebäudes mindestens 55 % beträgt, erhöht sich der Tilgungszuschuss um 5 %.

Tabelle 8-5: BEG-Förderprogramm Sanierung Wohngebäude

FÖRDERPRO-GRAMM	MAßNAHME / FÖRDERZIEL	ZU-SCHUSS	FÖRDERHÖCHSTBE-TRAG	
<b>WOHNGE- BÄUDE (BEG WG), (BAFA, 2022 D)</b>	<u>Gebäudehülle</u> Dämmung Außenwand, Dach, Geschossdecke, Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; Sommerlicher Wärmeschutz	20 %	WG: bis zu 60 T€ / WE	
	<u>Anlagentechnik (außer Heizung):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einbau, Austausch oder Optimierung von Lüftungsanlagen inkl. Wärmerückgewinnung;</li> <li>Einbau digitaler Systeme zur energetischen Betriebs- und Verbrauchsoptimierung (Efficiency Smart Home)</li> </ul>	20 %	WG: bis zu 60 T€ / WE	
	<u>Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik):</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>Solarthermie</li> <li>Biomasse</li> <li>Wärmepumpe</li> <li>Gas-Hybridheizung mit ern. Wärmeerzeugung</li> <li>Anschluss an ein Wärmenetz (25 % EE-Anteil)</li> </ol>	30 % 35 % 35 % 30 % 35 %	WG: bis zu 60 T€ / WE	
	Bei Austausch Ölheizung erhöht sich der Zuschuss für die o. g. Anlagen (1 bis 5) um 10 %			
	Gasbrennwert-Heizungen (Renewable Ready, Anschluss EE-Anlagen innerhalb von 2 Jahren)	20 %		
	<u>Heizungsoptimierung:</u> Hydraulischer Abgleich inkl. Austausch Pumpen; Dämmung Rohrleitungen; Einbau von Flächenheizungen, NT-Heizkörper, Wärmespeicher; Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	20 %		WG: bis zu 60 T€ / WE
	Fachplanung und Baubegleitung	50 %		E / ZFH bis zu 5 T€ je Zusage MFH bis zu 2 T€ / WE, max. 20 T€ je Zusage
	Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines individuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus für die investiven Maßnahmen von 5 % möglich.			
	<b>BUNDESFÖR- DERPRO- GRAMM ENER- GIEBERUNG FÜR WOHN- GEBÄUDE (BAFA, 2022 B)</b>	Umfassende Energieberatung für Wohngebäude mit der Erarbeitung eines energetischen Sanierungskonzepts (individueller Sanierungsfahrplan), das aufzeigt, <ul style="list-style-type: none"> <li>wie Schritt für Schritt über einen längeren Zeitraum umfassend energetisch saniert (Sanierungsfahrplan), oder</li> <li>wie ein bundesgefördertes-KfW-Effizienzhaus erreicht werden kann.</li> </ul>	80 %	E / ZFH: 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, max. 1.300 €  Wohngebäude ab drei WE: 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, max. 1.700 €

Tabelle 8-6: BEG-Förderprogramm Sanierung Nicht-Wohngebäude

FÖRDERPRO-GRAMM	MAßNAHME / FÖRDERZIEL	ZU-SCHUSS	FÖRDERHÖCHSTBE-TRAG
<b>NICHTWOHN- GEBÄUDE - BEG NWG (BAFA, 2022 c)</b>	<u>Gebäudehülle</u> Dämmung Außenwand, Dach, Geschossdecke, Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; Sommerlicher Wärmeschutz	20 %	NWG: bis zu 1.000 € / m <sup>2</sup> NGF max. 15 Mio. €
	<u>Anlagentechnik (außer Heizung):</u> • Einbau, Austausch oder Optimierung von Lüftungsanlagen inkl. Wärmerückgewinnung; • Bei NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Kältetechnik zur Raumkühlung, Einbau energieeffizienter Beleuchtungssysteme.	20 %	NWG: bis zu 1.000 € / m <sup>2</sup> NGF max. 15 Mio. €
	(BAFA, 2022 a) <u>Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik):</u> 1 Solarthermie 2 Biomasse 3 Wärmepumpe 4 Gas-Hybridheizung mit ern. Wärmeerzeugung 5 Anschluss an ein Wärmenetz (25 % EE-Anteil)	30 % 35 % 35 % 30 % 35 %	NWG: bis 1 T€ / m <sup>2</sup> NGF
	Bei Austausch Ölheizung erhöht sich der Zuschuss für die o. g. Anlagen (1 bis 5) um 10 %		
	Gasbrennwert-Heizungen (Renewable Ready, Anschluss EE-Anlagen innerhalb von 2 Jahren)		
	<u>Heizungsoptimierung:</u> Hydraulischer Abgleich inkl. Austausch Pumpen; Dämmung Rohrleitungen; Einbau von Flächenheizungen, NT-Heizkörper, Wärmespeicher; Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	20 %	NWG: bis zu 1 T€ / m <sup>2</sup> NGF
	Fachplanung und Baubegleitung	50 %	bis zu 5 € / m <sup>2</sup> NGF, max. 20 T€ je Zusage
	<u>Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung</u> Eine in diesem Modul geförderte Contracting-Orientierungsberatung zielt auf ein Contracting-Modell mit vertraglicher Einspargarantie.		
Übersteigen die jährlichen Energiekosten 10.000 € (netto), beträgt die Förderung 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, jedoch maximal 6.000 €. Bei jährlichen Energiekosten von nicht mehr als 10.000 € (netto) beträgt die Förderung 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, jedoch maximal 1.200 €.			

Tabelle 8-7: BAFA Förderprogramm Energieberatung Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)

FÖRDERPRO-GRAMM	MAßNAHME / FÖRDERZIEL	ZU-SCHUSS	FÖRDERHÖCHSTBE-TRAG
<b>ANTRAGSBE-RECHTIGT:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunen, kommunale Zweckverbände</li> <li>- Gemeinnützige, soziale und kulturelle Einrichtungen</li> <li>- Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> <li>- Nicht-KMU mit höchstens 500 MWh/a Gesamtenergieverbrauch</li> </ul>		
<b>BUNDESFÖR- DERUNG FÜR ENERGIEBE- RATUNG FÜR NICHTWOHN- GEBÄUDE, ANLAGEN UND SYSTEME (BAFA, 2022 A)</b>	<u>Modul 1: Energieaudit DIN EN 16247</u> Förderung von Energieaudits, in Anlehnung an § 8a EDL-G und DIN EN 16247.	80 %	Jährliche Energiekos- ten größer 10 T€: max. 6.000 € Zu- schuss  Jährliche Energiekos- ten unterhalb von 10 T€: max. 1.200 € Zuschuss
	<u>Modul 2: Energieberatung DIN V 18599</u> Förderung Energieberatungen Nichtwohngebäude Bestand und Neubau, die Energieeffizienz und er- neuerbare Energien in Planungs- und Entschei- dungsprozesse einbeziehen	80 %	Förderhöhe beträgt 80 % des förderfähi- gen Beratungshono- rars, max. 8 000 €
	<u>Modul 3: Contracting-Orientierungsberatung</u> Energieberatungen zur Eignungsprüfung und Vor- bereitung für die Umsetzung eines Contracting- Modells mit vertraglicher Einspargarantie.	80 %	Jährliche Energiekos- ten größer 300 T€: max. 10.000 € Zu- schuss  Jährliche Energiekos- ten unter 300 T€: max. 7.000 € Zu- schuss

Angesichts der Komplexität der baulich-technischen Verbesserungsmaßnahmen einer energetischen Gebäudesanierung sowie des beträchtlichen Umfangs der Fördermöglichkeiten empfiehlt sich dringend eine Energieberatung vor Maßnahmenbeginn. Einerseits wird diese im Wohngebäudebereich mit 80 % Zuschuss zum Beraterhonorar sehr gut gefördert und andererseits gewährt diese Beratung mit Abschluss eines sogenannten iSFP eine Anhebung der investiven Förderung um zusätzliche 5 %.

Im Folgenden werden anhand der durchgeführten Energieberatungen und daraus abgeleiteten Mustersanierungen konkrete Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale für ausgewählte Objekte im Quartier skizziert.

### 8.3 MUSTERSANIERUNGSBERATUNGEN - ENERGIEBERATUNG VOR ORT

Der Schwerpunkt der Arbeiten zur Gebäudesanierung im privaten Wohngebäudebestand bestand in der Durchführung sowie Nachbereitung von drei kostenfreien Energieberatungen. Die einzige

Bedingung der kostenfreien Beratung, die mehrstündig im Objekt der Gewinner erfolgte, bestand in der Zusage, dass die Maßnahmen zur Gebäudesanierung sowie ein Ansichtsfoto und einige energierelevante Kenngrößen im vorliegenden Bericht veröffentlicht werden dürfen.

Mit konkreten Gebäudedaten aus dem Quartier und realen Energieverbräuchen konnten so typische Mustersanierungskonzepte erstellt werden. Die Maßnahmen wurden anhand der Potentialanalyse bei der Gebäudebegehung und im Gespräch mit den Eigentümern ermittelt, diskutiert und ergebnisorientiert zusammengefasst und abschließend als mehrseitiger persönlicher Bericht übergeben. Die Wärmeschutzqualität und der Zustand der technischen Anlagen standen fachtechnisch bei den Sanierungsempfehlungen im Vordergrund; jedoch wurden selbstverständlich auch die Wünsche und insbesondere die finanziellen Möglichkeiten der Eigentümer berücksichtigt.

### 8.3.1 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT GEBÄUDE A

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit Teilkeller des Baujahres 1976 und mehreren bisher durchgeführten energetischen Verbesserungen (tlw. Außenwanddämmung, neue Fenster, Fußbodenheizung, Solaranlage). Das Dachgeschoss ist bis zur oberen Kehllage ausgebaut.

Die Wärmeversorgung geschieht über einen Heizkessel mit Solarthermieanlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung

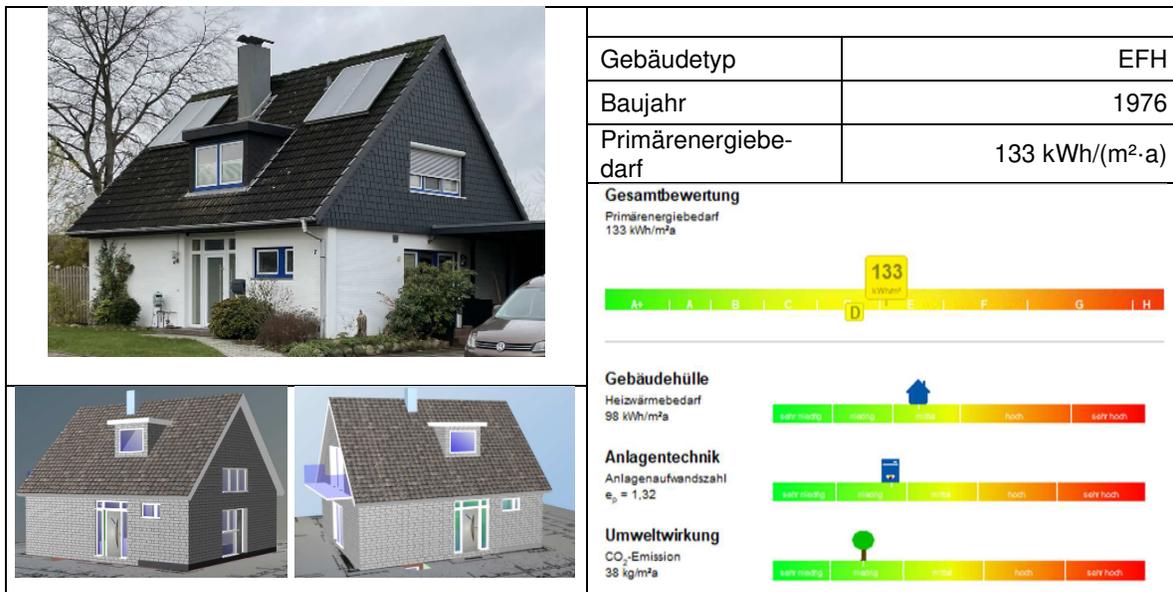


Abbildung 8-2: Gebäudeansicht, 3D-Modellierung, Gesamtbewertung Ausgangssituation, Gebäude A

Sinnvolle energetische Sanierungsmaßnahmen wurden vorgeschlagen und zu einem aufbauenden Sanierungspaket zusammengefügt. Im Vordergrund stand die Frage der Erneuerung der zukünftig immer teurer werdenden Heizölversorgung sowie weiterer Einsparmöglichkeiten. Zur plausiblen Abschätzung der Einsparpotenziale und der Erreichung der BEG-Förderziele wurde auf Basis einer 3D-Gebäudemodellierung eine GEG-kompatible Energiebilanzierung erstellt. Auf

dieser Basis wurden Varianten der energetischen Verbesserung für Gebäudehülle und Heizsystem berechnet.

Tabelle 8-8: Gebäude A, Sanierungsvorschläge

ENERGETISCHE SANIERUNGSVARIANTEN	
1	Kellerdecke dämmen, 10 cm WLG 035 (BEG)
2	Wie 1 plus Außenwände Nord, West dämmen WDVS, 14 cm WLG 035 (BEG)
3	Wie 2 plus Luft-Wasser Wärmepumpe, hydr. Abgleich, neue Radiatoren

Mit den Dämmmaßnahmen lässt sich der Heizwärmebedarf um 13 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen insbesondere bei Var. 3 durch den Einsatz der elektrischen Wärmepumpe um 52 % senken halbieren. Hier wurde die CO<sub>2</sub>-Emission mit dem bundesdeutschen Kraftwerksmix bestimmt; durch Wahl eines „echten“ Ökostromanbieters, bei dem die Herkunftsnachweise an eine physikalische Stromlieferung gekoppelt sind (Zerger, 2020), lassen sich diese Emissionen dann bilanziell auf Null reduzieren (vgl. Abbildung 8-3). Ebenso wäre der Bezug klimafreundlicher Nahwärme über ein Wärmenetz denkbar.

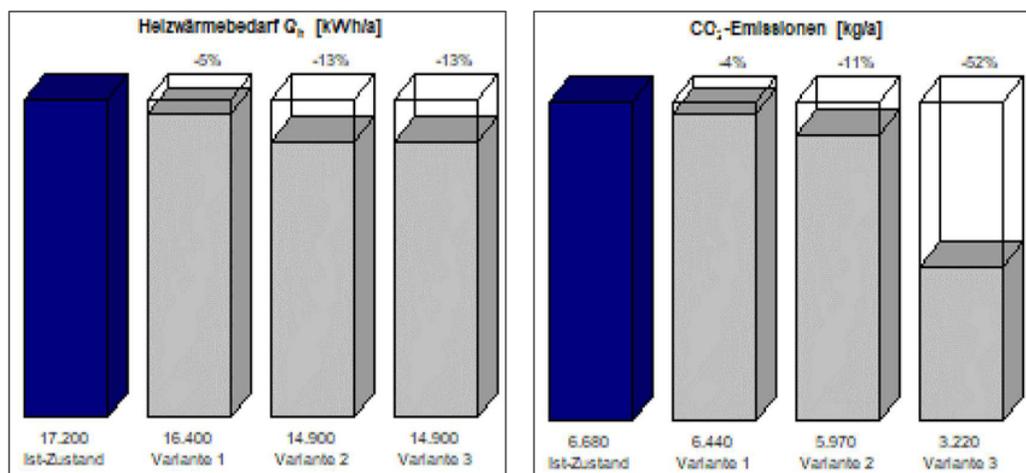


Abbildung 8-3: Gebäude A, Bilanzierungsergebnisse Mustersanierung

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde die Förderung für die Maßnahmen an der Gebäudehülle (KfW) wie auch an der Heizungstechnik (BAFA) berücksichtigt. Die Übersicht der einzelnen Förderungen und Zuschüsse zeigt Tabelle 8-9.

Ein Entscheidungskriterium für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen ist das Verhältnis von eingesparten Kosten und Investitionen in die energetischen Mehrkosten. Da der notwendige Instandsetzungsbedarf keine energetische Maßnahmen ist, sondern eine ohnehin anstehende, werden lediglich die energetische Effekte auslösenden Zusatzkosten betrachtet.

Die Analyse der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen zeigt auf, dass bei Betrachtung der energetischen Mehrkosten und einer unterstellten Energiepreissteigerung von 5 %/a bei den fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas eine Rentierlichkeit gegeben ist. Besonders trägt die üppige Förderung (45 %) für die Heizungsumstellung von Heizöl auf erneuerbare Energie zur

Wirtschaftlichkeit bei. Diese erhöht sich noch um weitere 5 %-Punkte wenn der sogenannte iSFP im Rahmen der Wohngebäudeenergieberatung erstellt wurde, was dringend empfohlen wird.

Tabelle 8-9: Förderübersicht der Sanierungsvarianten für Gebäude A

Förderprogramme BEG: KfW, BAFA	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
<b>Investvolumen, Gebäudehülle:</b>	<b>3.700€</b>	<b>12.300€</b>	<b>12.300€</b>	
max. Förderhöhe, Gebäudehülle KfW	60.000€	60.000€	60.000€	
Sanierungsfahrplan (iSFP) erstellt	Ja	Ja	Ja	
zusätzlicher Zuschuss, wenn iSFP erstellt	5%	5%	5%	
<b>KfW-Förderung</b>				
TZ, Höchstbetrag in % des Zusagebetrags	20,0%	20,0%	20,0%	
Tilgungszuschuss (TZ), Höchstbetrag	15.000 €	15.000 €	15.000 €	
TZ, max. in Anspruch zu nehmen	925€	3.075€	3.075€	
in Anspruch zu nehmender KfW-Kredit, Gebäudehülle	3.700€	12.300€	12.300€	
<i>Hinweis: Zinsbindung 10 a</i>	Zinssatz	Barwerte (über 10 Jahre summiert)		
Zinskosten KfW-Darlehen BEG	<b>2,00%</b>	648€	2.153€	2.153€
Zinskosten durch Marktdarlehen	<b>2,50%</b>	810€	2.691€	2.691€
KfW-Zinsvorteil (Barwert) ggü. Marktdarlehen		162€	538€	538€
<b>Summe KfW-Fördervorteile, gerundet</b>	<b>1.100€</b>	<b>3.600€</b>	<b>3.600€</b>	
<b>BAFA-Förderung</b>				
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
<b>Investvolumen , Anlagentechnik:</b>	<b>0€</b>	<b>0€</b>	<b>30.000€</b>	
max. Förderhöhe, Technik BAFA	60.000€	60.000€	60.000€	
Austausch Heizölkessel	Ja	Ja	Ja	
zus. Zuschuss: Austausch Heizölkessel	10%	10%	10%	
Maßnahme A, gem. Förderzweck	keine	keine	WP + innovative Hzg.-Technik	
Zuschuss A, rel.	0%	0%	45%	
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	50%	
Investitionsbetrag	- €	- €	22.900 €	
Zuschusshöhe A, absol., gesamt	- €	- €	11.500 €	
Maßnahme B, gem. Förderzweck	keine	keine	VL-Temp. optim., Hz.-Körper ersetzen	
Zuschuss B, rel.	0%	0%	45%	
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	50%	
Investitionsbetrag	- €	- €	6.000 €	
Zuschusshöhe B, absol., gesamt	- €	- €	3.000 €	
Maßnahme C, gem. Förderzweck	keine	keine	Optim. Heizung, hydr. Abgleich	
Zuschuss C, rel.	0%	0%	45%	
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	50%	
Investitionsbetrag	- €	1.100 €	1.100 €	
Zuschusshöhe C, absol., gesamt	- €	- €	550 €	

Maßnahme D, gem. Förderzweck	keine	keine	keine
Zuschuss D, rel.	0%	0%	0%
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	0%
Investitionsbetrag	- €	- €	- €
Zuschusshöhe D, absol., gesamt	- €	- €	- €
<b>Summe BAFA-Förderung</b>	<b>- €</b>	<b>- €</b>	<b>15.050 €</b>
<b>Summe KfW + BAFA Förderung</b>	<b>1.100 €</b>	<b>3.600 €</b>	<b>18.650 €</b>

Die Ergebnisse der Einsparungen und die Wirtschaftlichkeitsabschätzung der drei Varianten zeigt Tabelle 8-10.

Tabelle 8-10: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gebäude A, Sanierungsvorschläge

Kriterien (abgeschätzte Werte für Kosten, Zeiträume)	Variante (Maßnahmenbündel)		
	Var. 1	Var. 2	Var. 3
Endenergie-Einsparung (Heizenergie)	776 kWh/a	2.238 kWh/a	14.952 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Einsparung	0,2 t/a	0,7 t/a	3,6 t/a
Energiekosteneinsparung	heute <sup>1</sup>	180 €/a	260 €/a
	gemittelt <sup>2</sup>	300 €/a	1.050 €/a
Investitionskosten <sup>3</sup>	3.700 €	12.300 €	42.300 €
Energetische Mehrkosten <sup>4</sup>	3.700 €	5.400 €	21.100 €
BEG-Förderung, KfW: Tilg.-Zuschuss, Zinsvorteil; BAFA-Zuschuss <sup>5</sup>	1.100 €	3.600 €	18.650 €
Kapitalkosten <sup>6</sup>	160 €	530 €	1.450 €
Kapitalwert <sup>7</sup>	-2.000 €	-6.000 €	-19.000 €
Amortisation, Vollkosten	statisch <sup>8</sup>	43 a	91 a
	dynamisch <sup>9</sup>	32 a	28 a
Amortisation, energ. Mehrkosten	statisch <sup>8</sup>	43 a	9 a
	dynamisch <sup>9</sup>	32 a	3 a

1 Heutige Kosten, ohne Betrachtung der Energiepreissteigerung  
2 Durchschnittliche jährliche Kosten bei der angesetzten Energiepreissteigerung (Betrachtungszeitraum: 20 Jahre)  
3 Auf Basis spezifischer Kosten bezogen auf die Bauteilfläche, Anlagentechnik (Literatur, Typologien, eigene Annahmen)  
4 Abzüglich sowieso anstehender Kosten für Instandhaltungsmaßnahmen (Sowiesokosten, eigene Annahmen)  
5 Förderzuschüsse: BEG KfW: Tilgungszuschuss + barwertiger Zinsvorteil gegenüber Marktdarlehn (ca. 2,5%/a eff.), BEG BAFA  
6 Kapitalzins: 2 % (KfW-Kredit), Betrachtungszeitraum: 20 Jahre, Bezug: Investitionskosten abzügl. Förderzuschuss  
7 Summe der Barwerte aller durch diese Investition verursachten Zahlungen  
8 Investitionskosten abzüglich Förderzuschuss dividiert durch die Energiekosteneinsparung (heutige Kosten)  
9 Inklusive Kapitalkostenbetrachtung und Energiepreissteigerung

Der ökonomische Vergleich der einzelnen Varianten mit den jeweils erreichbaren CO<sub>2</sub>-Minderungen zeigt Abbildung 8-4; hier wurden die kumulierten Energiekosteneinsparungen über 20 Jahre bei unterstellter Energiepreissteigerung (Heizöl: 5 % / a) den energetischen Mehrkosten gegenübergestellt und die Förderungen mitberücksichtigt.

Mit der Variante 3 werden zu den Verbesserungen der Wärmeschutzqualitäten der Bauteile Kellerdecke und Außenwand die Umstellung auf eine Wärmepumpenheizung mit hydraulischem Abgleich berechnet. Hier wird insgesamt eine Energiekosteneinsparung von rd. 21 T € bei

energetischen Mehrkosten von rd. 21 T € und eine Förderung von knapp 19 T € erzielt. Damit wird deutlich, wie wirtschaftlich rentabel und lohnenswert die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten sind.

Die CO<sub>2</sub>-Minderung der Variante 3 beträgt rd. 50 %; eine Umstellung auf „echten“ Ökostrom, bei dem die Herkunftsnachweise an eine physikalische Stromlieferung gekoppelt sind, würde das Ziel der beinahe Null-Emission der bundespolitischen Klimapolitik für 2045 entsprechen. Ebenso wäre der Anschluss an eine klimafreundliche Nahwärmeversorgung über ein Wärmenetz denkbar.

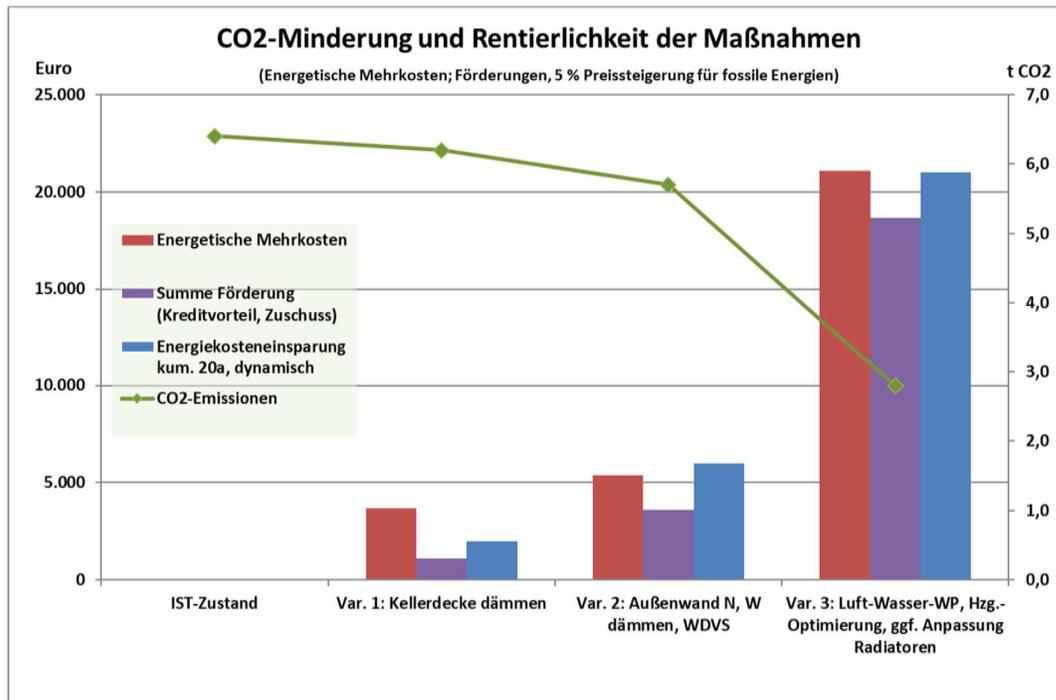


Abbildung 8-4: Gebäude A, Rentierlichkeit der Sanierungsvarianten und resultierende CO<sub>2</sub>-Minderungen

### 8.3.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT GEBÄUDE B

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein 1959 errichtetes für die damalige Zeit typisches, norddeutsches Siedlungshäuschen mit Stallanbau mit Klinkerverschalung und kleinem Teilkeller. Die Nutzfläche beträgt rd. 130 m<sup>2</sup>. Das Objekt wurde 2020 energetisch ertüchtigt und teilweise modernisiert (tlw. Innendämmung, neue Dacheindeckung, Dämmung und PV-Installation, neue Fenster, neue Heizung). Als Wärmeversorgung dient eine Erdgasbrennwerttherme mit zentraler Trinkwassererwärmung; ein Kamin (2 - 3 Rm Scheitholz) unterstützt die Heizwärmebereitung in der Übergangs- und Winterzeit.

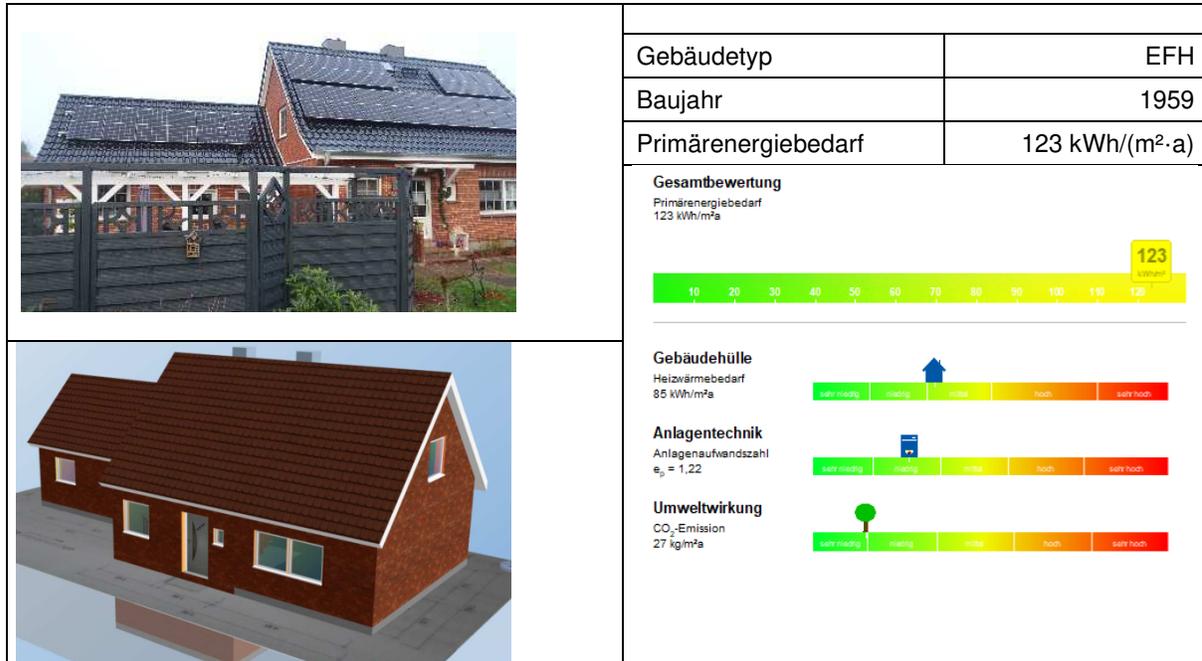


Abbildung 8-5: Gebäudeansicht, 3D-Modellierung, Gesamtbewertung Ausgangssituation, Gebäude B

Tabelle 8-11: Gebäude B, Sanierungsvorschläge

ENERGETISCHE SANIERUNGSVARIANTEN	
1	Aw Haupthaus: nachträgliche Kerndämmung
2	Wie 1 plus dez. Zu-/Abluft mit Wärmerückgewinnung
3	Wie 2 plus Luft-WP, hydr. Abgleich, neue Radiatoren

In der Variante 3 wird zusätzlich die Vergrößerung bzw. Erneuerung der Radiatoren vorgeschlagen, dies ist wichtig, um die Effizienz der Wärmepumpenanlage zu verbessern. Mit größeren Heizflächen kann bei gleicher Wärmeabgabe die Vorlauftemperatur gering gehalten werden, ein wesentliches Kriterium für niedrige Stromkosten für die Wärmepumpe. Die Vergrößerung der Radiatoren wird ebenfalls wie die Heizungsanlage beträchtlich gefördert. Mit dem zusätzlichen Wärmeschutz für die Außenwand des Haupthauses (nachträgliche Kerndämmung) lässt sich der Heizenergiebedarf um rd. 5 % senken; die CO<sub>2</sub>-Emissionen können bei Einsatz der Luft-Wärmepumpe um rd. 23 % reduziert werden (vgl. Abbildung 8-6). Ebenfalls denkbar wäre der Anschluss an eine klimafreundliche Nahwärmeversorgung.

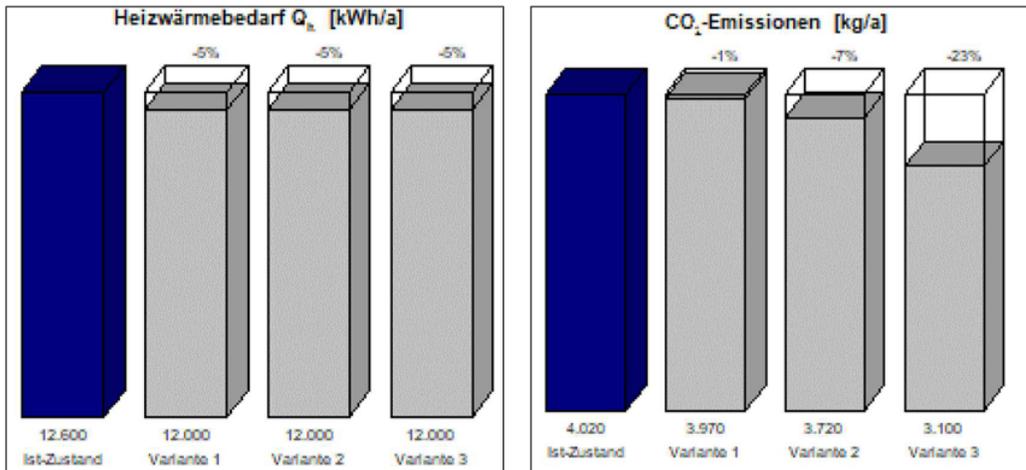


Abbildung 8-6: Gebäude B, Bilanzierungsergebnisse Mustersanierung

Die Übersicht der einzelnen Förderungen findet sich in Tabelle 8-12.

Tabelle 8-12: Förderübersicht der Sanierungsvarianten für Gebäude B

Förderprogramme BEG: KfW, BAFA		Var. 1	Var. 2	Var. 3
<b>Investvolumen, Gebäudehülle:</b>		<b>7.200€</b>	<b>7.200€</b>	<b>7.200€</b>
max. Förderhöhe, Gebäudehülle KfW		60.000€	60.000€	60.000€
Sanierungsfahrplan (iSFP) erstellt		Ja	Ja	Ja
zusätzlicher Zuschuss, wenn iSFP erstellt		5%	5%	5%
<b>KfW-Förderung</b>				
TZ, Höchstbetrag in % des Zusagebetrags		20,0%	20,0%	20,0%
Tilgungszuschuss (TZ), Höchstbetrag		15.000 €	15.000 €	15.000 €
TZ, max. in Anspruch zu nehmen		1.800€	1.800€	1.800€
in Anspruch zu nehmender KfW-Kredit, Gebäudehülle		7.200€	7.200€	7.200€
<i>Hinweis: Zinsbindung 10 a</i>		Zinssatz	Barwerte (über 10 Jahre summiert)	
Zinskosten KfW-Darlehen BEG		<b>2,00%</b>	1.328€	1.328€
Zinskosten durch Marktdarlehen		<b>2,50%</b>	1.660€	1.660€
KfW-Zinsvorteil (Barwert) ggü. Marktdarlehen			332€	332€
<b>Summe KfW-Fördervorteile, gerundet</b>		<b>2.100€</b>	<b>2.100€</b>	<b>2.100€</b>
<b>BAFA-Förderung</b>		<b>Var. 1</b>	<b>Var. 2</b>	<b>Var. 3</b>
<b>Investvolumen, Anlagentechnik:</b>		<b>0€</b>	<b>13.300€</b>	<b>41.950€</b>
max. Förderhöhe, Technik BAFA		60.000€	60.000€	60.000€
Austausch Heizölkessel		<b>Nein</b>	<b>Nein</b>	<b>Nein</b>
zus. Zuschuss: Austausch Heizölkessel		0%	0%	0%
Maßnahme A, gem. Förderzweck		keine	zentr./dez. Lüftung (WG)	zentr./dez. Lüftung (WG)
Zuschuss A, rel.		0%	20%	20%
Zuschuss, gesamt, rel.		0%	25%	25%
Investitionsbetrag		- €	13.300 €	13.300 €
Zuschusshöhe A, absol., gesamt		- €	3.300 €	3.300 €

Förderprogramme BEG: KfW, BAFA	Var. 1	Var. 2	Var. 3
Maßnahme B, gem. Förderzweck	keine	keine	WP + innovative Hg.-Technik
Zuschuss B, rel.	0%	0%	35%
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	40%
Investitionsbetrag	- €	- €	21.000 €
Zuschusshöhe B, absol., gesamt	- €	- €	8.400 €
Maßnahme C, gem. Förderzweck	keine	keine	Optim. Heizung, hydr. Abgleich
Zuschuss C, rel.	0%	0%	20%
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	25%
Investitionsbetrag	- €	- €	1.000 €
Zuschusshöhe C, absol., gesamt	- €	- €	250 €
Maßnahme D, gem. Förderzweck	keine	keine	VL-Temp. optim., Hz.-Körper ersetzen
Zuschuss D, rel.	0%	0%	35%
Zuschuss, gesamt, rel.	0%	0%	40%
Investitionsbetrag	- €	- €	6.650 €
Zuschusshöhe D, absol., gesamt	- €	- €	2.660 €
<b>Summe BAFA-Förderung</b>	<b>- €</b>	<b>3.300 €</b>	<b>14.610 €</b>
<b>Summe KfW + BAFA Förderung</b>	<b>2.100 €</b>	<b>5.400 €</b>	<b>16.710 €</b>

Tabelle 8-13: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gebäude B, Sanierungsvorschläge

Kriterien (abgeschätzte Werte für Kosten, Zeiträume)	Variante (Maßnahmenbündel)		
	Var. 1	Var. 2	Var. 3
Endenergie-Einsparung (Heizenergie)	398 kWh/a	2.930 kWh/a	10.685 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Einsparung	0,0 t/a	0,7 t/a	1,3 t/a
Energiekosteneinsparung	heute <sup>1</sup>	10 €/a	60 €/a
	gemittelt <sup>2</sup>	30 €/a	670 €/a
Investitionskosten <sup>3</sup>	7.200 €	20.500 €	49.200 €
Energetische Mehrkosten <sup>4</sup>	7.200 €	20.500 €	37.700 €
BEG-Förderung, KfW: Tilg.-Zuschuss, Zinsvorteil; BAFA-Zuschuss <sup>5</sup>	2.100 €	5.400 €	16.710 €
Kapitalkosten <sup>6</sup>	270 €	800 €	1.710 €
Kapitalwert <sup>7</sup>	statisch	-5.000 €	-31.000 €
	dynamisch <sup>9</sup>	-11.000 €	-31.000 €
Amortisation, Vollkosten	statisch <sup>8</sup>	510 a	542 a
	dynamisch <sup>9</sup>	179 a	51 a
Amortisation, energ. Mehrkosten	statisch <sup>8</sup>	510 a	350 a
	dynamisch <sup>9</sup>	179 a	33 a

<sup>1</sup> Heutige Kosten, ohne Betrachtung der Energiepreissteigerung  
<sup>2</sup> Durchschnittliche jährliche Kosten bei der angesetzten Energiepreissteigerung (Betrachtungszeitraum: 20 Jahre)  
<sup>3</sup> Auf Basis spezifischer Kosten bezogen auf die Bauteilfläche, Anlagentechnik (Literatur, Typologien, eigene Annahmen)  
<sup>4</sup> Abzüglich sowieso anstehender Kosten für Instandhaltungsmaßnahmen (Sowiesokosten, eigene Annahmen)  
<sup>5</sup> Förderzuschüsse: BEG KfW: Tilgungszuschuss + barwertiger Zinsvorteil gegenüber Marktdarlehn (ca. 1,5%/a eff.), BEG BAFA  
<sup>6</sup> Kapitalzins: 0,5% (KfW-Kredit), Betrachtungszeitraum: 20 Jahre, Bezug: Investitionskosten abzügl. Förderzuschuss  
<sup>7</sup> Summe der Barwerte aller durch diese Investition verursachten Zahlungen  
<sup>8</sup> Investitionskosten abzüglich Förderzuschuss dividiert durch die Energiekosteneinsparung (heutige Kosten)  
<sup>9</sup> Inklusive Kapitalkostenbetrachtung und Energiepreissteigerung

Die Analyse der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen zeigt auf, dass bei Betrachtung der energetischen Mehrkosten und einer unterstellten Energiepreissteigerung von 5 %/a bei den fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas und mit 2 % jährlicher Preissteigerung für Strom des bundesdeutschen Energiemixes annähernd eine auskömmliche Rentierlichkeit gegeben ist.

Der ökonomische Vergleich der einzelnen Varianten mit den jeweils erreichbaren CO<sub>2</sub>-Minderungen zeigt Abbildung 8-7; hier wurden die kumulierten Energiekosteneinsparungen über 20 Jahre den energetischen Mehrkosten gegenübergestellt und die Förderungen mitberücksichtigt.

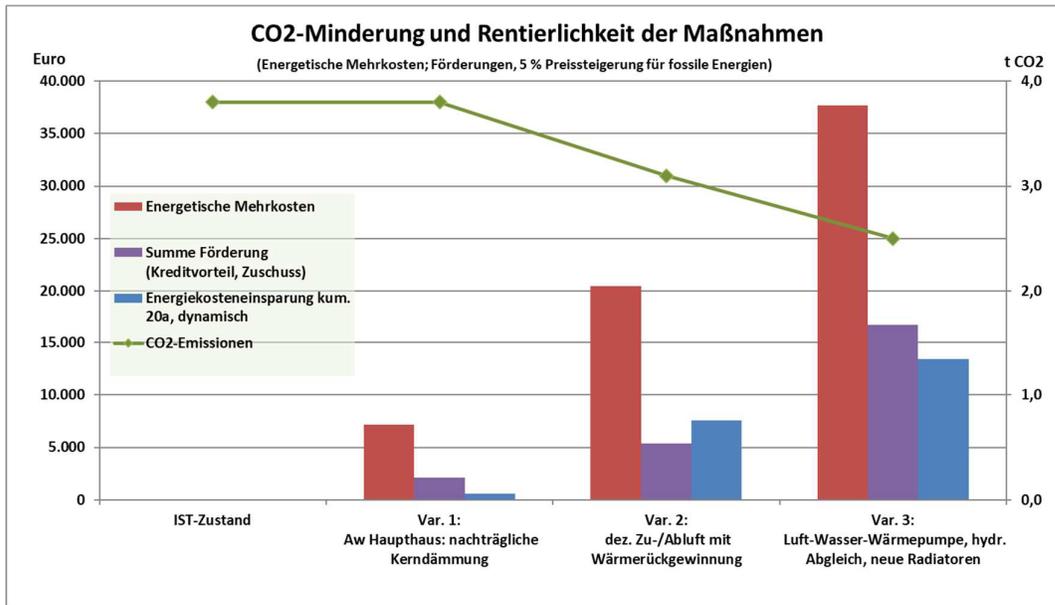


Abbildung 8-7: Gebäude B, Rentierlichkeit der Sanierungsvarianten und resultierende CO<sub>2</sub>-Minderungen

### 8.3.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT GEBÄUDE C

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein massiv gebautes Zweifamilienhaus, voll-unterkellert und als stattliches Meiereigebäude um 1925 errichtet. Diverse Umbauten zur Apotheke mit Wohnbereich und dann zum Zweifamilienhaus wurden vorgenommen und energetische Verbesserungen durchgeführt (Dachdämmung, neue Fenster).

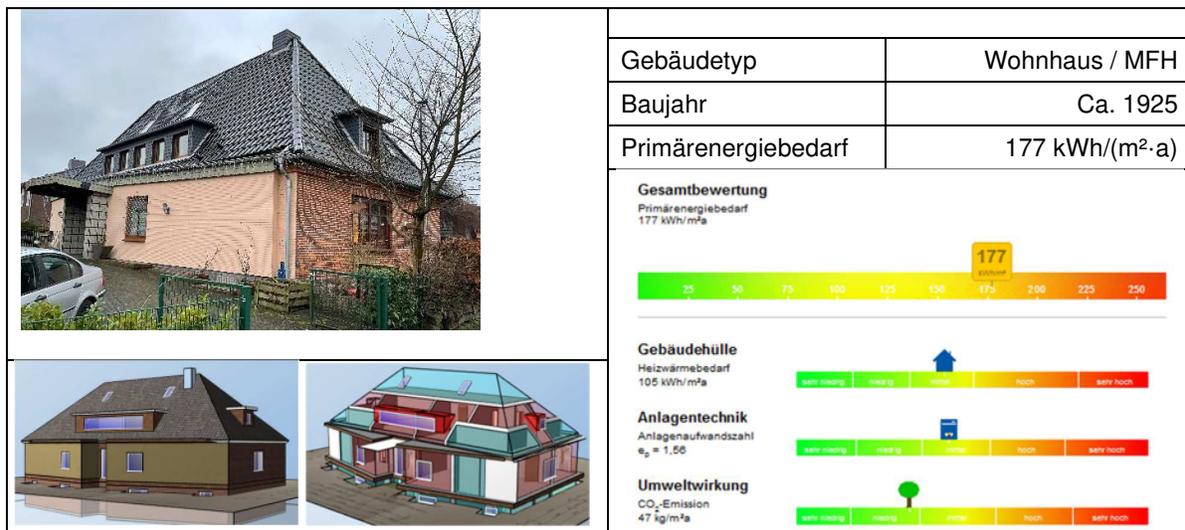


Abbildung 8-8: Gebäudeansicht, 3D-Modellierung, Gesamtbewertung Ausgangssituation, Gebäude C

Tabelle 8-14: Gebäude C, Sanierungsvorschläge

ENERGETISCHE SANIERUNGSVARIANTEN	
1	Kellerdecke dämmen, 10 cm WLG 035 (BEG)
2	Wie 1 plus dezentrale Zu-/Abluft mit Wärmerückgewinnung für WE-1
3	Wie 2 plus Holzpelletsheizung, hydr. Abgleich
4	Wie 3 plus Anschluss WE-2 an Heizungsanlage (erneuerbare Energienutzung) WE-1

Mit dem zusätzlichen Wärmeschutz der Kellerecke gegen unbeheizte Räume lässt sich der Heizenergiebedarf um rd. 14 % senken; die CO<sub>2</sub>-Emissionen können in der Variante 4 bei Umstellung auf eine Holzpelletsheizung für beide Wohneinheiten um rd. 85 % reduziert werden (vgl. Abbildung 8-9).

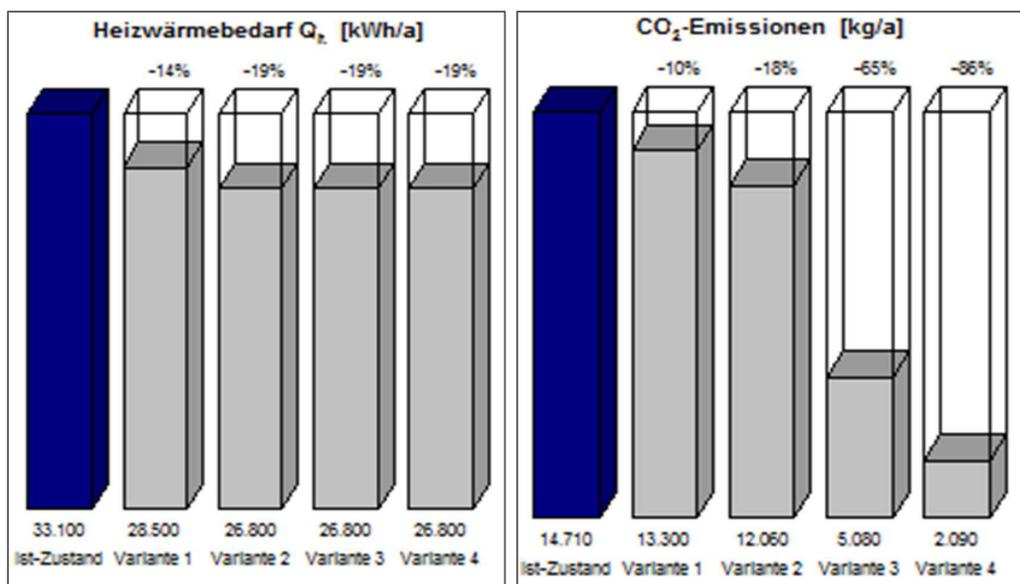


Abbildung 8-9: Gebäude C, Bilanzierungsergebnisse Mustersanierung

Die Übersicht der einzelnen Förderungen findet sich in Tabelle 8-12.

Tabelle 8-15: Förderübersicht der Sanierungsvarianten für Gebäude C

Förderprogramme BEG: KfW, BAFA	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4
Investvolumen, Gebäudehülle:	14.400€	14.400€	14.400€	14.400€
max. Förderhöhe, Gebäudehülle KfW	120.000€	120.000€	120.000€	120.000€
<b>KfW-Förderung</b>				
TZ, Höchstbetrag in % des Zusagebetrags	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%
zusätzlicher Zuschuss, wenn iSFP erstellt	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Tilgungszuschuss (TZ), Höchstbetrag	30.000 €	30.000 €	30.000 €	30.000 €
<b>TZ, max. in Anspruch zu nehmen</b>	<b>3.600€</b>	<b>3.600€</b>	<b>3.600€</b>	<b>3.600€</b>
in Anspruch zu nehmender KfW-Kredit, Gebäudehülle	14.400€	14.400€	14.400€	14.400€
<i>Hinweis: Zinsbindung 10 a</i>				
Zinssatz	Barwerte (über 10 Jahre summiert)			
Zinskosten KfW-Darlehen BEG	2,00%	2.587€	2.587€	2.587€
		2.587€	2.587€	2.587€

Förderprogramme BEG: KfW, BAFA	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4
Zinskosten durch Marktdarlehen <b>2,50%</b>	3.234€	3.234€	3.234€	3.234€
KfW-Zinsvorteil (Barwert) ggü. Marktdarlehn	647€	647€	647€	647€
<b>Summe KfW-Fördervorteile, gerundet</b>	<b>4.200€</b>	<b>4.200€</b>	<b>4.200€</b>	<b>4.200€</b>
BAFA-Förderung	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4
Investvolumen , Anlagentechnik:	0€	14.300€	49.900€	53.400€
max. Förderhöhe, Technik BAFA	60.000€	60.000€	60.000€	60.000€
Sanierungsfahrplan (iSFP) erstellt	Ja	Ja	Ja	ja
zus. Zuschuss, iSFP erstellt	5%	5%	5%	5%
Austausch Ölkessel	Ja	Ja	Ja	Nein
zus. Zuschuss: Austausch Heizölkessel	10%	10%	10%	0%
Maßnahme A, gem. Förderzweck	keine	dez. Zu- /Abluft mit WRG	dez. Zu-/Ab- luft mit WRG	dez. Zu-/Ab- luft mit WRG
Investitionsbetrag	- €	14.300 €	14.300 €	14.300 €
Zuschuss, rel.	0%	20%	20%	20%
Zuschusshöhe, abs.	- €	5.000 €	5.000 €	5.000 €
Maßnahme B, gem. Förderzweck	keine	keine	Biomasse, ern. En. Hyb- rid-Hzg. mit Em.-Grenzw.	Biomasse, ern. En. Hyb- rid-Hzg. mit Em.-Grenzw.
Investitionsbetrag	- €	- €	34.500 €	34.500 €
Zuschuss, rel.	0%	0%	40%	40%
Zuschusshöhe, abs.	- €	- €	18.980 €	18.980 €
Maßnahme C, gem. Förderzweck	keine	keine	hydr. Ab- gleich	hydr. Ab- gleich
Investitionsbetrag	- €	- €	1.400 €	1.400 €
Zuschuss, rel.	0%	0%	20%	20%
Zuschusshöhe, abs.	- €	- €	350 €	350 €
Maßnahme D, gem. Förderzweck	keine	keine	keine	Anschluss Geb.-Wärme- netz, > 55% ern. En. oder fPE < 0,25
Investitionsbetrag	- €	- €	- €	3.500 €
Zuschuss, rel.	0%	0%	0%	35%
Zuschusshöhe, abs.	- €	- €	- €	1.230 €
<b>Summe BAFA-Förderung</b>	<b>- €</b>	<b>5.000 €</b>	<b>24.330 €</b>	<b>25.560 €</b>
<b>Summe KfW + BAFA Förderung</b>	<b>4.200 €</b>	<b>9.200 €</b>	<b>28.530 €</b>	<b>29.760 €</b>

Tabelle 8-16: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gebäude B, Sanierungsvorschläge

Kriterien (abgeschätzte Werte für Kosten, Zeiträume)	Variante (Maßnahmenbündel)				
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	
Endenergie-Einsparung (Heizenergie in kWh/a)	4.757	9.833	4.703	5.284	
CO <sub>2</sub> -Einsparung	1,5 t/a	3,0 t/a	10,1 t/a	13,1 t/a	
Energiekosteneinsparung	heute <sup>1</sup>	340 €/a	720 €/a	780 €/a	890 €/a
	gemittelt <sup>2</sup>	590 €/a	1.230 €/a	1.950 €/a	2.400 €/a
Investitionskosten <sup>3</sup>	14.400 €	28.700 €	64.300 €	67.800 €	
Energetische Mehrkosten <sup>4</sup>	14.400 €	14.400 €	46.700 €	49.500 €	
BEG-Förderung, KfW: Tilg.-Zuschuss, Zinsvorteil; BAFA-Zuschuss <sup>5</sup>	4.200 €	9.200 €	28.530 €	29.760 €	
Kapitalkosten <sup>6</sup>	550 €	1.050 €	1.930 €	2.060 €	
Kapitalwert <sup>7</sup> statisch	-4.000 €	-6.000 €	-21.000 €	-22.000 €	
Amortisation, Vollkosten	statisch <sup>8</sup>	30 a	27 a	46 a	43 a
	dynamisch <sup>9</sup>	19 a	17 a	20 a	17 a
Amortisation, energ. Mehrkosten	statisch <sup>8</sup>	30 a	7 a	23 a	22 a
	dynamisch <sup>9</sup>	19 a	5 a	10 a	9 a

<sup>1</sup> Heutige Kosten, ohne Betrachtung der Energiepreissteigerung  
<sup>2</sup> Durchschnittliche jährliche Kosten bei der angesetzten Energiepreissteigerung (Betrachtungszeitraum: 20 Jahre)  
<sup>3</sup> Auf Basis spezifischer Kosten bezogen auf die Bauteilfläche, Anlagentechnik (Literatur, Typologien, eigene Annahmen)  
<sup>4</sup> Abzüglich sowieso anstehender Kosten für Instandhaltungsmaßnahmen (Sowiesokosten, eigene Annahmen)  
<sup>5</sup> Förderzuschüsse: BEG KfW: Tilgungszuschuss + barwertiger Zinsvorteil gegenüber Marktdarlehn (ca. 0,75%/a eff.), BEG BAFA  
<sup>6</sup> Kapitalzins: 0,75% (KfW-Kredit), Betrachtungszeitraum: 20 Jahre, Bezug: Investitionskosten abzügl. Förderzuschuss  
<sup>7</sup> Summe der Barwerte aller durch diese Investition verursachten Zahlungen  
<sup>8</sup> Investitionskosten abzüglich Förderzuschuss dividiert durch die Energiekosteneinsparung (heutige Kosten)  
<sup>9</sup> Inklusive Kapitalkostenbetrachtung und Energiepreissteigerung

Die Analyse der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen zeigt auf, dass bei Betrachtung der energetischen Mehrkosten und einer unterstellten Energiepreissteigerung von 5%/a bei den fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas und mit 3 % jährlicher Preissteigerung für Holzpellets eine hohe Rentierlichkeit aller Varianten gegeben ist.

Der ökonomische Vergleich der einzelnen Varianten mit den jeweils erreichbaren CO<sub>2</sub>-Minderungen zeigt Abbildung 8-7; hier wurden die kumulierten Energiekosteneinsparungen über 20 Jahre den energetischen Mehrkosten gegenübergestellt und die Förderungen mit berücksichtigt.

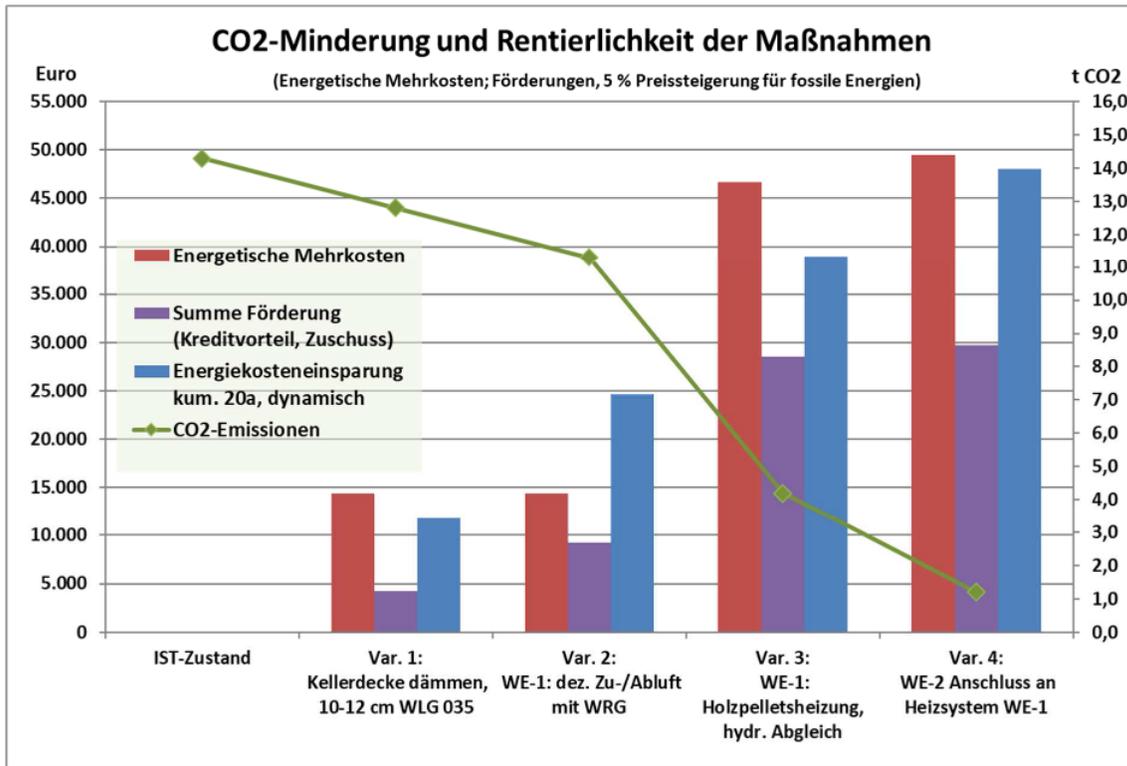


Abbildung 8-10: Gebäude C, Rentierlichkeit der Sanierungsvarianten und resultierende CO<sub>2</sub>-Minderungen

### 8.3.4 ZUSAMMENFASSENDE ERGEBNISSE DER MUSTERSANIERUNGSKONZEPTTE

Die im Rahmen der Erarbeitung des energetischen Quartierskonzeptes normalerweise stattfindenden Informations- und Beratungsgespräche mit interessierten Bürgern fielen coronabedingt geringer aus. So musste leider auf die unterstützende Beratung durch die Verbraucherzentrale SH mit ihren Gebäude-Checks verzichtet werden. Trotzdem konnte auch bei den öffentlichen Veranstaltungen und hier bei den drei Mustersanierungsberatungen für Eggebeker Wohngebäude gezeigt werden, dass eine Investition in die energetische Gebäudesanierung lohnend ist.

Eine umfassende Gebäudesanierung zur Erreichung des sogenannten Effizienzhaus-Niveau EH-100 des KfW-Förderprogramms 261/262 würde bei vollständiger Umsetzung der Sanierungsoptionen in einem Fall nur knapp verfehlt.

Oftmals sind die Ursache für das Nichterreichen einer hoher Wärmeschutzgüte und eines niedrigen Primärenergiebedarfs folgende bautypische, relativ häufig anzutreffende Situationen:

- Teilmodernisierungen an Dach, Fenster, selten an der Außenwand, sind bereits vorgenommen worden, so dass durch eine neuerliche und hocheffiziente Wärmeschutzverbesserung keine hohen Energieeinsparungen mehr erreicht werden bzw. die energetischen Mehrkosten einer weiteren Verbesserung kürzlich erneuerter und noch intakter Bauteile steigen.
- Bei Außenwänden mit Klinkerfassaden kann eine hohe Wärmeschutzgüte bei vergleichbarer Sichtqualität nur erreicht werden, wenn eine neue Vorsatzschale mit hoher Dämmstärke aufgebaut wird: Abschlagen des bestehenden Vormauerziegels, Aufbringen einer mindestens

14 cm starken Dämmung, statische Abfangung und Aufmauern einer neuen Verblendung mit Vormauerziegeln. Das ist extrem teuer.

- Nicht unterkellerte oder teilunterkellerte Gebäude können mit vertretbarem Aufwand keine Verbesserung der Wärmeschutzqualität der Sohle erzielen.
- Bestehende Wärmebrücken durch Balkone, Kragplatten und eingezogene Betondecken in die Außenwände lassen sich nur sehr aufwändig rückbauen und umfassend dämmen.
- Um eine wärmebrückenfreie Sanierung zu erreichen, muss ein gewerkeübergreifendes Sanierungskonzept und eine planerische Detailarbeit der Wärmebrückenreduzierung einhergehen; diesen planerischen Aufwand scheuen viele Sanierungsinteressierte.

Nur mit massiver und umfassender Wärmedämmung kann das Effizienzhaus-Niveau „KfW-Effizienzhaus 100“ oder besser erreicht werden.

Einige zentrale Aspekte wurden bei den Sanierungsgesprächen als Hemmnis bei der Umsetzung augenscheinlich sinnvoller Maßnahmen insbesondere an der Gebäudehülle fast immer genannt:

- Die Kosten für ambitionierte, über die gültigen Verordnungen hinausgehende Gebäudesanierungsmaßnahmen würden sich nicht rechnen.
- Die Gesamtkosten seien zu hoch; eine Differenzierung zwischen ohnehin anstehenden Instandsetzungsarbeiten und sogenannten energetischen Mehrkosten ist den Eigentümern nicht vertraut; es werden die Vollkosten durch die prognostizierten Energiekosteneinsparungen dividiert.
- Das Verständnis der kontinuierlichen Instandsetzung abgängiger Bauteile und die Bereitschaft, hierfür eine finanzielle Rücklage zu bilden, um die Liquidität bei der anstehenden Umsetzung zu schonen, bestehen nicht.
- Leider wird auch immer wieder auf die von Desinformation und Nichtwissen geprägte Diskussion verwiesen, dass Wärmedämmung das Atmen der Wände verhindere, man sich damit Schimmel ins Haus hole und die Gebäude viel zu dicht wären.
- Es wurde festgestellt, dass das Wissen über Fördermöglichkeiten bei den Handwerksbetrieben, die BEG-Fördermaßnahmen umsetzen (Dachdämmung, neue Fenster, WDVS Außenwand etc.), recht lückenhaft und manchmal nicht einmal ansatzweise vorhanden ist.

Bei den Energieberatungsgesprächen wurde auf die Problematik der „sowieso“-Kosten anhand eines Beispiels der Dachsanierung für ein Einfamilienhaus eingegangen und die „energetischen Mehrkosten“ dargestellt (vgl. Abbildung 8-11).

Im Rahmen der Beratung und der Entwicklung der Mustersanierungskonzepte wurde auf die Notwendigkeit der möglichst klimaneutralen Heizenergieversorgung hingewiesen und perspektivisch Lösungen durch Energieträgerumstellungen aufgezeigt.

Eine langfristige Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen konnte fast ausnahmslos dargestellt werden. Wichtig bei den Beratungsgesprächen ist in diesem Zusammenhang das Ausweisen der energetischen Mehrkosten gegenüber den sowieso anstehenden Instandsetzungskosten. Weiterhin ist die Ermittlung des sogenannten Förderbarwertes gerade angesichts der aktuell wieder steigenden Zinsen interessant und führt in Verbindung dem Erreichen der BEG-Förderzuschüsse zur Rentabilität. Dies wurde exemplarisch mit der Verbesserung der Wärmeschutzgüte der Gebäudehülle und mit dem Umstieg auf eine Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien abgeschätzt. Neben dem Kapitalwert wurde die statische und dynamische Amortisationszeit als plakatives Instrument der Rentierlichkeit bestimmt.



Abbildung 8-11: Unterscheidung Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten, Bsp. Dachsanierung

Die möglichen Einsparungen der drei detailliert untersuchten Gebäude reichen beim Heizwärmebedarf von rd. 5 % bis zu 19 %; bei der CO<sub>2</sub>-Situation von rd. 23 % bis zu 85 % bei Einsatz einer klimafreundlichen Holzpelletfeuerung.

## 8.4 EINSARPOTENTIAL UND SANIERUNGSRATE

Die Heterogenität der Baualtersstruktur und der gebäudlichen Modernisierungssituation im Quartier ist typisch für eine ländlich geprägte Kommune in Schleswig-Holstein. Was im Vergleich zu anderen Kommunen im Amt auffällt, ist der höhere Anteil von Gebäuden, die nach 1990/2000 gebaut worden sind. Es ist davon auszugehen, dass hier die zu erwartenden Sanierungsraten aufgrund des noch jungen Alters der Bauteilflächen der Wohngebäude niedriger anzusetzen sind als bei den Gebäuden der 80er Jahre. Jedoch bestimmen eher persönliche und individuelle Ansichten den Umfang einer energetischen Sanierung als eine rational-wirtschaftliche Abwägung.

Das Einsparpotential im Gebäudebestand für das Quartier lässt sich daher nur grob abschätzen; zu ungewiss sind die Entwicklungen von Umsetzungsraten der Gebäudesanierung, von Zuzug und Wegzug, von Abriss und Neubau, von Umnutzung und Nachverdichtung. Daher ist es sinnvoll, die Bandbreite der möglichen Entwicklung der Heizenergiebedarfe im Rahmen zweier unterschiedlicher Szenarien abzubilden, jeweils mit einem allgemeinen Trendszenario und einer forcierten Reduzierung als Klimaschutzszenario.

Grundlage bildet jeweils der derzeitige spezifische Endenergieverbrauch von Einfamilienhäusern in Schleswig-Holstein nach Baualtersklassen gemäß Gebäudetypologie Schleswig-Holstein (Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., 2012).

Das sogenannte Trend- oder Referenzszenario orientiert sich an der bundesdeutschen Entwicklung der allgemeinen Sanierungsrate von 1 % pro Jahr (vgl. Abbildung 8-12).<sup>4</sup>

Ob die zukünftige Sanierungsrate für den Gebäudebestand weiter erhöht werden kann, muss die Praxis zeigen; für eine zielführende Begrenzung der Treibhausgasemissionen (1,5° C-Ziel) wäre

<sup>4</sup> Eine Sanierungsrate von mindestens 1,4 % ist laut dena notwendig, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen. Derzeit beträgt sie rund 1 %. Vgl. (dena, 2018).

eine Anhebung auf 1,5 % - 2 % notwendig. In diesem Zusammenhang sei die „Langfristige Renovierungsstrategie“ der Bundesregierung erwähnt (BMWi, 2020 a), die im Rahmen der Umsetzung des europäischen „Green Deal“ eine Forcierung der Emissionsminderung im Wohn- und Nichtwohngebäudebereich zum Ziel hat.

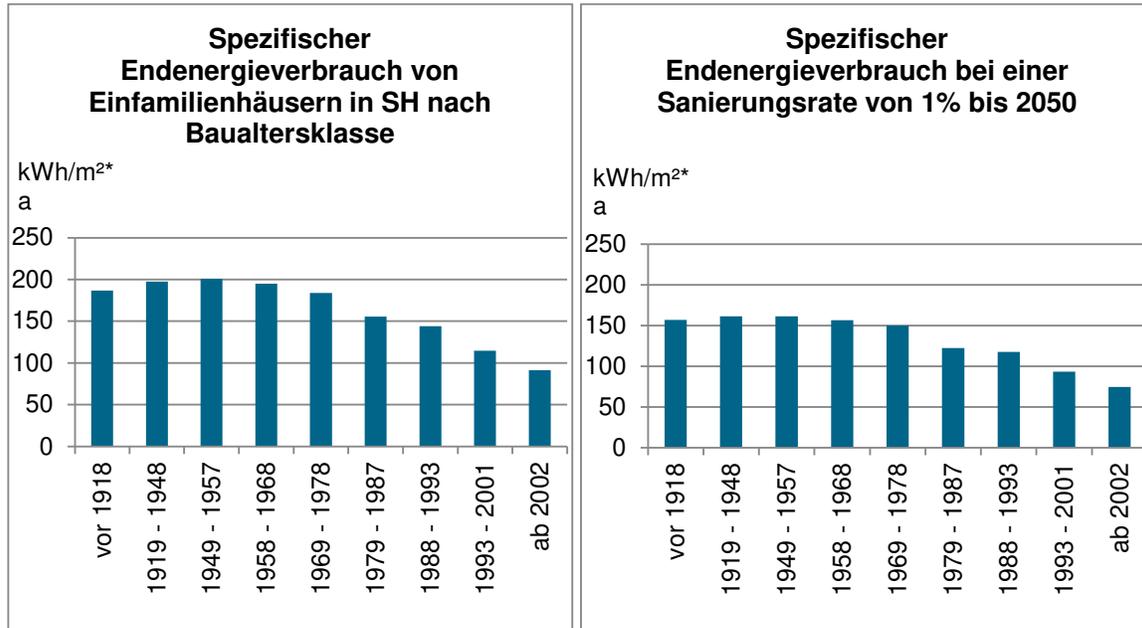


Abbildung 8-12: Spez. Endenergieverbrauch heute und 2050 (Sanierungsrate 1 %)

Nach dieser Abschätzung würde bei einer 1%igen Sanierungsrate der spezifische Heizenergiebedarf im Quartier von derzeit rd. 108 kWh/(m²·a) bis zum Jahr 2050 um rd. 19 % auf ca. 88 kWh/(m²·a) sinken.

Würde eine forcierte Gebäudesanierung mit 2%iger Sanierungsrate umgesetzt (Klimaschutzszenario), so würde der spezifische Heizenergiebedarf im Quartier bis zum Jahr 2050 um ca. 37 % auf rd. 55 kWh/(m²·a) absinken (vgl. Abbildung 8-13).

Zusammenfassend sind in Tabelle 8-17 zwei mögliche Szenarien für die Entwicklung der Heizenergiebedarfe des Quartiers Eggebek dargestellt.

Für Nichtwohngebäude erfordern Prognosen der zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs individuelle Untersuchungen von Sanierungen, möglichen Produktionsänderungen etc., die über den Rahmen des Quartierskonzeptes hinausgehen. Daher wurde für sie der derzeitige Energiebedarf fortgeschrieben. Bei der Vorplanung eines sich konkretisierenden Wärmenetzes, wie sie z. B. im Sanierungsmanagement erfolgen könnte, sind die betroffenen gewerblichen Abnehmer vorab anzusprechen, um anhand der dann gewonnen Erkenntnisse eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Wärmebedarfe zu erstellen.

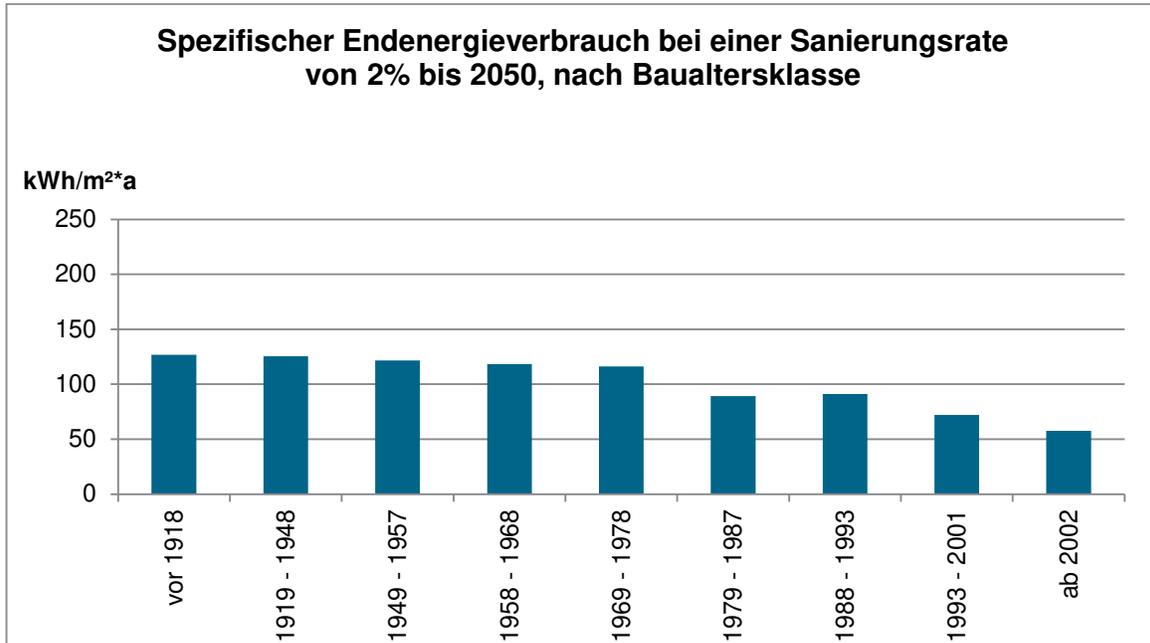


Abbildung 8-13: Spez. Endenergieverbrauch je Baualtersklasse für 2050 (Sanierungsrate 2 %)

Tabelle 8-17: Heizenergiebedarf 2018 und Abschätzung 2050 mit 1- und 2%iger Sanierungsrate

Wohngebäude			Nichtwohngebäude	Gesamt		
2020	2050, 1 % San.	2050, 2 % San.		2020	2050, 1 % San.	2050, 2 % San.
MWh/a						
11.694	9.520	7.347	3.360	15.053	12.880	10.706

## 9 VERSORGUNGSOPTIONEN UND -SZENARIEN

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

Man unterscheidet bei der Wärmeversorgung zwischen einer dezentralen, also gebäudeindividuellen Wärmeversorgung und einer zentralen Versorgung mit Nah- oder Fernwärme (Pfnür, Winiewska, Mailach, & Oschatz, 2016). Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Nah- und Fernwärme existiert dabei nicht, so dass beide Begriffe synonym verwendet werden können. Bei der dezentralen Versorgung, wie sie im Quartier aktuell üblich ist, wird im jeweiligen Gebäude selbst Wärme erzeugt; dies geschieht im Quartier bisher überwiegend auf Heizöl- oder Erdgasbasis. Bei der zentralen Wärmeversorgung wird die Wärme in einer (oder ggf. auch mehreren) Heizzentrale(n) erzeugt und durch erhitztes Wasser in Wärmeleitungen zu den Abnehmern transportiert.<sup>5</sup>

### 9.1 ZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Vor dem Hintergrund der aus Klimaschutzgründen gebotenen Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird auf eine zentrale und weitestgehend regenerative Wärmeversorgung des Quartiers fokussiert. Gegenwärtig befindet sich die Errichtung einer Heizzentrale und eines Nahwärmenetzes zur nachhaltigen Wärmeversorgung der Eichenbachschule und benachbarten Liegenschaften in Planung. Aufgrund dessen wird die Betrachtung von Versorgungsoptionen sowohl auf eine das gesamte Quartier umfassende Wärmelösung als auch auf eine Insellösung (Teilnetz) zur Erweiterung des Erzeugersystems an der Eichenbachschule zur Versorgung benachbarten Liegenschaften fokussiert. Die zwei verschiedenen Netzvarianten lauten wie folgt (vgl. Abbildung 9-2 und Abbildung 9-3):

- Netzvariante 1: Wärmeversorgung des gesamten Quartiers
- Netzvariante 2: Wärmeversorgung der Wohnhäuser in nächster Nachbarschaft zur Eichenbachschule im Süden des Quartiers

Die Planung des Wärmeverteilsystems setzt die Festlegung des vorläufigen und ortsabhängigen Netzaufbaus voraus. Hierbei muss neben der Darstellung der Struktur von Wärmeverteilungsnetzen und deren Betriebstemperaturen auch auf die Netzdimensionierung und die Wärmeverluste eingegangen werden. Die notwendige Energiezentrale müsste möglichst straßennah im Gewerbepark (ehemaliger NATO-Flugplatz) westlich vom Siedlungsbereich verortet werden, wodurch innerörtliche Störungen durch Brennstofflieferungen und Emissionen vermieden sowie Abwärmepotenziale im Gewerbepark genutzt werden können. Im Falle einer Erweiterung des kleinen Nahwärmesystems an der Eichenbachschule wäre die gegenwärtig an der Schule geplante Heizzentrale nach Möglichkeit zu vergrößern. Der Standort des Gewerbeparks sowie die Lage in der unmittelbaren Umgebung ist Abbildung 9-1 zu entnehmen.

<sup>5</sup> Die Option kalter Nahwärme erschien im vorliegenden Quartier mit seinem großen Anteil an Bestandsgebäuden nicht als sinnvoll.



Abbildung 9-1: Lage des Gewerbeparks (ehemaliger NATO-Flugplatz) im Westen des Quartiers (Google Earth, 2022)

### 9.1.1 TECHNISCHE VERSORGUNGSLÖSUNGEN

In welcher Form sich eine zentrale Wärmeversorgung im Quartier zukünftig gestalten ließe, wird basierend auf den zur Verfügung stehenden Informationen über die Gebäude und die Gegebenheiten des Quartiers untersucht. In einem zweistufigen Verfahren wurden dabei zunächst vielfältigste derzeit verfügbare Verfahren und Technologien qualitativ anhand ökologischer, technischer und wirtschaftlicher Kriterien auf Realisierbarkeit im Quartier geprüft. Nach dieser Abwägung, die mit der Lenkungsgruppe (vgl. Kapitel 11.1) abgestimmt wurde, werden der ausschließliche Einsatz von Öl- und Gaskesseln, Wärmepumpen, Brennstoffzellen, Solarthermieanlagen und Erdgas-BHKW in den Detailbetrachtungen für den Ausbau einer zentralen Wärmeversorgung nicht weiter berücksichtigt:

- Alleinige Öl- und Gaskessel sind aus Klimaschutzgründen, aufgrund der Versorgungssicherheit und zunehmend auch aus Kostengründen für eine zentrale Wärmeversorgung nicht weiter akzeptabel.
- Der Einsatz eines Erdgas-BHKW wird angesichts der Nutzung eines fossilen Energieträgers, der aktuellen Förderbedingungen sowie der steigenden Bepreisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht als zukunftsfähige und wirtschaftliche Lösung angesehen.
- Pelletkessel sind für dezentrale Lösungen gegenüber Holzhackschnitzeln wegen der einfacheren Handhabung zu bevorzugen, bei zentralen Lösungen aber weniger kostengünstig. Aufgrund des höheren Aufwandes für die Überwachung des laufenden Betriebs sowie des höheren Platzbedarfs für die Lagerung wurde die Nutzung von Holzhackschnitzeln auch bei der an

der Schule geplanten Anlage allerdings zunächst zugunsten eines Pellet-Einsatzes verworfen. Die spätere Umstellung soll jedoch möglich bleiben.

- Aus technischer Sicht ist der Betrieb einer Wärmepumpe zur Wärmeeinspeisung in ein Wärmenetz im hier vorliegenden Quartier mit überwiegend Bestandsbauten weniger geeignet, da ein effizienter Einsatz eine niedrige Heizungsvorlauftemperatur und einen guten Wärmeschutz der Gebäude voraussetzt. Zwar funktionieren Wärmepumpen in Bestandsgebäuden mit Jahresarbeitszahlen von 2,5 bis 4,7 bei Vorlauftemperaturen von im Mittel 45 °C zuverlässig und sind auch ökologisch vorteilhaft, allerdings sind nur spezielle zweistufige und kostenintensive Hochtemperaturwärmepumpen in der Lage, Vorlauftemperaturen von über 70 °C zu generieren (Frauenhofer ISE, 2020). Zudem befinden sich die Windkraftanlage (Bj. 2013) und der Photovoltaikpark (Bj. 2011) auf dem ehemaligen NATO-Flugplatz bislang noch in der EEG-Vergütung, sodass derzeit keine Stromquellen im Bereich des Quartiers verfügbar sind, von denen sich eine Direktleitung zur zukünftig denkbaren Minimierung von Steuern und Abgaben auf den Strompreis anbietet.
- Brennstoffzellen wären nur dann ökologisch sinnvoll, wenn sie mit grünem Wasserstoff betrieben würden, der bisher kaum verfügbar ist, hier nicht wirtschaftlich eingesetzt werden kann und in absehbarer Zeit energiewirtschaftlich in anderen Bereichen (z. B. Dekarbonisierung bestimmter Industriesektoren oder Schwerlastverkehr) dringender als für Heizzwecke benötigt wird (IPP ESN, 2019).
- Die Integration von solarthermischen Anlagen in die technischen Versorgungslösungen wurde aufgrund der verschiedenen Abwärmepotenziale im Gewerbepark nicht näher betrachtet.

Die Versorgungsvarianten sehen die zentrale Wärmebereitstellung mittels einer Kombination aus gewerblichen Abwärmequellen von Betrieben, die auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens geplant sind, vor. Damit kann zu großen Teilen Wärme genutzt werden, die ohnehin anfällt. Es werden also für die Wärmeversorgung weder zusätzliche Ressourcen beansprucht, noch entstehen zusätzliche Emissionen. Da das Temperaturniveau der anfallenden Abwärme bereits der benötigten Vorlauftemperatur des Wärmenetzes entspricht bzw. diese sogar z. T. übersteigt, muss ein weiterer Temperaturhub durch bspw. Wärmepumpen nicht durchgeführt werden:

- Die BSWE (Bürgerenergie Sauberes Wasser Eggebek GmbH) plant eine Anlage zur Gülleveredlung. Diese erzeugt aus Gülle und Gärresten ca. 4.500 Tonnen Biopellets pro Jahr, die an anderen Orten zu Heizzwecken eingesetzt werden. Im Produktionsprozess entsteht kontinuierliche Abwärme mit einer Wärmeleistung von ca. 50 kW, die für Eggebek zur Deckung der Wärmegrundlast genutzt werden kann.
- Die VAM (Vereinigte Asphalt Mischwerke GmbH & Co KG) plant eine Produktionsanlage, in der diskontinuierliche Abwärme (Sommer- und Winterbetrieb) mit einer Wärmeleistung von ca. 330 kW bei Vollbenutzungsstunden von ca. 1.000 h/a anfällt.
- Ferner soll auf dem ehemaligen Flughafengelände eine Anlage zur Verbrennung von unbehandeltem Altholz entstehen, deren Verbrennungswärme kontinuierlich nutzbar ist. Die Anlage soll eine Wärmeleistung von ca. 1 bis 2 MW aufweisen und regelbare Wärme eigens für das Nahwärmenetz generieren können.

- Ergänzend kann Wärme aus der geplanten Heizzentrale der Eichenbachschule genutzt werden. Die Heizzentrale besteht aus einer Holzpelletsfeuerung, die für eine Leistung von 1.500 kW ausgelegt ist und zunächst die Schule, die Schwimmhalle, den Kindergarten sowie Wohnhäuser in der Nachbarschaft versorgen soll.

Das Geschäftsmodell von BSWE, VAM und Altholzverbrennung basiert nicht auf dem Wärmeverkaufs - dieser würde lediglich zusätzliche Erträge erbringen. Da auch geringe Erlöse zusätzliche Deckungsbeiträge für den Anlagenbetrieb erbringen, sind für die Betreiber langfristige Verträge mit im Vergleich zur gesonderten Wärmeerzeugung niedrigen und vor allem relativ stabilen Preisgestaltungen attraktiv. Insofern kann für die Betreiber und die Kunden des Nahwärmenetzes eine win-win-Situation hergestellt werden.

Zusätzlich kann es zunächst noch einen Erdgaskessel geben, der aber nur selten zum Einsatz kommt: bei vereinzelt Lastspitzen, wie sie an extrem kalten Tagen auftreten können, oder wenn andere Anlagen für kurze Zeit wegen Wartung und Reparatur außer Betrieb sind.

Darüber hinaus wurde eine technische Versorgungslösung ausschließlich mit Wärme aus der geplanten Heizzentrale der Eichenbachschule, die ggf. durch weitere Holzpelletsheizungen unterstützt wird, untersucht. Es findet keine Nutzung von gewerblicher Abwärme aus dem Gewerbepark zur Wärmeversorgung statt, wodurch keine unerwünschten zusätzlichen Netzverluste und Investitionskosten aufgrund der Zuleitung vom Gewerbepark zum Quartier auftreten.

### 9.1.2 ENTWURF WÄRMENETZ

Für die Ermittlung der Gesamtinvestitionen sowie der Netzwärmeverluste ist die Bestimmung der Trassenlängen der untersuchten Wärmenetze erforderlich. Diese wurden anhand einer Ortsbegehung und luftbildfotografischen Abbildungen näherungsweise ermittelt. Die Nahwärmeverluste sind hierbei exemplarisch für ein gut gedämmtes und zu empfehlendes Netz aus getrenntem Vor- und Rücklauf und sogenannten Twin-Rohren mit gemeinsamem Vor- und Rücklauf in einem Mantel und gemeinsamer Isolierung betrachtet worden.

Die Auslegung der Wärmenetze erfolgte nach den aktuellen Wärmebedarfen der Gebäude. Grundlage der Berechnungen ist angesichts der hier gegebenen Netz- bzw. Nutzerkonstellationen eine Anschlussquote von 100 %, so dass mit den berechneten Kapazitäten langfristig ein Wärmeanschluss für jeden Haushalt gewährleistet werden kann. Alle Anlagen- und Wärmenetauslegungen wurden auf den aktuellen Wärmebedarf ausgelegt. Langfristig ist mit einer Sanierung einer Vielzahl von Gebäuden zu rechnen. Die Sanierungen werden jedoch nicht auf einen Schlag kommen, sondern sukzessive verteilt über viele Jahre (vgl. Kapitel 8.4). Einige Wärmeerzeugungsanlagen haben eine Lebensdauer von 10 bis 20 Jahren; hier kann dann die Dimensionierung bei der Erneuerung an die jeweilige Verbrauchsentwicklung angepasst werden. Außerdem wird durch eine Gebäudesanierung die Heizlast nur bedingt beeinflusst, da sich der Leistungsbedarf für das Trinkwarmwasser nicht verändern wird.

Abbildung 9-2 und Abbildung 9-3 stellen die möglichen Trassenführungen der untersuchten Wärmenetze dar.



Abbildung 9-2: Mögliche Trassenführung zur Versorgung des Gesamtquartiers

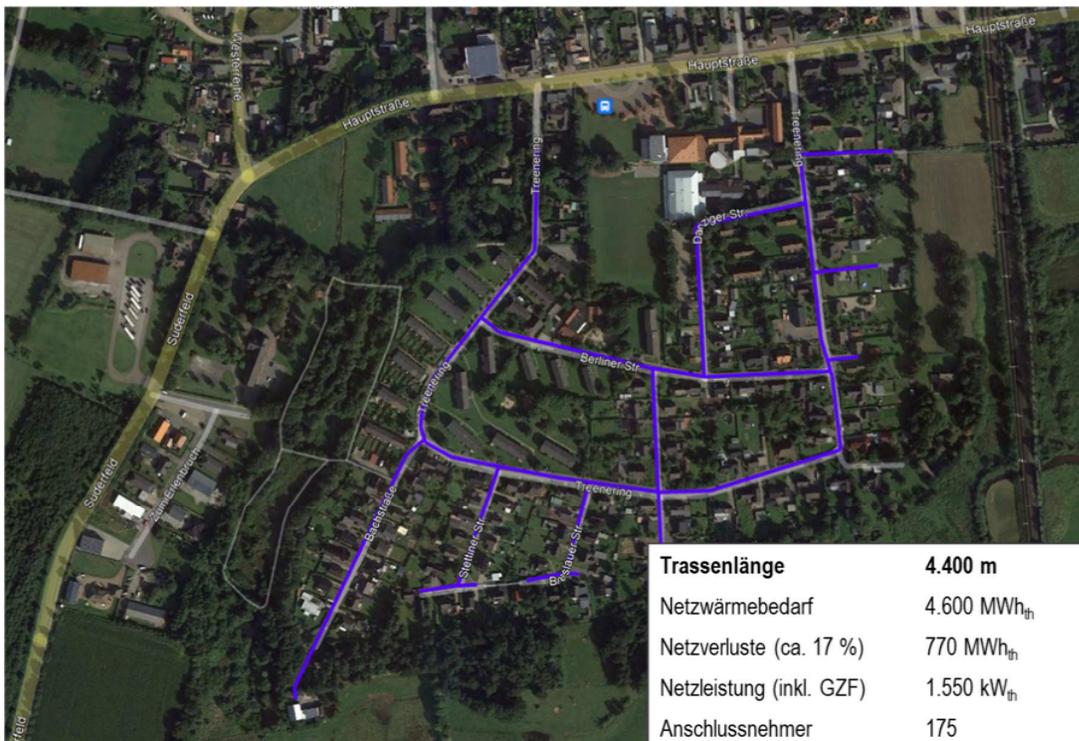


Abbildung 9-3: Mögliche Trassenführung zur Versorgung der Wohnhäuser in nächster Nachbarschaft zur Eichenschule

Um die Wärmenetze im Hinblick auf Netzverluste bzw. Wärmeverteilung qualitativ bewerten zu können, müssen die zwischen Heizzentrale und Abnehmern verloren gehenden Wärmemengen mit betrachtet werden (vgl. Abbildung 9-4). Diese sind hauptsächlich von der Netzlänge und damit der Siedlungsstruktur abhängig und liegen zwischen 17 und 20 %. Die Wärmeverluste beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes und sollten daher möglichst geringgehalten werden. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Wärme nicht aus ohnehin vorhandener und bisher nicht genutzter Abwärme stammt. Bei einer niedrigeren Netzanschlussquote bleiben die absoluten Wärmeverluste in etwa gleich, die relativen steigen somit. Dies würde die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems verschlechtern.

Die Anschlussdichten der untersuchten Wärmenetze sind ebenfalls in Abbildung 9-4 dargestellt und setzen die Wärmeabnahme ins Verhältnis zur Netzlänge. Je höher die Anschlussdichte ist, desto mehr Wärme wird pro Leitungsmeter über ein Jahr abgenommen. Daher wird angestrebt, eine möglichst hohe Anschlussdichte zu erzielen, da so neben den relativen Investitionskosten für die Leitungen auch die Wärmeverluste innerhalb des Netzes in Relation zur Wärmeabnahme niedrig gehalten werden. Die Gegenüberstellung von Anschlussdichte und Netzverlusten der Netze zeigt, dass die Verluste mit zunehmender Anschlussdichte sinken. Aufgrund der relativ niedrigen Wärmeabnahme auf langer Wärmetrasse haben die hier untersuchten Wärmenetze relativ niedrige Anschlussdichten. Signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Netzen sind nicht zu erkennen. Auch außerhalb von großstädtischen Ballungsgebieten ist der Betrieb von effizienten und klimafreundlichen Wärmenetzen jedoch auch mit niedrigen Anschlussdichten und hohen Systemeffizienzen durchaus möglich.

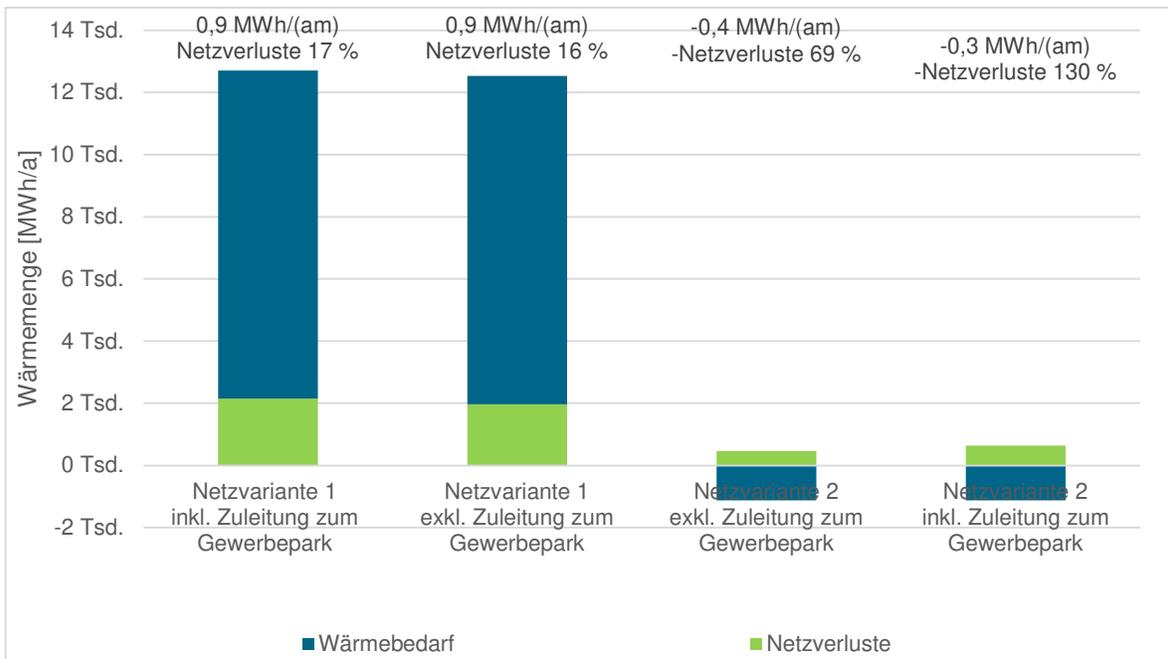


Abbildung 9-4: Netzverluste und Anschlussdichte der untersuchten Netzvarianten

### 9.1.3 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ANSÄTZE

Um die im nächsten Schritt untersuchten Szenarien wirtschaftlich bewerten zu können, wurden die energiewirtschaftlich relevanten Rahmenparameter definiert. Neben einem Kapitalzins von

1,5 % p. a. wurden aktuelle Kosten für Energieeinkauf, Wartung und Instandhaltung angesetzt sowie eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung von 74 €/t angenommen, wie sie aufgrund des sukzessiven und über 2025 hinaus hier angenommenen linearen Anstiegs der CO<sub>2</sub>-Bepreisung mit einer Steigung von 7,5 €/t p. a. im Mittel in den nächsten zehn Jahren bis 2032 anfallen würde (Bundesregierung, 2019). Die Ansätze für Wartungs- und Reparaturkosten wurden bei den Herstellern angefragt oder stammen aus vergleichbaren Projekten. Die Kosten der Abwärme aus den betrieblichen Prozessen werden mit 20 €/MWh angesetzt und enthalten die kompletten Gestehungskosten der Anlagenbetreiber. Für die Wärme, die aus dem geplanten Heizwerk der Schule in die untersuchten Wärmenetze eingespeist wird, wurden bei den Investitionskosten lediglich die Mehrkosten gegenüber den ohnehin vorgesehenen Installationen sowie die zusätzlichen Brennstoffkosten berücksichtigt, so dass ein Wärmeabgabepreis von 4,89 ct/kWh angesetzt wurde.

Tabelle 9-1 gewährt einen Überblick über die energiewirtschaftlichen Ansätze, die der Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegt wurden. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen Versorgungsvarianten wurde zunächst der durchschnittliche Preis von Gas, Strom und Holzpellets von 2021 angesetzt. Später werden dann jedoch auch die Auswirkungen der Preissteigerungen, die bis März 2022 eingetreten sind, berücksichtigt.

Alle Preise und Ansätze im vorliegenden Bericht sind Nettopreise (zuzüglich Mehrwertsteuer).

Tabelle 9-1: Energiewirtschaftliche Ansätze

Energiewirtschaftliche Ansätze			
Kapitalzins		1,50%	p. a.
<b>Wartung und Instandhaltung</b>			
Holzessel		4,00%	p. a./Invest
Erdgaskessel		1,00%	p. a./Invest
Anlagentechnik und Installation		1,50%	p. a./Invest
Wärmenetz		0,25%	p. a./Invest
Grundstücke & Gebäude		0,25%	p. a./Invest
Versicherung/Sonstiges		0,50%	p. a./Invest
<b>Energiekosten</b>			
Erdgas Durchschnittspreis	Ø 2021	5,90	ct/kWh <sub>Hi</sub>
	Mrz 22	10,45	ct/kWh <sub>Hi</sub>
Holzpellets Durchschnittspreis	Ø 2021	4,15	ct/kWh <sub>Hi</sub>
	Mrz 22	6,21	ct/kWh <sub>Hi</sub>
Strom Durchschnittspreis	Ø 2021	26,83	ct/kWh <sub>el</sub>
	Mrz 22	30,41	ct/kWh <sub>el</sub>
CO <sub>2</sub> -Bepreisung	Start 2021	25,00	€/t CO <sub>2</sub>
Abwärme BSWE Durchschnittspreis	2022	2,00	ct/kWh <sub>th</sub>
Abwärme Asphaltmischwerk Durchschnittspreis	2022	2,00	ct/kWh <sub>th</sub>
Abwärme Altholzverbrennung Durchschnittspreis	2022	2,00	ct/kWh <sub>th</sub>
Nahwärme Schulzentrum Mischpreis Durchschnittspreis	2021	4,89	ct/kWh <sub>th</sub>

#### 9.1.4 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG OHNE SANIERUNG

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

#### 9.1.4.1 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

Im ersten Schritt werden zunächst die Wärmeerzeuger dimensioniert und die unterschiedlichen Energieflüsse bilanziert. Tabelle 9-2 stellt die Energiebilanzen der einzelnen Versorgungsszenarien für die untersuchten Wärmenetze dar.

Im Folgenden werden die Annahmen und Ergebnisse der Energiebilanzen anhand des untersuchten Wärmenetzes zur Versorgung des Gesamtquartiers (Netzvariante 1) näher erläutert.

Die benötigte jährliche Wärmemenge aller Gebäude im Quartier liegt im Mittel bei etwa 13.920 MWh. Obwohl die Wärmeverluste des Netzes durch moderne, gut gedämmte Wärmeleitungen verringert werden können, würde durch die Verteilung eine Wärmeenergie von 3.110 MWh pro Jahr verloren gehen, die dem zukünftigen Nahwärmenetz zusätzlich zugeführt werden muss. Die Verluste betragen etwa 0,8 MWh/(a-m) bzw. 18 % des gesamten Netzwärmebedarfs. Somit muss dem Wärmenetz unter Einbezug aller Übertragungsverluste eine jährliche Wärmemenge von etwa 17.030 MWh zugeführt werden. Die Zuleitung vom Gewerbebepark am Flugplatz würde weitere Netzverluste in Höhe von 175 MWh pro Jahr verursachen.

Aus der BSWE-Anlage zur Gülleveredlung werden aus Gülle und Gärresten ca. 4.500 Tonnen Biopellets pro Jahr erzeugt. Im Produktionsprozess entsteht eine kontinuierliche Abwärme mit einer Wärmeleistung von ca. 50 kW und einer Wärmemenge von ca. 438 MWh/a, die dem Wärmenetz zugeführt werden kann. Ein weiteres Abwärmepotenzial bietet die Produktionsanlage der VAM, die mit einer Wärmeleistung von ca. 330 kW eine Wärmemenge von ca. 330 MWh/a bereitstellen kann. Das Asphaltmischwerk wird allerdings vor allem in den Sommermonaten von April bis Oktober werktags in den Zeiten von 6 bis 16 Uhr in Betrieb genommen, wodurch die Abwärme ein saisonal typisches Muster aufweist, das leider kaum mit dem Verlauf des Wärmebedarfs korreliert. Ebenfalls nutzbar ist die kontinuierliche Verbrennungswärme der geplanten Altholzverbrennungsanlage auf dem ehemaligen Flugplatz. Die Anlage könnte eigens für das Wärmenetz regelbare Wärme in Höhe von ca. 11.380 MWh/a bei einer Wärmeleistung von rund 1,5 MW bereitstellen. Als Ergänzung kann eine zusätzliche Wärmemenge von 3.880 MWh/a aus der geplanten Heizzentrale der Eichenbachschule genutzt werden, da die Wärmeleistung von 1.500 kW nicht vollumfänglich durch die Heizlast des Schulkomplexes bestehend aus Schule, Kindergarten und Sportbauten (ca. 700 kW) ausgeschöpft wird.

Ergänzend wird es zunächst noch einen Erdgaskessel geben, der aber nur selten zum Einsatz kommt: bei vereinzelt Lastspitzen, wie sie an extrem kalten Tagen auftreten können, oder wenn andere Anlagen für kurze Zeit wegen Wartung und Reparatur außer Betrieb sind. Unter Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsaspekten und einer ausreichenden Leistungsreserve ist der Einbau eines NT-Erdgaskessels mit einer thermischen Leistung von 3.600 kW sinnvoll. Diese Option stellt einen Kompromiss dar: Einerseits handelt es sich bei Erdgas noch um einen fossilen Energieträger, der mittelfristig zu ersetzen ist. Andererseits sind aufgrund der sehr begrenzten Einsatzzeiten die CO<sub>2</sub>-Emissionen begrenzt, und die relativ geringen Investitionskosten eines solchen Kessels halten die Kosten des Gesamtsystems in Grenzen. So kann eine möglichst hohe Anschlussquote erleichtert werden, d. h. es wird vermieden, dass sich sehr preissensible Haushalte nicht anschließen und bei einer komplett fossilen Versorgung verbleiben.

Alternativ zur betrieblichen Abwärme könnte die zentrale Wärmeversorgung z. T. mittels Holzpellets befeuerten Biomassekessel sichergestellt werden, die den Netzwärmebedarf in einem ausreichenden Maße, d. h. mindestens in der Grundlast, abdecken. Hierzu wird das Holzpellets

befeuerte Erzeugersystem in der Heizzentrale der Eichenbachschule mit einer Wärmeleistung in Höhe von 1.500 kW erweitert, wodurch über 90 % des Netzwärmebedarfs abgedeckt werden können. Die noch anfallende fossile Wärmeerzeugung zur Abdeckung von Spitzenlasten aus dem Erdgaskessel an kalten Wintertagen macht dann etwa 8 % des gesamten Netzwärmebedarfs aus. Die Abwärmepotenziale aus dem Gewerbepark am Flugplatz werden nicht genutzt. Aus diesem Grund ist eine Zuleitung vom Gewerbepark hin zum Quartier nicht weiter notwendig, wodurch Investitionskosten eingespart werden können.

Tabelle 9-2: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen der zentralen Wärmeversorgung

Energiebilanzen	Gesamtquartier Variante 1.1		Gesamtquartier Variante 1.2		Inselnetz Schule Variante 2.1		Inselnetz Schule Variante 2.2		Dimension
	Abwärme BSWE+	Abwärme Asphalt+	Abwärme Altholz+	Nahwärme Schule+ Erdgaskessel	Nahwärme Schule+ Biomassekessel+ Erdgaskessel	Nahwärme Schule+ Erdgaskessel	Abwärme BSWE+	Abwärme Asphalt+	
Anzahl Wohngebäude	ca.	606	606	172	172	Stk.			
Anzahl Nichtwohngebäude	ca.	45	45	3	3	Stk.			
Wärmebedarf	ca.	13.924.238	13.924.238	3.829.765	3.829.765	kWh <sub>th</sub>			
Anschlussleistung	ca.	7.241	7.241	1.921	1.921	kW <sub>th</sub>			
<b>Wärmenetz</b>									
Gleichzeitigkeitsfaktor	ca.	0,75	0,75	0,75	0,75				
Trassenlänge Hauptstraße	ca.	11.242	11.242	2.640	2.640	m			
Trassenlänge Flugplatz	ca.	1.000	0	0	1.000	m			
Trassenlänge Hausanschluss	10 m/HUS	6.510	6.510	1.750	1.750	m			
Netzverlustleistung	20 W/m	375	355	88	108	kW <sub>th</sub>			
Netzverluste	8.760 Vbh.	3.285.350	3.110.150	769.128	944.328	kWh <sub>th</sub>			
Netzwärmebedarf	ca.	17.209.589	17.034.389	4.598.893	4.774.093	kWh <sub>th</sub>			
Netzleistungsbedarf	ca.	5.806	5.786	1.528	1.548	kW <sub>th</sub>			
Strombedarf Netzpumpen	0,015 kWh/kWh	258.144	255.516	68.983	71.611	kWh <sub>el</sub>			
<b>Gülleveredlung der BSWE (Bürgerenergie Sauberes Wasser Eggebek)</b>									
<b>Wärmeerzeuger</b>									
Thermische Leistung	ca.	50			50	kW <sub>th</sub>			
Vollbenutzungsstunden	ca.	8.760			8.760	Std.			
erzeugte thermische Energie	ca.	438.000			438.000	kWh <sub>th</sub>			
Wärmeabdeckung	ca.	3%			9%				
Eigenverbrauchsquote	ca.	100%			100%				
<b>Asphaltmischwerk Eggebek (VAM-Vereinigte Asphaltmischwerke)</b>									
<b>Wärmeerzeuger</b>									
Thermische Leistung	ca.	330			330	kW <sub>th</sub>			
Vollbenutzungsstunden	ca.	1.000			1.000	Std.			
erzeugte thermische Energie	ca.	330.000			329.904	kWh <sub>th</sub>			
Wärmeabdeckung	ca.	2%			7%				
Eigenverbrauchsquote	ca.	100%			0%				
<b>Abwärme Altholzverbrennung</b>									
<b>Wärmeerzeuger</b>									
Thermische Leistung	ca.	1.500			1.500	kW <sub>th</sub>			
Vollbenutzungsstunden	ca.	7.590			2.671	Std.			
erzeugte thermische Energie	ca.	11.384.871			4.006.189	kWh <sub>th</sub>			
Jahresnutzungsgrad	ca.	85%			85%				
Brennstoffbedarf	ca.	13.393.966			4.713.163	kWh <sub>th</sub>			
Wärmeabdeckung	ca.	66%			84%				
Speichergröße	Δ 20 °C	64,6			64,6	m <sup>3</sup>			
<b>Nahwärme Schulzentrum</b>									
<b>Wärmeerzeuger</b>									
Thermische Leistung Schulzentrum	ca.	706	706	706	706	kW <sub>th</sub>			
Thermische Leistung	ca.	1.500	1.500	1.500	1.500	kW <sub>th</sub>			
Vollbenutzungsstunden	ca.	3.337	7.860	3.813	753	Std.			
erzeugte thermische Energie	ca.	5.005.704	11.790.673	5.719.934	1.129.042	kWh <sub>th</sub>			
davon Schulzentrum	ca.	1.129.042	1.129.042	1.129.042	1.129.042	kWh <sub>th</sub>			
davon Verbundnetz	ca.	3.876.662	10.661.631	4.590.892	0	kWh <sub>th</sub>			
Jahresnutzungsgrad	ca.	85%	85%	85%	85%				
Brennstoffbedarf	ca.	5.889.064	13.871.379	6.729.334	1.328.284	kWh <sub>th</sub>			
Wärmeabdeckung	ca.	23%	63%	100%	0%				
Speichergröße	ca.	64,6	64,6	64,6	64,6	m <sup>3</sup>			
<b>Biomassekessel</b>									
<b>Wärmeerzeuger</b>									
Thermische Leistung	ca.		1.500			kW <sub>th</sub>			
Vollbenutzungsstunden	ca.		3.378			Std.			
erzeugte thermische Energie	ca.		5.067.632			kWh <sub>th</sub>			
Jahresnutzungsgrad	ca.		85%						
Brennstoffbedarf	ca.		5.961.920			kWh <sub>th</sub>			
Wärmeabdeckung	ca.		30%						
Speichergröße	Δ 20 °C		96,9			m <sup>3</sup>			
<b>Erdgaskessel</b>									
<b>Wärmeerzeuger</b>									
erforderliche thermische Leistung	ca.	3.511	3.491	734		kW <sub>th</sub>			
installierte thermische Leistung	ca.	3.600	3.500	800		kW <sub>th</sub>			
zusätzlich erforderliche thermische Energie	ca.	1.180.055	1.305.126	8.001		kWh <sub>th</sub>			
Wirkungsgrad	ca.	90%	90%	90%					
zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	1.311.172	1.450.140	8.890		kWh <sub>th</sub>			
Wärmeabdeckung	ca.	7%	8%	0%					

#### 9.1.4.2 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

Für die grobe Ermittlung der Investitionskosten wurden, soweit für die jeweilige Variante zutreffend, Ausgaben für Holzpellets- und Kesselanlage, Anlagentechnik und Installation sowie Infrastrukturmaßnahmen kalkuliert. Den angesetzten Ausgaben für die Holzpelletsanlagen wurden aktuelle Richtpreiseangebote zu Grunde gelegt. Ausgaben für Kessel, periphere Anlagentechnik, Installationsleistungen und Genehmigungen sowie Infrastruktur (insbesondere das Wärmenetz) basieren auf Erfahrungswerten der IPP ESN aus entsprechenden aktuellen Planungsarbeiten und wurden auf die projektspezifischen Gegebenheiten abgestimmt.

Die Aufstellung der Investitionskosten ist Tabelle 9-3 zu entnehmen. Auf die in den einzelnen Ausgabenkategorien ermittelten Zwischensummen wurde ein spezifischer Aufschlag für Unvorhergesehenes und Planungsleistungen sowie Preissteigerung 2021/2022 addiert, um einer für die Konzeptphase angemessenen konservativen Investitionskalkulation Rechnung zu tragen.

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

Folgende Abschreibungszeiträume wurden angenommen:

- Holzkessel: 20 Jahre
- Erdgaskessel: 20 Jahre
- Anlagentechnik und Installation: 15 Jahre
- Bautechnik (inkl. Wärmenetz): 40 Jahre
- Grundstücke und Gebäude: 50 Jahre

Um die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes erneuerbarer Energieträger im Wärmebereich zu verbessern, können in der Regel Fördermittel auf Landes- und Bundesebene in Form von zinsgünstigen Krediten und direkten Zuschüssen in Anspruch genommen werden. Die staatliche Förderung erfolgt derzeit nach den Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmemarkt und besteht aus zwei alternativen Förderoptionen. Diese umfassen zum einen Investitionszuschüsse über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und zum anderen zinsverbilligte Darlehen und Tilgungszuschüsse über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Im Rahmen des Klimaschutzprogrammes 2030 entwickelt die Bundesregierung die Förderungen für energieeffiziente Gebäude weiter. Die bestehenden Programme werden ab 2021 schrittweise und in einem modernisierten, vereinfachten und optimierten Förderangebot, der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), gebündelt (BMWi, 2020).

Über das KfW-Programm 271 „Erneuerbare Energien Premium“ kann eine Förderung für Investitionen in Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse und Wärmenetze, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden, abgerufen werden. Zu den zuwendungsfähigen Investitionen gehören hierbei neben den Kosten für die Wärmeerzeugungsanlage alle finanziellen Aufwendungen für Pumpen, Rohrleitungen, Wärmetauscher, Wärmespeicher sowie der Elektro-, Mess-, Steuerungs- und Regeleinrichtung (KfW, o. J. c).

Die möglichen Förderungen über das KfW-Programm 271 „Erneuerbare Energien Premium“ liegen entsprechend den Versorgungsvarianten und den tatsächlich zu verlegenden Leitungslängen hier zwischen 578 T€ und 2,2 Mio. €.

Tabelle 9-3: Investitionen der zentralen Wärmeversorgung

Investitionen	Gesamtquartier		Inselnetz Schule		Dimension
	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	
	Abwärme BSWE+	Nahwärme Schule+	Nahwärme	Abwärme BSWE+	
	Abwärme Asphalt+	Biomassekessel+	Schule+	Abwärme Asphalt+	
	Abwärme Altholz+	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Abwärme Altholz+	
	Nahwärme Schule+			Nahwärme Schule	
	Erdgaskessel				
<b>Biomassekessel</b>					
thermische Leistung	ca.		1.500		kW <sub>th</sub>
Kesselanlage inkl. Pheripherie und Silo	ca.		1.000.000		€
Volumen Pufferspeicher	ca.		96,9		€
Pufferspeicher	1.500 €/m <sup>3</sup>		145.350		€
<b>Zwischensumme</b>	<b>ca.</b>		<b>1.145.350</b>		<b>€</b>
Preissteigerung	5%		57.268		€
Unvorhergesehenes	5%		60.131		€
Planung, Gutachten etc.	10%		126.275		€
<b>Investition Biomassekessel</b>	<b>ca.</b>		<b>1.389.023</b>		<b>€</b>
<b>Erdgaskessel</b>					
thermische Leistung	ca.	3.600	3.500	800	kW <sub>th</sub>
Kesselanlage	ca.	288.000	280.000	55.000	€
Zubehör	ca.	72.000	70.000	7.000	€
<b>Zwischensumme</b>	<b>ca.</b>	<b>360.000</b>	<b>350.000</b>	<b>62.000</b>	<b>€</b>
Preissteigerung	5%	18.000	17.500	3.100	€
Unvorhergesehenes	10%	37.800	36.750	6.510	€
Planung, Gutachten etc.	15%	62.370	60.638	10.742	€
<b>Investition Erdgaskessel</b>	<b>ca.</b>	<b>478.170</b>	<b>464.888</b>	<b>82.352</b>	<b>€</b>
<b>Elektro- und Anlagentechnik</b>					
Netzpumpen	ca.	50.000	25.000	25.000	50.000 €
Wärmetauscher	ca.	30.000	15.000	15.000	30.000 €
Steuer- und Regelungstechnik	ca.	40.000	55.000	25.000	10.000 €
elektrische Einbindung	ca.	20.000	30.000	15.000	10.000 €
hydraulische Einbindung	ca.	80.000	120.000	50.000	20.000 €
Anlagenbau	ca.	170.000	310.000	50.000	10.000 €
Hausübergabestation (<= 50 kW)	3.500 €/HÜS	2.247.000	2.247.000	612.500	612.500 €
Hausübergabestation (>120 kW)	7.500 €/HÜS	52.500	52.500	0	0 €
Hausübergabestation (>150-200 kW)	12.000 €/HÜS	24.000	24.000	0	0 €
Brennstoffversorgung	ca.	15.000	15.000	5.000	€
Abgasanlage	ca.	140.000	230.000	40.000	€
<b>Zwischensumme</b>	<b>ca.</b>	<b>2.868.500</b>	<b>3.123.500</b>	<b>837.500</b>	<b>742.500 €</b>
Preissteigerung	5%	143.425	156.175	41.875	37.125 €
Unvorhergesehenes	15%	451.789	491.951	131.906	116.944 €
Planung, Gutachten etc.	15%	519.557	565.744	151.692	134.485 €
<b>Investition Elektro- &amp; Anlagentechnik</b>	<b>ca.</b>	<b>3.983.271</b>	<b>4.337.370</b>	<b>1.162.973</b>	<b>1.031.054 €</b>
<b>Wärmenetz</b>					
Länge Wärmenetz	ca.	18.752	17.752	4.390	5.390 m
Wärmenetz	500 €/m	9.376.000	8.876.000	2.195.000	2.695.000 €
<b>Zwischensumme</b>	<b>ca.</b>	<b>9.376.000</b>	<b>8.876.000</b>	<b>2.195.000</b>	<b>2.695.000 €</b>
Preissteigerung	5%	468.800	443.800	109.750	134.750 €
Unvorhergesehenes	15%	1.476.720	1.397.970	345.713	424.463 €
Planung, Gutachten etc.	15%	1.698.228	1.607.666	397.569	488.132 €
<b>Investition Wärmenetz</b>	<b>ca.</b>	<b>13.019.748</b>	<b>12.325.436</b>	<b>3.048.032</b>	<b>3.742.344 €</b>
<b>Grundstücke &amp; Gebäude</b>					
Heizhaus (Gebäude)	ca.	300.000	400.000	50.000	7.000 €
Grundstück	ca.	0	0	0	0 €
<b>Zwischensumme</b>	<b>ca.</b>	<b>300.000</b>	<b>400.000</b>	<b>50.000</b>	<b>7.000 €</b>
Preissteigerung	5%	15.000	20.000	2.500	350 €
Unvorhergesehenes	15%	47.250	63.000	7.875	1.103 €
Planung, Gutachten etc.	15%	54.338	72.450	9.056	1.268 €
<b>Investition Grundstücke &amp; Gebäude</b>	<b>ca.</b>	<b>416.588</b>	<b>555.450</b>	<b>69.431</b>	<b>9.720 €</b>
<b>Summe</b>	<b>ca.</b>	<b>17.897.776</b>	<b>19.072.166</b>	<b>4.362.788</b>	<b>4.783.119 €</b>
Unvorhergesehenes	ca.	2.013.559	2.049.802	492.004	542.509 €
Planung, Gutachten etc.	ca.	2.334.493	2.432.772	569.059	623.885 €

Neben den bereits genannten Förderprogrammen, welche sich dadurch auszeichnen, dass sie bei Einhaltung der technischen und organisatorischen Vorgaben durch den Fördermittelgeber im Rahmen der Verfügbarkeit von Haushaltsmitteln gesichert zur Verfügung stehen, gibt es weitere investive Förderprogramme, bei denen die Mittel im Bewerbungsverfahren vergeben werden. Die

Bewerbung um solche Förderprogramme wird eine Aufgabe des Sanierungsmanagements sein. Insbesondere der Förderaufruf für investive Kommunale Klimaschutz Modellprojekte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) bietet mit bis zu 80 % Förderung ein hohes Förderpotential (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021). Alternativ, mit einer Aufstockung der vorrangig zu beantragenden Bundesförderung auf bis zu 50 % der Gesamtinvestition, konnte bis Ende 2021 eine Förderung basierend auf der Richtlinie zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein geprüft werden (IB.SH, o. J.). Die angekündigte Verlängerung der Förderung bis Ende 2027 steht zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts noch aus.

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

#### 9.1.4.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

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

Von den Erkenntnissen der Wirtschaftlichkeitsberechnung ausgehend lässt sich für Eggebek grundsätzlich festhalten, dass die Wärmegestehungskosten der verschiedenen Versorgungsvarianten unabhängig von der Wärmenetzgröße angesichts der in einem Quartierskonzept unvermeidbaren Planungsunsicherheiten und möglichen Schwankungen in einer vergleichbaren Größenordnung liegen. Dabei führt die Abnahme von Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen zur besten Wirtschaftlichkeit der einzelnen Wärmenetze. Dies liegt in den geringen Kapitalkosten und dem günstigen Einkaufspreis der Abwärme begründet, die nicht vollständig genutzt werden würde und z. T. an die Umgebung abgegeben werden müsste.

Die Wärme aus den Holzpellets befeuerten Erzeugersystemen führt in beiden Netzvarianten trotz aktuell hoher Fördermöglichkeiten und relativ moderaten Brennstoffpreisen für Holzpellets zu im Vergleich mit der betrieblichen Abwärme höheren spezifischen Gesamtkosten.

Aufgrund der nahezu ausschließlichen Einspeisung von kostengünstiger Abwärme aus den betrieblichen Prozessen sowie von Wärme aus der geplanten Heizzentrale der Eichenbachschule in das Wärmenetz, ermöglichen die Versorgungsoptionen in der Netzvariante 2 zur Wärmeversorgung der Wohnhäuser in nächster Nachbarschaft zur Eichenbachschule Wärme zu niedrigeren Kosten als die in der Netzvariante 1 zur Wärmeversorgung des gesamten Quartiers. Es wird dann jedoch großen Teilen des Quartiers keine klimafreundliche zentrale Wärmeversorgung angeboten, so dass für diese die Versorgungskosten höher blieben. Insofern sollte der Vergleich für die Entscheidungsfindung über die Netzausdehnung keine Rolle spielen.

Tabelle 9-4: Wärmegestehungskosten der zentralen Wärmeversorgung

Dyn. Wirtschaftlichkeit über 10 Jahre	Gesamtquartier Variante 1.1		Gesamtquartier Variante 1.2		Inselnetz Schule Variante 2.1		Inselnetz Schule Variante 2.2		Dimension
		Abwärme BSWE+ Abwärme Asphalt+ Abwärme Altholz+ Nahwärme Schule+ Erdgaskessel		Nahwärme Schule+ Biomassekessel+ Erdgaskessel		Nahwärme Schule+ Erdgaskessel		Abwärme BSWE+ Abwärme Asphalt+ Abwärme Altholz+ Nahwärme Schule	
Brennstoffbezug Erdgas	ca.	1.311.172	1.450.140	8.890				0 kWh <sub>th</sub>	
Brennstoffbezug Holz	ca.	0	5.961.920	0				0 kWh <sub>th</sub>	
Abwärme BSWE	ca.	438.000	0	0				438.000 kWh <sub>th</sub>	
Abwärme Asphaltmischwerk	ca.	330.000	0	0				329.904 kWh <sub>th</sub>	
Abwärme Altholzverbrennung	ca.	11.384.871	0	0				4.006.189 kWh <sub>th</sub>	
Nahwärme Schulzentrum	ca.	3.876.662	10.661.631	4.590.892				0 kWh <sub>th</sub>	
Strombezug öffentl. Netz	ca.	258.144	255.516	68.983				71.611 kWh <sub>el</sub>	
Wärmelieferung (Wärmebedarf Anschlussnehmer)	ca.	13.924.238	13.924.238	3.829.765				3.829.765 kWh <sub>th</sub>	
CO <sub>2</sub> -Emissionen (anzusetzender Wert)	ca.	324	358	2				0 t CO <sub>2</sub>	
<b>Investitionen</b>									
Holzessel	ca.	0	1.389.023	0				0 €	
Erdgaskessel	ca.	478.170	464.888	82.352				0 €	
Anlagentechnik und Installation	ca.	3.983.271	4.337.370	1.162.973				1.031.054 €	
Wärmenetz	ca.	13.019.748	12.325.436	3.048.032				3.742.344 €	
Grundstücke & Gebäude	ca.	416.588	555.450	69.431				9.720 €	
<b>Investitionssumme</b>	<b>ca.</b>	<b>17.897.776</b>	<b>19.072.166</b>	<b>4.362.788</b>				<b>4.783.119 €</b>	
<b>Kapitalkosten</b>									
Holzessel	20 Jahre	0	80.905	0				0 €	
Erdgaskessel	20 Jahre	27.851	27.078	4.797				0 €	
Anlagentechnik und Installation	15 Jahre	298.524	325.061	87.158				77.272 €	
Wärmenetz	40 Jahre	435.212	412.004	101.887				125.096 €	
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	11.903	15.870	1.984				278 €	
<b>jährliche Kapitalkosten</b>	<b>ca.</b>	<b>773.490</b>	<b>860.918</b>	<b>195.826</b>				<b>202.645 €</b>	
<b>Förderung</b>									
Holzessel	20 Jahre	0	2.621	0				0 €	
Wärmenetz	40 Jahre	33.427	33.427	8.805				10.810 €	
Wärmespeicher	20 Jahre	0	1.411	0				0 €	
Hausübergabestationen	15 Jahre	87.820	87.820	23.607				23.607 €	
<b>jährliche Förderung</b>	<b>ca.</b>	<b>121.247</b>	<b>125.279</b>	<b>32.412</b>				<b>34.418 €</b>	
<b>Betrieb und Wartung</b>									
Holzessel	ca.	0	48.219	0				0 €	
Erdgaskessel	ca.	3.978	3.868	685				0 €	
Anlagentechnik und Installation	ca.	49.804	54.232	14.541				12.892 €	
Wärmenetz	ca.	27.132	25.685	6.352				7.799 €	
Gebäude	ca.	868	1.158	145				20 €	
Versicherung/Sonstiges	ca.	77.816	83.197	18.969				20.796 €	
Betriebsführung/Personal	65 €/h	8.450	13.520	8.450				5.070 €	
<b>jährliche Betriebs- und Wartungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>168.049</b>	<b>229.878</b>	<b>49.141</b>				<b>46.577 €</b>	
<b>Energiekosten</b>									
Erdgas	0,0 % p. a.	77.322	85.517	524				0 €	
Holz	0,0 % p. a.	0	247.712	0				0 €	
Strom Heizzentrale	0,0 % p. a.	69.265	68.560	18.510				19.215 €	
Abwärme BSWE	2,0 ct/kWh	8.760	0	0				8.760 €	
Abwärme Asphaltmischwerk	2,0 ct/kWh	6.600	0	0				6.598 €	
Abwärme Altholzverbrennung	2,0 ct/kWh	227.697	0	0				80.124 €	
Nahwärme Schulzentrum	0,0 % p. a.	189.496	521.153	224.408				0 €	
CO <sub>2</sub> -Kosten	73,8 €/t	23.885	26.416	162				0 €	
<b>jährliche Energiebezugskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>603.024</b>	<b>949.358</b>	<b>243.604</b>				<b>114.697 €</b>	
<b>Wirtschaftlichkeit</b>									
<b>Wärmegestehungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>1.423.316</b>	<b>1.914.874</b>	<b>456.159</b>				<b>329.501 €</b>	
<b>spez. Wärmegestehungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>12</b>				<b>9 ct/kWh</b>	

### 9.1.5 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG MIT SANIERUNGSVARIANTE 1

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

dann andere Versorgungsvarianten zu bevorzugen wären. Dies wird nachfolgend für zwei verschiedene Sanierungsvarianten untersucht.

Sanierungsvariante 1 beinhaltet eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 19 % bis zum Jahr 2032 durch einzelne energetische Sanierungsmaßnahmen (z. B. Dämmung von Dach und Außenwänden).

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

#### 9.1.5.1 ANLAGENDIMENSIONIERUNG UND ENERGIEBILANZEN

Die Energiebilanzen für die Sanierungsvariante 1 sind in Tabelle 9-5 dargestellt.

Tabelle 9-5: Anlagendimensionierung und Energiebilanzen Sanierungsvariante 1

Energiebilanzen		Gesamtquartier	Gesamtquartier	Inselnetz Schule	Inselnetz Schule	Dimension
		Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2.1	Variante 2.2	
		Abwärme BSWE+	Nahwärme Schule+	Nahwärme Schule+	Abwärme BSWE+	
		Abwärme Asphalt+	Biomassekessel+	Erdgaskessel	Abwärme Asphalt+	
		Abwärme Altholz+	Erdgaskessel		Abwärme Altholz+	
		Nahwärme Schule+			Nahwärme Schule	
		Erdgaskessel				
Anzahl Wohngebäude	ca.	606	606	172	172	Stk.
Anzahl Nichtwohngebäude	ca.	45	45	3	3	Stk.
Wärmebedarf	ca.	11.278.633	11.278.633	3.102.109	3.102.109	kWh <sub>th</sub>
Anschlussleistung	ca.	5.865	5.865	1.556	1.556	kW <sub>p</sub>
<b>Wärmenetz</b>						
Gleichzeitigkeitsfaktor	ca.	0,75	0,75	0,75	0,75	
Trassenlänge Hauptstraße	ca.	11.242	11.242	2.640	2.640	m
Trassenlänge Flugplatz	ca.	1.000	0	0	1.000	m
Trassenlänge Hausanschluss	10 m/HUS	6.510	6.510	1.750	1.750	m
Netzverlustleistung	20 W/m	375	355	88	108	kW <sub>p</sub>
Netzverluste	8.760 Vbh.	3.285.350	3.110.150	769.126	944.328	kWh <sub>th</sub>
Netzverluste	ca.	23%	22%	20%	23%	
Netzwärmebedarf	ca.	14.563.983	14.388.783	3.871.237	4.046.437	kWh <sub>th</sub>
Netzleistungsbedarf	ca.	4.774	4.754	1.255	1.275	kW <sub>p</sub>
Strombedarf Netzpumpen	0,015 kWh/kWh	218.460	215.832	58.069	60.697	kWh <sub>st</sub>
Anschlussdichte	ca.	0,6 MWh/(am)	0,6 MWh/(am)	0,7 MWh/(am)	0,6 MWh/(am)	MWh/(am)
<b>Gülleveredlung der BSWE (Bürgerenergie Sauberes Wasser Eggebek)</b>						
<b>Wärmeerzeuger</b>						
Thermische Leistung	ca.	50			50	kW <sub>p</sub>
Vollbenutzungstunden	ca.	8.760			8.760	Std.
erzeugte thermische Energie	ca.	438.000			438.000	kWh <sub>th</sub>
Wärmeabdeckung	ca.	3%			11%	
Eigenverbrauchsquote	ca.	100%			100%	
<b>Asphaltmischwerk Eggebek (VAM-Vereinigte Asphaltmischwerke)</b>						
<b>Wärmeerzeuger</b>						
Thermische Leistung	ca.	330			330	kW <sub>p</sub>
Vollbenutzungstunden	ca.	1.000			997	Std.
erzeugte thermische Energie	ca.	330.000			329.142	kWh <sub>th</sub>
Wärmeabdeckung	ca.	2%			8%	
Eigenverbrauchsquote	ca.	100%			0%	
<b>Abwärme Altholzverbrennung</b>						
<b>Wärmeerzeuger</b>						
Thermische Leistung	ca.	1.500			1.500	kW <sub>p</sub>
Vollbenutzungstunden	ca.	7.190			2.186	Std.
erzeugte thermische Energie	ca.	10.785.565			3.278.971	kWh <sub>th</sub>
Jahresnutzungsgrad	ca.	85%			85%	
Brennstoffbedarf	ca.	12.688.900			3.857.613	kWh <sub>th</sub>
Wärmeabdeckung	ca.	74%			81%	
Speichergröße	Δ20 °C	64,6			64,6	m³
<b>Nahwärme Schulzentrum</b>						
<b>Wärmeerzeuger</b>						
Thermische Leistung Schulzentrum	ca.	572	572	572	572	kW <sub>p</sub>
Thermische Leistung	ca.	1.500	1.500	1.500	1.500	kW <sub>p</sub>
Vollbenutzungstunden	ca.	2.400	7.509	3.190	610	Std.
erzeugte thermische Energie	ca.	3.599.545	11.262.791	4.784.717	914.496	kWh <sub>th</sub>
davon Schulzentrum	ca.	914.524	914.524	914.524	914.524	kWh <sub>th</sub>
davon Verbundnetz	ca.	2.685.021	10.348.267	3.870.193	-28	kWh <sub>th</sub>
Jahresnutzungsgrad	ca.	85%	85%	85%	85%	
Brennstoffbedarf	ca.	4.234.758	13.250.342	5.629.079	1.075.878	kWh <sub>th</sub>
Wärmeabdeckung	ca.	18%	72%	100%	0%	
Speichergröße	ca.	64,6	64,6	64,6	64,6	m³
<b>Biomassekessel</b>						
<b>Wärmeerzeuger</b>						
Thermische Leistung	ca.		1.500			kW <sub>p</sub>
Vollbenutzungstunden	ca.		2.442			Std.
erzeugte thermische Energie	ca.		3.663.340			kWh <sub>th</sub>
Jahresnutzungsgrad	ca.		85%			
Brennstoffbedarf	ca.		4.309.812			kWh <sub>th</sub>
Wärmeabdeckung	ca.		25%			
Speichergröße	Δ20 °C		96,9			m³
<b>Erdgaskessel</b>						
<b>Wärmeerzeuger</b>						
erforderliche thermische Leistung	ca.	2.345	2.325	326		kW <sub>p</sub>
installierte thermische Leistung	ca.	3.600	3.500	800		kW <sub>p</sub>
zusätzlich erforderliche thermische Energie	ca.	325.505	377.254	551		kWh <sub>th</sub>
Wirkungsgrad	ca.	90%	90%	90%		
zusätzlich erforderliche Brennstoffarbeit	ca.	361.673	419.171	612		kWh <sub>th</sub>
Wärmeabdeckung	ca.	2%	3%	0%		

### 9.1.5.2 INVESTITIONSSCHÄTZUNG

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

Hintergrund der unveränderten Auslegung der Erzeugungsanlagen ist die Annahme, dass die Umstellung der Wärmeversorgung innerhalb weniger Jahre realisiert werden kann, während die Sanierungsmaßnahmen aufgrund der dafür erforderlichen Ressourcen über einen längeren Zeitraum umgesetzt werden dürften. Insofern muss die Wärmeversorgung zunächst i. W. den aktuellen Leistungsbedarf decken. Allerdings beträgt beispielsweise die typische Lebenszeit eines Holzhackschnitzel-Heizkessels etwa 20 Jahre. Insofern kann die Anlagengröße bei später fälligen Ersatzinvestitionen an den jeweils noch verbleibenden Leistungsbedarf angepasst werden. Dabei sind die dann geltenden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu beachten, d. h. die vorliegenden Rechnungen fortzuschreiben.<sup>6</sup>

#### 9.1.5.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

Für die untersuchten Szenarien der Sanierungsvariante 1 wurde auf Basis der Investitionsabschätzungen und der Energiebilanzen eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt (vgl. Tabelle 9-6).

Die Berechnungen zeigen, dass sich die spezifischen Wärmegestehungskosten infolge der geringeren erzeugten Wärmemengen erhöhen. Aufgrund des geringeren Heizenergiebedarfs kommt es allerdings bei den Wohngebäuden zu einem absoluten Kostenvorteil von je nach Versorgungs- und Netzvariante rund 6 bis 11 %.

Die Abnahme von Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen stellt in dem untersuchten Wärmenetz zur Versorgung des gesamten Quartiers mit Wärme auch bei einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 19 % die wirtschaftlich günstigste Variante dar.

---

<sup>6</sup> Gerade im Bereich der Energiepreise gibt es signifikante Änderungen der Rahmenbedingungen. So ist bspw. die nach 2026 greifende CO<sub>2</sub>-Bepreisung noch nicht konkret absehbar.

Tabelle 9-6: Wärmegestehungskosten Sanierungsvariante 1

Dyn. Wirtschaftlichkeit über 10 Jahre		Gesamtquartier Variante 1.1	Gesamtquartier Variante 1.2	Inselnetz Schule Variante 2.1	Inselnetz Schule Variante 2.2	Dimension
		Abwärme BSWE+	Nahwärme Schule+	Nahwärme	Abwärme BSWE+	
		Abwärme Asphalt+	Biomassekessel+	Schule+	Abwärme Asphalt+	
		Abwärme Altholz+	Erdgaskessel	Erdgaskessel	Abwärme Altholz+	
		Nahwärme Schule+			Nahwärme Schule	
		Erdgaskessel				
Brennstoffbezug Erdgas	ca.	361.673	419.171	612	0	0 kWh <sub>th</sub>
Brennstoffbezug Holz	ca.	0	4.309.812	0	0	0 kWh <sub>th</sub>
Abwärme BSWE	ca.	438.000	0	0	438.000	kWh <sub>th</sub>
Abwärme Asphaltmischwerk	ca.	330.000	0	0	329.142	kWh <sub>th</sub>
Abwärme Altholzverbrennung	ca.	10.785.565	0	0	3.278.971	kWh <sub>th</sub>
Nahwärme Schulzentrum	ca.	2.685.021	10.348.267	3.870.193	-28	kWh <sub>th</sub>
Strombezug öffentl. Netz	ca.	218.460	215.832	58.069	60.697	kWh <sub>el</sub>
Wärmelieferung (Wärmebedarf Anschlussnehmer)	ca.	11.278.633	11.278.633	3.102.109	3.102.109	kWh <sub>th</sub>
CO <sub>2</sub> -Emissionen (anzusetzender Wert)	ca.	89	104	0	0	tCO <sub>2</sub>
<b>Investitionen</b>						
Holzessel	ca.	0	1.389.023	0	0	€
Erdgaskessel	ca.	478.170	464.888	82.352	0	€
Anlagentechnik und Installation	ca.	3.943.001	4.297.100	1.151.170	1.019.251	€
Wärmenetz	ca.	13.019.748	12.325.436	3.048.032	3.742.344	€
Grundstücke & Gebäude	ca.	416.588	555.450	69.431	9.720	€
<b>Investitionssumme</b>	<b>ca.</b>	<b>17.857.506</b>	<b>19.031.896</b>	<b>4.350.985</b>	<b>4.771.316</b>	<b>€</b>
<b>Kapitalkosten</b>						
Holzessel	20 Jahre	0	80.905	0	0	€
Erdgaskessel	20 Jahre	27.851	27.078	4.797	0	€
Anlagentechnik und Installation	15 Jahre	295.506	322.043	86.274	76.387	€
Wärmenetz	40 Jahre	435.212	412.004	101.887	125.096	€
Grundstücke & Gebäude	50 Jahre	11.903	15.870	1.984	278	€
<b>jährliche Kapitalkosten</b>	<b>ca.</b>	<b>770.472</b>	<b>857.900</b>	<b>194.941</b>	<b>201.761</b>	<b>€</b>
<b>Förderung</b>						
Holzessel	20 Jahre	0	2.621	0	0	€
Wärmenetz	40 Jahre	33.427	33.427	8.805	10.810	€
Wärmespeicher	20 Jahre	0	1.411	0	0	€
Hausübergabestationen	15 Jahre	87.820	87.820	23.607	23.607	€
<b>jährliche Förderung</b>	<b>ca.</b>	<b>121.247</b>	<b>125.279</b>	<b>32.412</b>	<b>34.418</b>	<b>€</b>
<b>Betrieb und Wartung</b>						
Holzessel	ca.	0	48.219	0	0	€
Erdgaskessel	ca.	3.978	3.868	685	0	€
Anlagentechnik und Installation	ca.	49.301	53.728	14.394	12.744	€
Wärmenetz	ca.	27.132	25.685	6.352	7.799	€
Gebäude	ca.	868	1.158	145	20	€
Versicherung/Sonstiges	ca.	77.641	83.022	18.917	20.745	€
Betriebsführung/Personal	65 €/h	8.450	13.520	8.450	5.070	€
<b>jährliche Betriebs- und Wartungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>167.370</b>	<b>229.199</b>	<b>48.942</b>	<b>46.378</b>	<b>€</b>
<b>Energiekosten</b>						
Erdgas	0,0 % p. a.	21.328	24.719	36	0	€
Holz	0,0 % p. a.	0	179.068	0	0	€
Strom Heizzentrale	0,0 % p. a.	58.617	57.912	15.581	16.286	€
Abwärme BSWE	2,0 ct/kWh	8.760	0	0	8.760	€
Abwärme Asphaltmischwerk	2,0 ct/kWh	6.600	0	0	6.583	€
Abwärme Altholzverbrennung	2,0 ct/kWh	215.711	0	0	65.579	€
Nahwärme Schulzentrum	0,0 % p. a.	131.247	505.836	189.180	-1	€
CO <sub>2</sub> -Kosten	73,8 €/t	6.588	7.636	11	0	€
<b>jährliche Energiebezugskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>448.852</b>	<b>775.171</b>	<b>204.808</b>	<b>97.207</b>	<b>€</b>
<b>Wirtschaftlichkeit</b>						
<b>Wärmegestehungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>1.265.447</b>	<b>1.736.991</b>	<b>416.279</b>	<b>310.928</b>	<b>€</b>
<b>spez. Wärmegestehungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>ct/kWh</b>

### 9.1.6 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG MIT SANIERUNGSVARIANTE 2

Ergänzend wurde eine Sanierungsvariante 2 mit einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 37 % bis zum Jahr 2050 durch eine über 2032 hinaus gleichbleibende Entwicklung der energetischen Gebäudesanierungen aufgrund einer kontinuierlichen Motivation, einer nachhaltigen Steigerung des Preises von CO<sub>2</sub>-Emissionen und weiterer Förderanreize oder auch verpflichtender Vorgaben zur Sanierung berechnet (vgl. Kapitel 8.4).

Auch bei dieser Sanierungsstufe stellt die Wärmelösung auf Basis von Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen in den beiden untersuchten Wärmenetzen die wirtschaftlich günstigste Variante dar. Da bis zu einer Reduzierung des Heizenergiebedarfs um 37 % so viel Zeit vergehen dürfte, dass dann auch energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen sich maßgeblich verändern, ist diese Rechnung jedoch als wenig aussagekräftig anzusehen, so dass auf eine Darstellung im Bericht verzichtet wird.

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

### 9.1.7 CO<sub>2</sub>-BILANZ UND PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Auf Basis der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren aus Tabelle 7-7 wurden für die einzelnen Versorgungsszenarien die CO<sub>2</sub>-Bilanzen erstellt. Hierbei wurde das Methodenpapier „BISKO“ – Bilanzierungsstandard Kommunal zu Grunde gelegt, das vom Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH entwickelt wurde und für Energie- und Treibhausgasbilanzen Bilanzierungsregeln für Kommunen in Deutschland liefert (IfEU, 2019).

Bei der Verbrennung von Holzpellets (biogene Wärme) werden im Gegensatz zu Heizöl und Erdgas nur die beim Herstellungs- und Veredelungsprozess sowie die beim Transport entstandenen Emissionen freigesetzt. Auch bei der Verwendung von Strom entstehen Treibhausgasemissionen - in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie zum Beispiel Kohle - am Stromerzeugungsstandort, die dem Stromverbraucher am Verbrauchsort zugerechnet und durch die Auswahl der Stromherkunft wesentlich beeinflusst werden. Die bei der Verbrennung von biogenen Siedlungsabfällen (Altholz) gewonnene Wärme wird als CO<sub>2</sub>-neutral angesehen, da die Aufwendungen zur Sammlung des Altholzes ohnehin anfallen würden. Ebenfalls wird von einer Bilanzierung der gewonnenen Wärme aus den betrieblichen Prozessen der Gülleveredelung und des Asphaltmischwerks abgesehen. Die Abwärme entsteht als Nebenprodukt in den Anlagen und würde ansonsten ungenutzt an die Umgebung abgegeben werden.

Aktuell betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von dezentralen Öl-, Gas- und Feststoffheizungen der Gebäude im Quartier aus der Wärmeversorgung (Heizung + Warmwasser) 4.431 t/a. Bei der Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung auf Basis von Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen ergeben sich im Vergleich zu den gegenwärtigen Heizsituationen Einsparungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 87 %, bei verbleibenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von 566 t/a. Hierbei wird unterstellt, dass die Umstellung der Erdgas-Heizung auf einen Biomasse-Kessel an der Eichenbachschule (Schule, Sportbauten, Kindergarten) erfolgt ist.

Wird die zentrale Wärmeversorgung alternativ mittels Holzpellets-befeuerte Biomassekessel und einem fossilen Spitzenlastkessel sichergestellt, erhöhen sich die Emissionen und die Gesamtbilanz wird ungünstiger (948 t/a), liegt aber immer noch deutlich unter dem Status quo.

Tabelle 9-7 stellt die CO<sub>2</sub>-Bilanzen der verschiedenen Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze dar. In der Variante, in der nur ein Teil des Quartiers über ein Wärmenetz versorgt wird, wurde unterstellt, dass die Beheizung der nicht versorgten Liegenschaften wie bisher bestehen bleibt.

Tabelle 9-7: CO<sub>2</sub>-Emissionen der zentralen Wärmeversorgung

CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN	VERSORGUNG DES GESAMTEN QUARTIERS		VERSORGUNG DER WOHNHÄUSER IN NÄCHSTER NACHBARSCHAFT ZUR EICHENBACHSCHULE	
	ABWÄRME BSWE + ABWÄRME ASPHALT + ABWÄRME ALTHOLZ + NAHWÄRME SCHULE + ERDGASKESSEL	NAHWÄRME SCHULE + BIOMASSEKESSEL + ERDGASKESSEL	NAHWÄRME SCHULE + ERDGASKESSEL	ABWÄRME BSWE + ABWÄRME ASPHALT + ABWÄRME ALTHOLZ + NAHWÄRME SCHULE
<b>Strom aus öfftl. Netz</b>	258 MWh	256 MWh	69 MWh	72 MWh
0,366 kg/kWh	94,5 t	93,5 t	25,5 t	26,2 t
<b>Wärme aus Erdgas</b>	1.311 MWh	1.450 MWh	8.890 MWh	0 MWh
0,247 kg/kWh	323,9 t	358,2 t	2,2 t	0,0 t
<b>Wärme aus Biomasse</b>	4.561 MWh	18.505 MWh	5.401 MWh	0 MWh
0,025 kg/kWh	114,0 t	462,6 t	135,0 t	0,0 t
<b>SUMME CO<sub>2</sub>-BILANZ (OHNE SCHULE)</b>	<b>532,4 t</b>	<b>914,3 t</b>	<b>162,5 t</b>	<b>26,2 t</b>
<b>SCHULE CO<sub>2</sub>-BILANZ</b>	<b>33,2 t</b>	<b>33,2 t</b>	<b>33,2 t</b>	<b>33,2 t</b>

Durch eine Gebäudesanierung mit 1%iger Sanierungsrate pro Jahr und die Umstellung auf eine zentrale Wärmeversorgung zur Bereitstellung von Wärme für die Versorgung des Quartiers können die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit von der Versorgungsvariante bis zum Jahre 2050 um 84 bis 92 % reduziert werden. Unter Berücksichtigung einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr fallen die Einsparungen nochmal bis zu 4 % höher aus. Dies ist in Abbildung 9-5 abzulesen.

Kritisch bei der Bewertung des Einsatzes von Erdgas ist der Methanschluß, d. h. der Teil des Erdgases, das unverbrannt durch den Verbrennungsraum von Erdgaskesseln schlüpft (Traber & Fell, 2019). Diese ist in den üblichen Emissionsfaktoren gemäß BSKO-Bilanzierung wie in Tabelle 7-7 dargestellt noch nicht enthalten. Die Klimawirkung von Methan ist dabei etwa 25-mal so hoch wie die von CO<sub>2</sub>. Hier gibt es jedoch bisher keine abschließenden quantitativen Bewertungen; so dürfte die Höhe des Methanschlußes auch von der konkreten Anlagentechnik abhängen.

Da eine komplette kurzfristige Umsetzung der Gebäudesanierungen als sehr unwahrscheinlich erscheint, werden die Primär- und Endenergiebedarfe für den aktuellen Gebäudebestand angegeben.

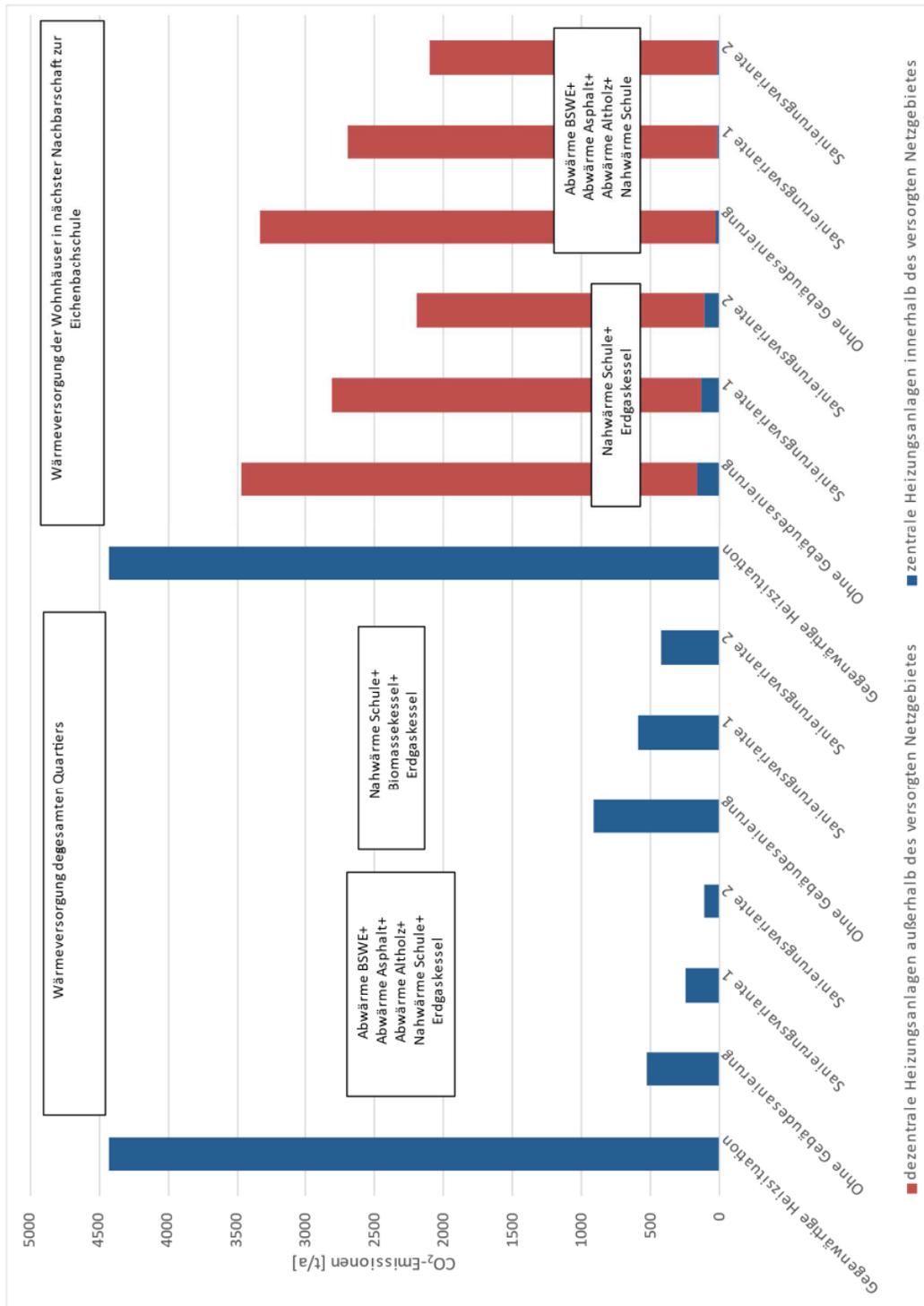


Abbildung 9-5: CO<sub>2</sub>-Emissionen der zentralen Versorgungsvarianten ohne und mit Berücksichtigung der Sanierungsvarianten

Der Primärenergiebedarf der einzelnen Versorgungsvarianten für die untersuchten Wärmenetze ergibt sich aus dem Nutzwärmebedarf multipliziert mit dem berechneten Primärenergiefaktor (vgl.

Tabelle 9-8). Hier zeigt sich, dass die Abnahme von Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen zu einem geringeren Primärenergiebedarf führt. Für Abwärme und Wärme, die bei der Verbrennung von komplett biogenen Siedlungsabfällen entstehen, ist gemäß GEG 2021 ein Primärenergiefaktor von Null anzusetzen. Dementsprechend weisen die Varianten mit einer Abnahme von Abwärme und Wärme aus Siedlungsabfällen zur Wärmeversorgung einen günstigeren Primärenergiefaktoren auf.

Tabelle 9-8: Primärenergiebedarf der zentralen Wärmeversorgung

PRIMÄRENERGIE-BEDARF	VERSORGUNG DES GESAMTEN QUARTIERS		VERSORGUNG DER WOHNHÄUSER IN NÄCHSTER NACHBARSCHAFT ZUR EICHENBACHSCHULE	
	ABWÄRME BSWE + ABWÄRME ASPHALT + ABWÄRME ALTHOLZ + NAHWÄRME SCHULE + ERDGASKESSEL	NAHWÄRME SCHULE + BIOMASSEKESSEL + ERDGASKESSEL	NAHWÄRME SCHULE + ERDGASKESSEL	ABWÄRME BSWE + ABWÄRME ASPHALT + ABWÄRME ALTHOLZ + NAHWÄRME SCHULE
<b>Erdgas</b> (PEF: 1,1)	1.442 MWh	1.595 MWh	10 MWh	0 MWh
<b>Strom</b> (PEF: 1,8)	465 MWh	460 MWh	124 MWh	129 MWh
<b>Holzpellets</b> (PEF: 0,2)	912 MWh	3.701 MWh	1.080 MWh	0 MWh
<b>Primärenergie</b>	<b>2.819 MWh</b>	<b>5.756 MWh</b>	<b>1.214 MWh</b>	<b>129 MWh</b>
<b>Primärenergiefaktor</b>	<b>0,21</b>	<b>0,41</b>	<b>0,32</b>	<b>0,20</b>

## 9.2 BETREIBERKONZEPTE

Sollte im Quartier ein Wärmenetz errichtet werden, stellt sich die Frage nach dem Betreiber. Grundsätzlich sind verschiedene Funktionen zu erfüllen:

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

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

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

Eine Übersicht über verschiedene Modelle zeigt Tabelle 9-9.

Für Bürgerenergiegenossenschaften, die sich an verschiedenen Orten in Schleswig-Holstein gebildet haben, spricht vor allem der auch unter Vermarktungseffekten wichtige Effekt, dass die Bürger ihre Energieversorgung in die eigene Hand nehmen, nicht mehr von Entscheidungen Dritter abhängen, mögliche Gewinne an die Nutzer zurückfließen und die Wertschöpfung in der Region

gehalten werden kann. Die regionale Wertschöpfung und der Rückfluss von Gewinnen ist dabei jedoch nur in dem Umfang möglich, indem die Wertschöpfung auch tatsächlich innerhalb der Genossenschaft erfolgt. Sie sinkt in dem Umfang, in dem Leistungen von außen eingekauft werden, wenn die Genossenschaft nicht selbst über die nötigen Arbeitskapazitäten und Kompetenzen verfügt. Ihr Aufbau erfordert auf jeden Fall bürgerschaftliches Engagement und erfahrungsgemäß auch einige lokale „Treiber“, die sich der Gründung und des Aufbaus annehmen.

Tabelle 9-9: Übersicht über mögliche Betreibermodelle (EVA = Erzeugung, Verteilung, Abrechnung)

MODELL	VORTEILE	NACHTEILE
<b>BÜRGERENERGIEGENOSSENSCHAFT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abnehmer als Miteigentümer</li> <li>ggf. auch andere Versorgungsungen (Strom etc.) möglich</li> <li>Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Know-how / Infrastruktur EVA zu beschaffen</li> <li>Hohes Engagement von „Treibern“ nötig</li> <li>Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeerzeugung fehlt i. d. R. zunächst</li> </ul>
<b>KOMMUNE / KOMMUNALES EVU / AMTSWERKE EGGBEK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>auch andere Versorgungsungen (Glasfaser, Strom etc.) möglich</li> <li>ggf. Kommunalkreditkonditionen</li> <li>Wertschöpfung verbleibt zu großen Teilen in der Kommune</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falls noch nicht vorhanden: Hoher Aufwand für Gründung und Aufbau der Infrastruktur</li> <li>Erfahrung mit Wärmenetzen und Wärmeerzeugung fehlt</li> </ul>
<b>EVU AUS DER REGION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Know-how / Infrastruktur EVA</li> <li>ggf. Kommunalkreditkonditionen</li> <li>ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!)</li> <li>ggf. umfangreiche Erfahrungen</li> <li>Wertschöpfung verbleibt in (größerer) Region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ggf. Interessenkonflikte wg. Gasverkauf</li> <li>Erfahrung mit Wärmenetzen und den hier vorgesehenen Wärmequellen zu prüfen</li> </ul>
<b>CONTRACTOR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Know-how / Infrastruktur EVA</li> <li>ggf. kostengünstiger Einkauf (Mengen!)</li> <li>Umfangreiche Erfahrungen</li> <li>größte Angebotsvielfalt / Wettbewerb bei Ausschreibung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfahrung mit den hier vorgesehenen Wärmequellen zu prüfen</li> <li>Gewinnmarge fließt aus der Region ab</li> </ul>

Grundsätzlich ähnlich gelagert ist die Situation, wenn die Kommune, ggf. über ein kommunales EVU, die Leistungen erbringt, nur das die Kommune an die Stelle der Genossen tritt. Ein Vorteil könnten hier, gerade bei Investitionen in das Netz und auch in Erzeugungsanlagen, die besonders günstigen Kommunalkreditkonditionen sein. Zudem kann die Kommune die Refinanzierung des Netzes über die gesamte Lebensdauer von etwa 40 Jahren kalkulieren. Private Betreiber könnten sich dagegen möglicherweise, wenn sie Unsicherheiten hinsichtlich der langfristigen Nutzung

sehen und keine Übergabevereinbarungen mit der Kommune bestehen, bei ihrer Kalkulation an den anfänglichen Vertragslaufzeiten von 10, 15 oder 20 Jahren orientieren und damit für diese Zeit höhere Kapitalkosten einrechnen.

Diese Rolle könnte hier von den Amtswerken Eggebek als kommunalem Unternehmen in der Hand der amtsangehörigen Gemeinden übernommen werden. Die Amtswerke verfügen aus dem Bau und Betrieb des Glasfasernetzes bereits über Erfahrungen mit dem Bau von Netzen, der Akquisition von Anschlussnehmern und der administrativen Abwicklung (Rechnungstellung etc.). Zudem planen sie derzeit schon in der benachbarten Kommune Eggebek den Aufbau eines Wärmenetzes im Bereich der Schule.

### 9.3 DEZENTRALE VERSORGUNGSOPTIONEN

Als Kostenvergleich zu einer zentralen Wärmeversorgung wurden für ein für das Quartier typisches Einfamilienhaus verschiedene dezentrale Wärmeversorgungsoptionen gegenübergestellt. Die Berechnungen berücksichtigen dabei die seit Anfang des Jahres 2021 geltenden Fördermöglichkeiten für den Heizanlagentausch aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BAFA, 2021), die in Tabelle 9-10 dargestellt ist.

Tabelle 9-10: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)	Fördersatz	Fördersatz mit Austausch Ölheizung	Fachplanung und Baubegleitung
Gebäudehülle <sup>1)</sup> Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschosstecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	20 %		50 %
Anlagentechnik <sup>2)</sup> Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	20 %		
Heizungsanlagen <sup>3)</sup> Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“	20 %	20 %	
Gas-Hybridanlagen Solarthermieanlagen	30 % 30 %	40 % 30 %	
Wärmepumpen Biomasseanlagen <sup>4)</sup> Innovative Heizanlagen auf EE-Basis EE-Hybridheizungen <sup>5)</sup>	35 % 35 % 35 % 35 %	45 % 45 % 45 % 45 %	
Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz mind. 25 % EE mind. 35 % EE	30 % 35 %	40 % 45 %	
Heizungsoptimierung <sup>6)</sup>	20 %		

<sup>1)</sup> ISFP-Bonus: Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplanes (ISFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.  
<sup>2)</sup> Innovationsbonus: Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m<sup>3</sup> ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)  
Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND/4.0)

Stand: 1. Januar 2021

Entscheidend für die Förderquote einer Erneuerung der Heizungsanlage ist, ob die bisherige Heizung eine Gas- oder Ölheizung war. Da sich auf Grundlage der Schornsteinfegerdaten ein hoher Anteil an Gasheizungen im Quartier abschätzen lässt, wurde von einer dezentralen Gasheizung als aktuelle Versorgungsvariante ausgegangen. Tabelle 9-11 zeigt die Jahreskosten mit Berücksichtigung eines CO<sub>2</sub>-Preises von 74 € pro Tonne, wie sie aufgrund des sukzessiven und über 2025 hinaus linearen Anstiegs der CO<sub>2</sub>-Bepreisung im Mittel in den nächsten zehn Jahren bis 2032 möglich ist (vgl. Kapitel 9.1.3).

Beim Austausch eines (vorhandenen) Gaskessels wurde davon ausgegangen, dass zusätzlich eine Solarthermieanlage errichtet wird, um so die Anforderungen von § 9 Abs. 1 EWKG zu erfüllen.<sup>7</sup>

Tabelle 9-11: Dezentrale Versorgungslösungen

Wirtschaftlichkeit über 10 Jahre		Dezentrale Versorgung Pelletheizung	Dezentrale Versorgung Pelletheizung + Solarthermie	Dezentrale Versorgung Flüssiggas- Brennwertherme+ Solarthermie	Dezentrale Versorgung Luftwärmepumpe	Dezentrale Versorgung Luftwärmepumpe + Solarthermie	Dimension
Strombezug Luftwärmepumpe	ca.	0	0	0	4.185	2.803	kWh <sub>el</sub>
Brennstoffbezug Erdgaskessel	ca.	0	0	9.635	0	0	kWh <sub>el</sub>
Brennstoffbezug Pelletkessel	ca.	15.344	10.277	0	0	0	kWh <sub>el</sub>
erzeugte Wärmemenge	ca.	13.810	13.810	13.810	13.810	13.810	kWh <sub>th</sub>
CO <sub>2</sub> -Emissionen (anzusetzender Wert)	ca.	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	t CO <sub>2</sub>
<b>Investitionen</b>							
Solarthermie	ca.	0	7.200	7.200	0	7.200	€
Pelletkessel	ca.	25.000	25.000	0	0	0	€
Luftwärmepumpe	ca.	0	0	0	15.000	15.000	€
Erdgaskessel	ca.	0	0	12.000	0	0	€
<b>Investitionssumme</b>	<b>ca.</b>	<b>25.000</b>	<b>32.200</b>	<b>19.200</b>	<b>15.000</b>	<b>22.200</b>	<b>€</b>
<b>Förderung</b>							
Solarthermie	30%	0	2.160	2.160	0	2.160	€
Pelletkessel	35%	8.750	8.750	0	0	0	€
Luftwärmepumpe	35%	0	0	0	5.250	5.250	€
Erdgaskessel	30%	0	0	3.600	0	0	€
<b>Fördersumme</b>	<b>ca.</b>	<b>8.750</b>	<b>10.910</b>	<b>5.760</b>	<b>5.250</b>	<b>7.410</b>	<b>€</b>
<b>Kapitalkosten</b>							
Solarthermie	20 Jahre	0	302	302	0	302	€
Pelletkessel	20 Jahre	974	974	0	0	0	€
Wärmepumpe	20 Jahre	0	0	0	585	585	€
Erdgaskessel	20 Jahre	0	0	504	0	0	€
<b>jährliche Kapitalkosten</b>	<b>ca.</b>	<b>974</b>	<b>1.276</b>	<b>806</b>	<b>585</b>	<b>887</b>	<b>€</b>
<b>Betrieb und Wartung</b>							
Solarthermie	ca.	0	50	50	0	50	€
Pelletkessel	ca.	400	400	0	0	0	€
Luftwärmepumpe	ca.	0	0	0	295	295	€
Erdgaskessel	ca.	0	0	455	0	0	€
<b>jährliche Betriebs- und Wartungskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>400</b>	<b>450</b>	<b>505</b>	<b>295</b>	<b>345</b>	<b>€</b>
<b>Energiekosten</b>							
Strom öfftl. Netz	0,0 % p. a.	0	0	0	1.336	895	€
Holzpellets	0,0 % p. a.	759	508	0	0	0	€
Erdgas	0,0 % p. a.	0	0	676	0	0	€
CO <sub>2</sub> -Bepreisung	73,8 €/t	0	0	209	0	0	€
<b>jährliche Energiebezugskosten</b>	<b>ca.</b>	<b>759</b>	<b>508</b>	<b>885</b>	<b>1.336</b>	<b>895</b>	<b>€</b>
<b>Wirtschaftlichkeit</b>							
mttl. Wärmegestehungskosten über 10 Jahre	ca.	2.133	2.235	2.196	2.216	2.127	€
<b>mttl. spezifische Wärmegestehungskosten über 10 Jahre</b>	<b>ca.</b>	<b>15,4</b>	<b>16,2</b>	<b>15,9</b>	<b>16,0</b>	<b>15,4</b>	<b>ct/kWh</b>

## 9.4 VERGLEICH ZENTRALER UND DEZENTRALER VERSORGUNGSOPTIONEN

Die Berechnungen (siehe Abbildung 9-6) haben gezeigt, dass der Aufbau einer zentralen Wärmeversorgungslösung auf Basis von Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen zur Versorgung des gesamten Quartiers unter den getroffenen Annahmen bei den durchschnittlichen Energiepreisen des Jahres 2021 ca. 22 % günstiger gewesen

<sup>7</sup> „Beim Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizungsanlage ab dem 1. Juli 2022 sind die Eigentümerinnen und Eigentümer der betroffenen Gebäude, die vor dem 1. Januar 2009 errichtet wurden, verpflichtet, mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärme- und Kälteenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien zu decken. ...“

wäre als eine dezentrale Gasheizung mit Solarthermie und ca. 20 bis 24 % günstiger als eine dezentrale Pellet- oder Luftwärmepumpenanlage (ggf. mit Solarthermie).

Um die Auswirkungen von Preisschwankungen von Energie zu verdeutlichen, wurde zum Vergleich neben den durchschnittlichen Preisen von Gas, Strom und Holzpellets von 2021 auch die Mehrkosten durch die Preise von März 2022 ausgewiesen. Mögliche weitere Preissteigerungen durch zukünftige Marktentwicklungen sind nicht berücksichtigt. Mit steigenden Energiepreisen, wie sie bis März 2022 zu verzeichnen waren, sind die Wärmekosten der Nahwärmelösung ca. 32 % günstiger als eine dezentrale Gasheizung mit Solarthermie und ca. 19 bis 27 % günstiger als eine dezentrale Pellet- oder Luftwärmepumpenanlage (ggf. mit Solarthermie). Insbesondere die Gasheizung ist aktuell nicht nur am klimaschädlichsten, sondern auch am teuersten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei der Nahwärmeversorgung zunächst eine Anschlussquote von 80 % angenommen wurde und sich durch eine niedrigere / höhere Anschlussquote die Wirtschaftlichkeit zentraler Lösungen verschlechtert / verbessert.

Da in allen Berechnungen Annahmen eingeflossen sind und Brennstoffpreise sich weiter ändern werden, ist die derzeit seriös zu treffenden Aussagen die, dass die Kosten für eine Nahwärmeversorgung derzeit in einer ähnlichen, mit großer Wahrscheinlichkeit sogar günstigeren Höhe liegen wie die dezentraler Beheizungsmöglichkeiten, mit voraussichtlich deutlich höherer Preisstabilität.

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

Die vergleichsweise hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmepumpe sind darauf zurückzuführen, dass hier die Emissionen des deutschen Strommix angesetzt wurden. Zum einen werden diese mit zunehmendem Umstieg von fossilen auf regenerative Energieträger weiter sinken. Zum anderen könnte hier auch argumentiert werden, dass gerade in Schleswig-Holstein der Strom weit überwiegend regenerativ ist und aktuell zu bestimmten Zeiten sogar Anlagen abgeregelt werden müssen. Wird bei den Wärmepumpen Ökostrom angesetzt, fallen nur noch minimale CO<sub>2</sub>-Emissionen an.

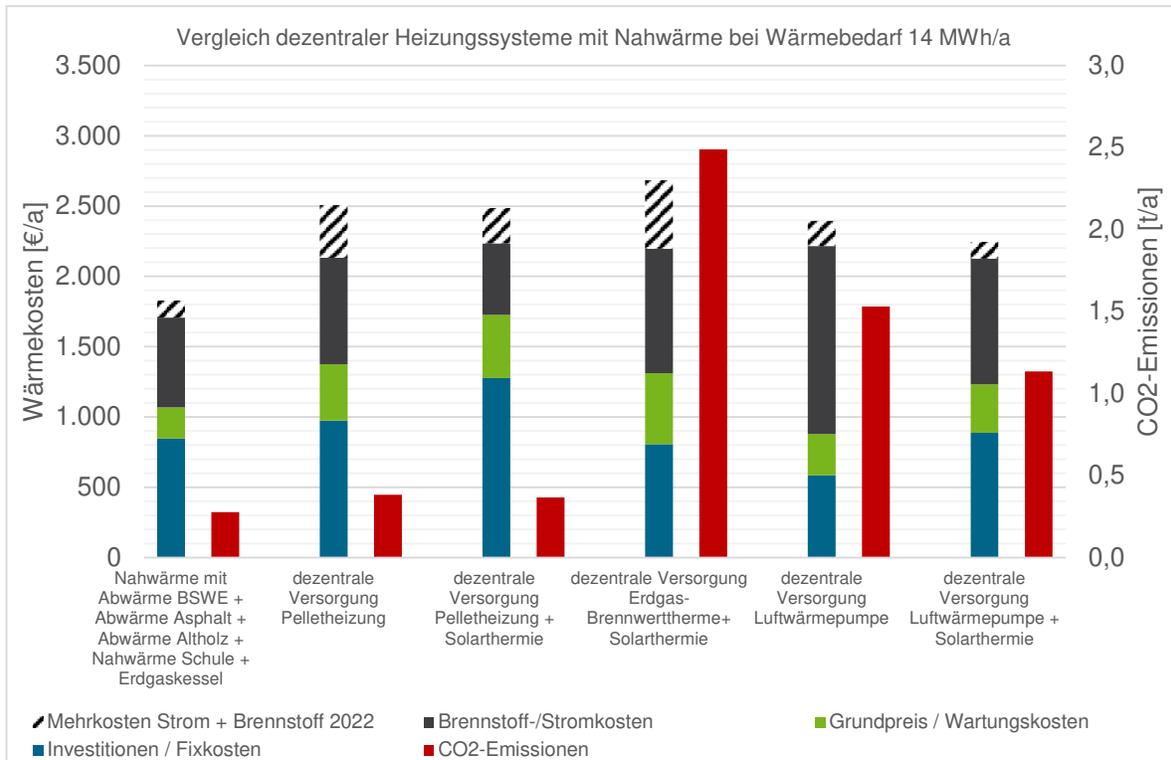


Abbildung 9-6: Vergleich Heizkosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen zentral / dezentral<sup>8</sup>

Da in diesen getroffenen Annahmen im Rahmen eines Quartierskonzeptes systembedingt noch Ungenauigkeiten liegen, wurden im Kapitel 9.5 unterschiedlichste Sensitivitätsanalysen durchgeführt, indem wesentliche die Kosten beeinflussende Parameter variiert wurden. Die Sensitivitätsanalysen zeigen, dass alle getroffenen Variationen den Wärmepreis maßgeblich beeinflussen.

## 9.5 SENSITIVITÄTSANALYSE

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

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

<sup>8</sup> Durchschnittliche Wärmekosten pro Jahr über 10 Jahre und CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedene Versorgungsoptionen (Einfamilienhaus, Wärmebedarf 13.810 kWh/a), unter Berücksichtigung der verfügbaren Bundesförderung (BEG + KfW)

Zur Abschätzung wirtschaftlicher Chancen und Risiken durch sich verändernde Energiepreise bedarf es zunächst der Quantifizierung möglicher Energiepreisentwicklungen. Für den fossilen Energieträger Erdgas werden die Wärmepreise der Versorgungsvarianten innerhalb einer Preisspanne von -4,0 bis +20,0 % pro Jahr gegenüber dem in den Rahmenbedingungen zu Grunde gelegten Preis ermittelt, die auch die derzeit explodierenden Gaskosten aufgrund des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine berücksichtigt.

Es lässt sich feststellen, dass es für Holzpellets in den letzten Monaten erhebliche Preisveränderungen – Preissteigerungen von über 70 % in den Monaten Mai 2021 bis Februar 2022 – gab (C.A.R.M.E.N., 2022). Nimmt die Anzahl von Holzpelletsheizungen in starkem Maße zu, ohne dass zusätzliche Angebote auf den Markt kommen, kann sich dies auch weiter ändern.

Die zu erzielenden Preise für ungenutzte Abwärme aus einer Biogasanlage schwanken laut Studie der Hochschule für Umwelt und Wirtschaft Nürtingen-Geislingen und des Fachverband Biogas e. V. stark und erreichen bei Biogasanlagen Spitzenpreise von bis zu 9 ct/kWh (Herbes, Halbherr, & Braun, 2018). Auch wenn die wirtschaftliche Ausgangslage der hier geplanten Anlagen eine andere ist, so dass entsprechend hohe Preise nicht zu erwarten sind, wurde der Vollständigkeit halber auch hierfür eine Sensitivitätsbetrachtung erstellt.

Neben den Auswirkungen von Energiepreisschwankungen ist auch die langfristige Entwicklung einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu berücksichtigen. Für das Jahr 2026 soll ein Preiskorridor von mindestens 55 €/t und höchstens 65 €/t gelten (Bundesregierung, 2019). In einer 2018 veröffentlichten Kostenschätzung empfiehlt das Umweltbundesamt, 180 bis langfristig 240 €/t als Ansatz für die Klimakosten der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verwenden (UBA, 2019, S. 9).

Für die Betreiber von Fern- und Nahwärmenetzen hängt die Wirtschaftlichkeit wesentlich von der Anschlussquote ab – je höher die Anschlussquote, desto besser die Wirtschaftlichkeit. Aus diesem Grund wurde ebenfalls das Risiko einer geringeren Anschlussquote in Folge einer reduzierten Anzahl der an das Wärmenetz angeschlossenen Abnehmer der Wohngebäude berücksichtigt.

Tabelle 9-12 gibt einen Überblick über die Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse. Tabelle 9-13 zeigt die Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse.

Tabelle 9-12: Eingangsparameter der Sensitivitätsanalyse

PREISRIKEN	
Steigerung des Erdgaspreises pro Jahr	-4 % bis 20 %
Steigerung des Holzpelletspreises pro Jahr	-4 % bis 20 %
Steigerung des Abwärmepreises <sup>9</sup>	2 ct/kWh bis 9 ct/kWh
Steigerung der CO <sub>2</sub> -Bepreisung pro Jahr	0 €/t bis 24 €/t
Anschlussquote der Wohngebäude	25 % bis 100 %

<sup>9</sup> Es wird angenommen, dass die Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbestrassens am ehemaligen Flughafen dem Nahwärmenetz zu einem Festpreis zugeführt wird. Daher wird in der Sensitivitätsbetrachtung keine jährliche, sondern eine absolute Änderung des Energiepreises betrachtet.

Tabelle 9-13: Legende der Diagramme zur Sensitivitätsanalyse

AA	Abwärme Asphaltmischwerk	NS	Nahwärme Schule
AB	Abwärme BSWE Gülleveredelung	PK	Pelletkessel
D	Dezentrale Versorgung	ST	Solarthermie
EGK	Erdgaskessel	TQ	Versorgung Teilquartier
GQ	Versorgung Gesamtquartier	Z	Zentrale Versorgung
LWP	Luftwärmepumpe		

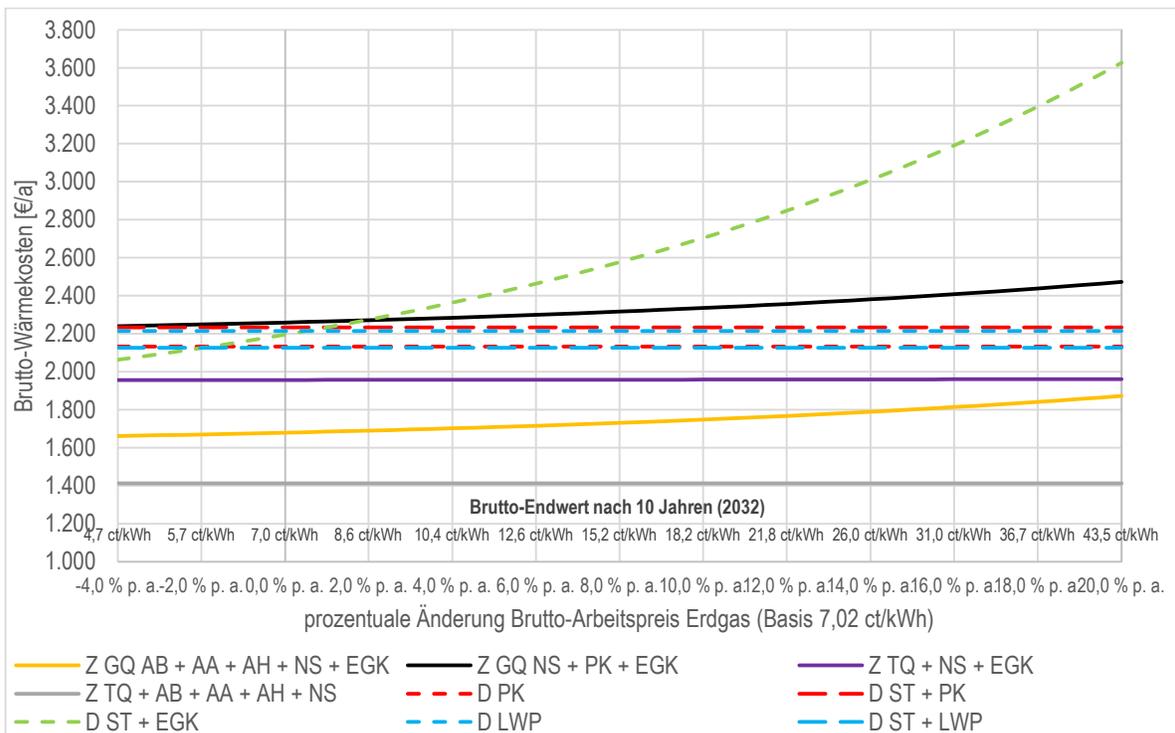


Abbildung 9-7: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Erdgas

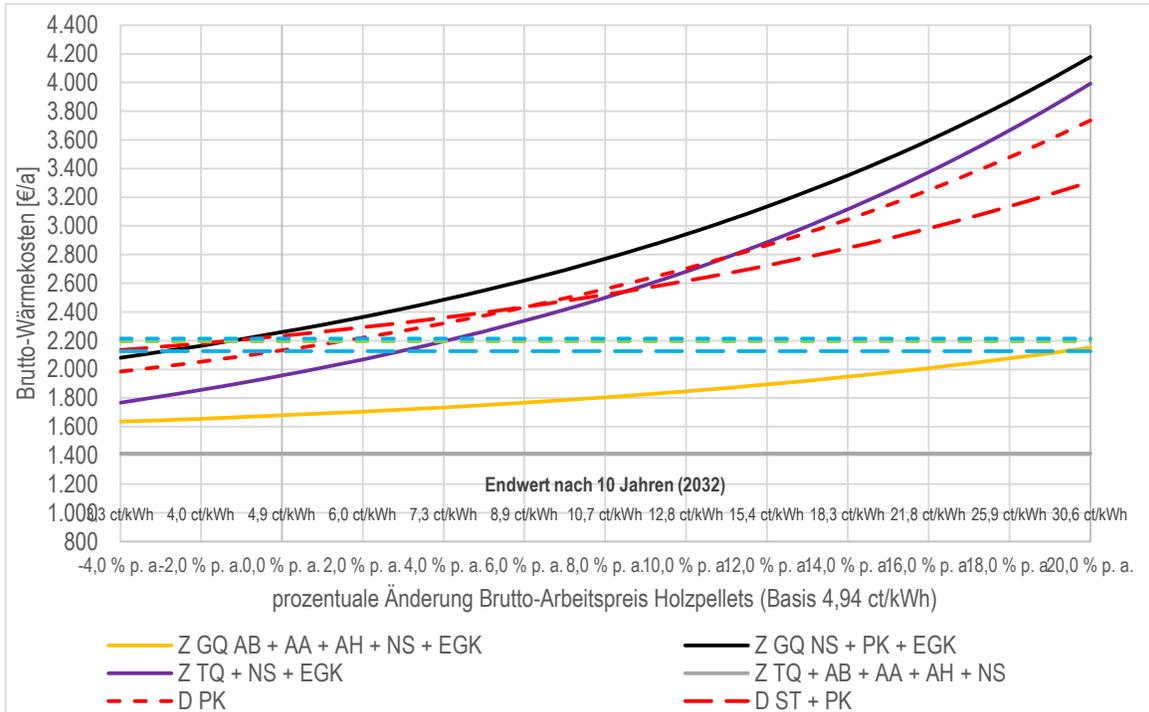


Abbildung 9-8: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für Holzpellets

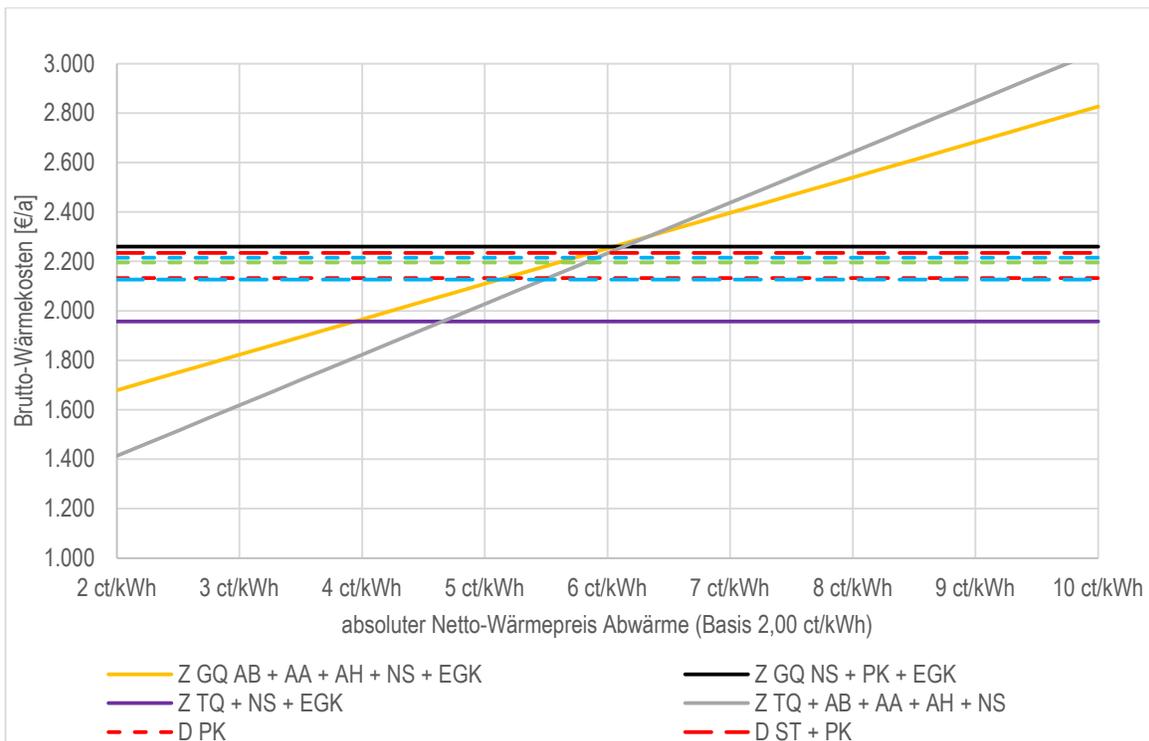


Abbildung 9-9: Wärmekosten bei verschiedenen Preisen für die betriebliche Abwärme

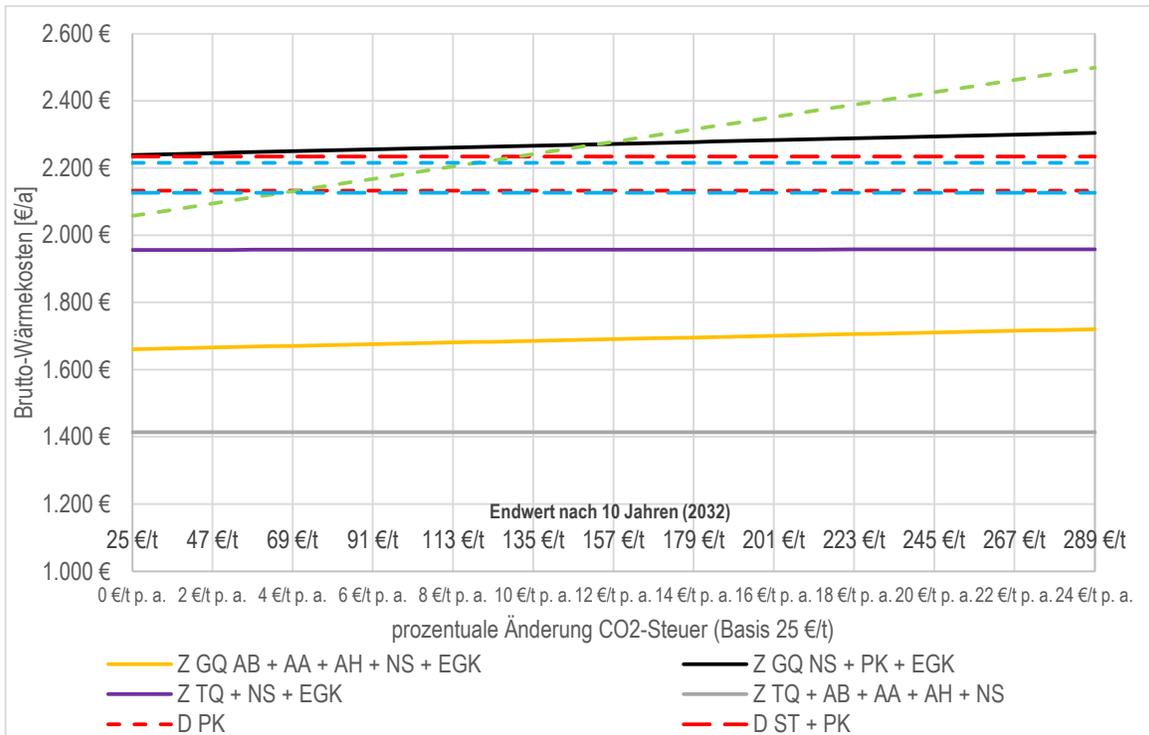


Abbildung 9-10: Wärmekosten bei verschiedenen Preissteigerungsraten für CO<sub>2</sub>-Emissionen

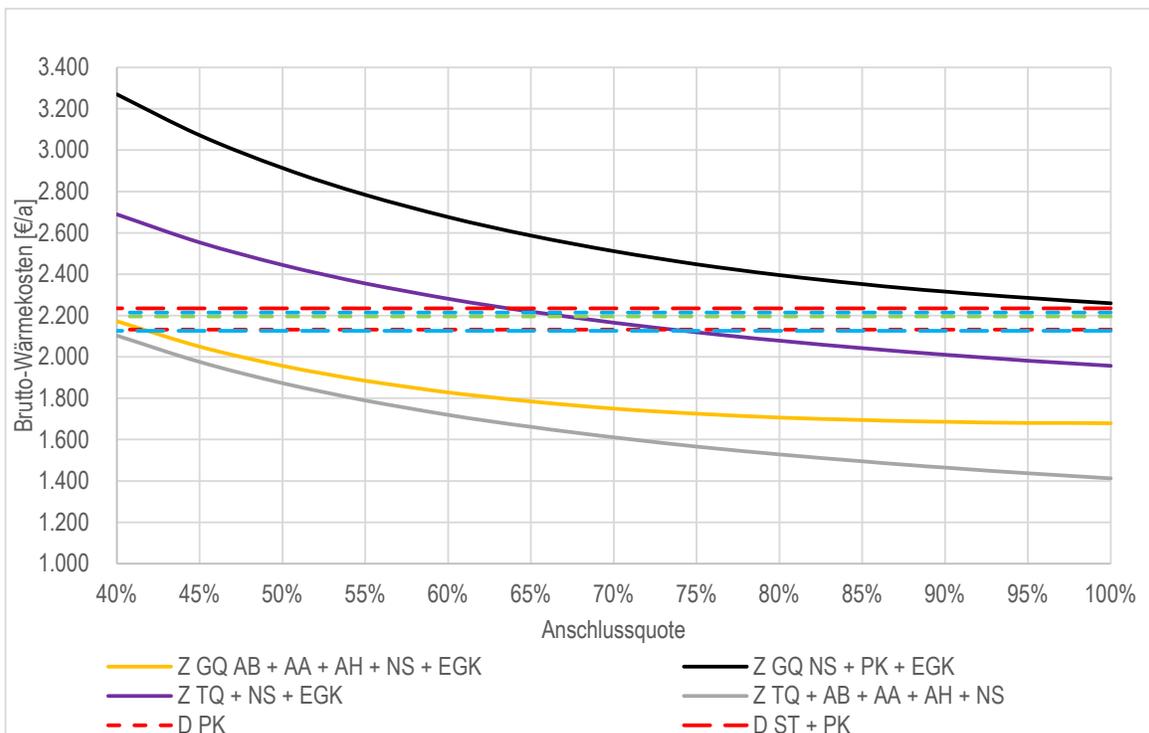


Abbildung 9-11: Wärmekosten bei verschiedenen Anschlussquoten

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

Steigende Energiekosten zeigen bei den solarunterstützten Wärmeerzeugersystemen eine geringere Auswirkung. Bei den dezentralen Heizungssystemen werden die höheren Investitionskosten für die Solarwärme bei den angenommenen Steigerungen der Energiekosten z. T. ausgeglichen oder sogar überkompensiert.

Ein gleicher Trend ist in Bezug auf die zentrale Wärmeversorgung bei einer Abnahme von überschüssiger Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen zu beobachten. Da hier langfristige Verträge mit den Wärmelieferanten geschlossen werden können, zeigen die Änderungen der anderen Energiekosten eine geringere Auswirkung.

Aufgrund des hohen Anteils an erneuerbaren Energien zeigen sich in den verschiedenen zentralen Varianten meist nur geringe Auswirkungen des CO<sub>2</sub>-Preises auf die Wärmekosten. Die dezentrale Gas-Hybridheizung wird allerdings stark von einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung beeinflusst.

Den größten Einfluss auf die Kosten der zentralen, leitungsgebundenen Wärmeversorgung hat erwartungsgemäß die Anschlussquote (vgl. Abbildung 9-11). Die Gegenüberstellung von Anschlussquote und Wärmekosten zeigt, dass die Kosten für die Wärme mit abnehmender Anschlussquote steigen. Insofern ist die zumindest mittelfristige Sicherung einer ausreichenden Anschlussquote der entscheidende Erfolgsfaktor einer zentralen Wärmeversorgung und muss im Mittelpunkt der Bemühungen eines eventuellen Sanierungsmanagements stehen.

## 9.6 ZUSAMMENFASSUNG WÄRMEERZEUGUNG

Die Berechnungen haben gezeigt, dass der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung sehr stark zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen kann. Durch den Einsatz von ohnehin anfallender, aber nicht genutzter Abwärme aus den betrieblichen Prozessen des Gewerbeparks am ehemaligen Flughafen könnte zudem bis zu drei Viertel der benötigten Wärmemenge brennstoffunabhängig bereitgestellt werden.

Die Berechnungen haben gezeigt, dass die Vergleiche verschiedener Energiesysteme sehr stark von der Entwicklung der Energiepreise abhängen. Eine besonders hohe Preisstabilität weist dabei die Nahwärmeversorgung auf.

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

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

## 10 UMSETZUNGSHEMMNISSE UND MÖGLICHKEITEN ZU IHRER ÜBERWINDUNG

### 10.1 GEBÄUDESANIERUNG

Die Gebäudesanierung ist klimapolitisch eine besondere Herausforderung: Ein großer, zusammenhängender Anteil der Energiebedarfsdeckung in Deutschland wird für die Raumwärmebereitstellung verwandt. Vom gesamten bundesdeutschen Endenergieverbrauch in 2016 betrug der Energieaufwand für die Beheizung der Gebäude, wie in Abbildung 10-1 dargestellt, ca. 28 % (BMWE, 2018).

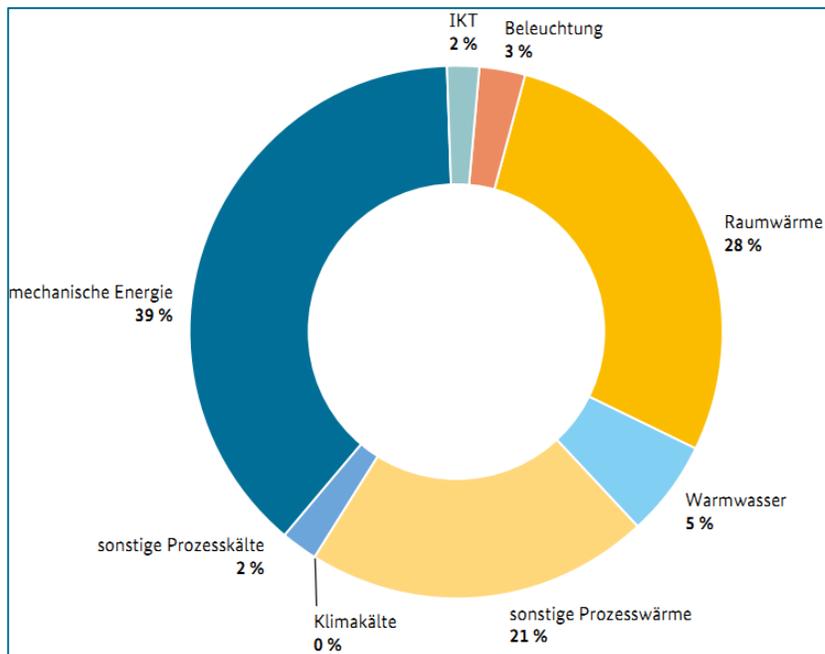


Abbildung 10-1: Endenergieverbrauch Raumwärme 2016 in Deutschland

Die Bundesregierung hat auf die Herausforderung der Reduktion der Treibhausgasemissionen im Gebäudebestand mit umfangreichen Förderprogrammen reagiert, zuletzt Anfang 2020 und mit dem neuen Förderdesign ab Januar 2021 (vgl. Kap. 8.2). Trotzdem bestehen Hemmnisse dagegen, dass die Gebäudesanierung die Fortschritte macht, die für das Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesrepublik - Klimaneutralität bis 2045 - notwendig wären.

Viele sind begründet in der Haltung der Eigentümer zum Thema Gebäudesanierung. Typische Äußerungen, die z. B. in den bilateralen Gesprächen während der Energieberatungen vor Ort zu hören waren, sind folgende:

- „Die Energiepreise steigen, aber mich überfordert die Fülle der technischen Möglichkeiten zur energetischen Sanierung“
- „Ich bekomme keine Energieberatung und keine Angebote von den Handwerksfirmen“
- „Die Förderanträge sind zu umständlich und ohne Experten verstehe ich das nicht“
- „Für wen soll ich denn sanieren? Wir haben doch niemanden, der das Haus übernehmen würde!“

- „Die Sanierungskosten sind einfach zu hoch, das rechnet sich nicht.“
- „Das Thema Gebäudesanierung ist mir zu komplex und da kann man viel falsch machen“

Begegnet werden kann diesen Hemmnissen durch eine kontinuierliche Beratung über die technischen Möglichkeiten und finanziellen Förderungen von Sanierungen. Dies ist ein wichtiger Bestandteil des Sanierungsmanagements, einschließlich der weiteren Einbindung externer Beratungsmöglichkeiten wie etwa der Verbraucherzentrale. An die Notwendigkeit der jetzt dringenden Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen muss immer wieder erinnert werden.

Eine ergänzende Rolle auf der Verordnungsseite kann auch ein konsequenterer Vollzug etwa der Vorgaben des GEG-2020 sein. Dies gilt z. B. für die Einhaltung der Nachrüstpflichten im Gebäudebestand (vgl. Kapitel 8.1). Hier hat die Kommune keinen Einfluss, sondern dies muss über die Aufsichtsbehörde, in diesem Fall das Innenministerium des Landes, organisiert werden.

Wirtschaftlich sind viele Sanierungsmaßnahmen - ebenso wie Bausteine einer regenerativen Energieversorgung - heute noch durch die faktische Subventionierung fossiler Energieträger unattraktiv, die darin besteht, dass die Verursacher von Treibhausgasemissionen nicht oder nur sehr bedingt für die Folgekosten aufkommen. Erste Schritte zur Internalisierung dieser externen Kosten sind durch den seit Anfang 2021 greifenden Aufbau der CO<sub>2</sub>-Bepreisung auch für die Emissionen, die nicht bereits wie die von Großkraftwerken, Industriebetrieben etc. dem Emissionshandelssystem unterliegen, gemacht.

## 10.2 LEITUNGSBUNDENE WÄRMEVERSORGUNG

### 10.2.1 TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN

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

### 10.2.2 RECHTLICHE UND ORGANISATORISCHE HERAUSFORDERUNGEN

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

Mit den Amtswerken Eggebek, einem kommunalen Unternehmen in der Hand der amtsangehörigen Gemeinden, steht ein möglicher Netzbetreiber zur Verfügung. Aus dem Ausbau des Glasfasernetzes verfügen die Amtswerke über Versorgungs-, Vertriebs- und administrative Erfahrungen (Abrechnung etc.). Es bedarf jedoch entsprechender Beschlüsse der Aufsichtsgremien.

Da ein wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes möglich ist, sollten darin keine besonderen Herausforderungen bestehen.

### 10.2.3 WIRTSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN

Die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes hängt entscheidend von der Anschlussquote ab. Insofern besteht eine entscheidende Herausforderung darin, eine ausreichende Anzahl von Anschlussnehmern zu gewinnen. Angesichts der durch geopolitische Entwicklungen gestiegenen

Preise insbesondere fossiler Energieträger und der zunehmenden Sorge um die Versorgungssicherheit ließen jedoch schon die Rückmeldungen aus der Bevölkerung während des Quartierskonzeptes ein großes Interesse erkennen. Dies muss nun im Rahmen des Sanierungsmanagements konkretisiert und möglichst umfassend um die Bereitschaft noch fehlender Anschlussinteressenten ergänzt werden.

Ebenso wie die Privathaushalte sind auch mögliche gewerbliche Abnehmer in die weiteren Gespräche einzubeziehen. Für die öffentlichen Liegenschaften dürfte überall dort, wo die Heizanlagen nicht schon mit erneuerbaren Energien betrieben oder noch sehr neu sind, die Entscheidung ein Selbstgänger sein.

Voraussetzung für den Wärmemix aus Abwärme, wie er sich hier als am vorteilhaftesten erwiesen hat, ist, dass die auf dem Flughafengelände geplanten Anlagen auch tatsächlich errichtet werden und spätestens bei Inbetriebnahme des Wärmenetzes in der Lage sind, die kalkulierten Wärmemengen einzuspeisen. Hier wäre der Ausbau der Heizzentrale der Schule eine Backup-Alternative. Sollte sich die Inbetriebnahme der Abwärme-Lieferanten lediglich verzögern, wäre zu prüfen, ob dies ggf. zu Bauabschnitten des Netzes passen könnte, die Kapazitäten der Schule vorübergehend ausreichen oder der die Redundanz abdeckende Erdgaskessel übergangsweise etwas stärker genutzt wird.

## 11 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

### 11.1 LENKUNGSGRUPPE

Die Lenkungsgruppe des Projektes bestand aus dem stellvertretenden Bürgermeister (Carsten Ehlers), einem weiteren Gemeindevertreter (Willy Toft), einem Mitglied des Bauausschusses (Clemens Tratz), der Bürgerenergie Sauberes Wasser Eggebek GmbH (Ole Dammann) als zukünftiger Betreiberin der Gülleveredlungsanlage und Ansprechpartner auch für die anderen angedachten Lieferanten von Abwärme auf dem ehemaligen Flughafengelände, der Klimaschutzregion Flensburg (Klimaschutzmanagerin Dr. Maria Hock) und dem Amt Eggebek (Amtdirektor Lars Fischer). Geschäftsführend waren die Unternehmen der mit dem Quartierskonzept beauftragten Arbeitsgemeinschaft vertreten.

Die Lenkungsgruppe hat zwischen dem 18. Mai 2021 und dem 29. Juni 2022 insgesamt sieben Mal getagt, teilweise in Präsenz, teilweise pandemiebedingt online. Auf den Sitzungen wurden das Vorgehen sowie maßgebliche inhaltliche Weichenstellungen abgestimmt und beschlossen. Zudem diente die Lenkungsgruppe als Multiplikator ins Quartier sowie als Resonanzgruppe für Rückmeldungen aus dem Quartier.

### 11.2 ALLGEMEINE ÖFFENTLICHKEIT

Für die Öffentlichkeit des Quartiers wurden trotz pandemiebedingter Restriktionen, die zu Verzögerungen führten, zwei Veranstaltungen durchgeführt<sup>10</sup>:

- Auf der Auftaktveranstaltung am 28. Oktober 2021 standen Handlungsnotwendigkeiten und -chancen des Klimaschutzes, das Vorgehen des Quartierskonzeptes, erste Hinweise auf Sanierungsmöglichkeiten sowie die Auswahl der Gebäude für die Mustersanierungsberatungen im Mittelpunkt.
- Auf der Veranstaltung am 16. Mai 2022 wurden die Ergebnisse der Mustersanierungsberatungen sowie die Möglichkeiten einer klimafreundlichen und regionalen leitungsgebundenen Wärmeversorgung für den Kern des Quartiers vorgestellt und eine Befragung nach dem Anschlussinteresse eingeleitet.

<sup>10</sup> Geplant waren drei Veranstaltungen. Pandemiebedingt wurden die letzten beiden jedoch zusammengelegt.



Abbildung 11-1: Öffentliche Veranstaltungen in Eggebek mit interaktiven Elementen

In die Veranstaltungen wurden interaktive Elemente integriert, mit denen die Beteiligten auch über ihre Diskussionsbeiträge hinaus Rückmeldungen geben konnten (vgl. Abbildung 11-1). Zu den Veranstaltungen wurden auch im gesamten Quartier Einladungen, Informationsschreiben etc. verteilt. Diese wurden ergänzt durch Hinweise im WIR, dem Mitteilungsblatt des Amtes Eggebek (vgl. Abbildung 11-2).



**NEUES AUS DEM AMT**

**EINLADUNG  
ÖFFENTLICHE VERANSTALTUNGEN IM  
RAHMEN DER ENERGETISCHEN  
QUARTIERSKONZEPTE**

Trotz anhaltender Einschränkungen durch die Pandemie geht die Erarbeitung der energetischen Quartierskonzepte in den Gemeinden Eggebek, Jörl und Wanderup planmäßig voran. Für alle Quartiere wurde aus den vorhandenen Daten der Energieversorger, Schornsteinfeger und vieler freiwilliger Eigentümer ein sogenannter Wärmeatlas erstellt und daraus der Gesamtenergiebedarf ermittelt. An dieser Stelle möchten sich die BürgermeisterInnen herzlich für die Bereitschaft der Bürgerinnen und Bürger zum Ausfüllen der Fragebögen bedanken, die diesen Arbeitsschritt sehr unterstützt hat!

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse sind nun bereits verschiedene zentrale und dezentrale Wärmeversorgungsoptionen für die Quartiere hinsichtlich Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Klimaverträglichkeit untersucht und bewertet worden. Gern möchten Ihnen die Gemeinden die Ergebnisse dieser Analysen vorstellen

und auch ein Meinungsbild ihrer Bürgerinnen und Bürger im Quartier einholen. Die nächsten öffentlichen Veranstaltungen mit ausführlichen Informationen zu den möglichen Wärmeversorgungsoptionen finden daher voraussichtlich an den folgenden Terminen statt:

**Quartier Wanderup:**  
**Dienstag, 29.03.22, 18:00 Uhr im Westerkrug**

**Quartier Jörl:**  
**Montag, 28.03.22, 18:00 Uhr im „dat schultz“ in Kleinjör!**

**Quartier Eggebek:**  
**Mittwoch, 30.03.22, 18:00 Uhr im Gasthof Thomsen**

Bitte beachten Sie, dass die Veranstaltungen je nach Pandemiegeschehen auch kurzfristig abgesagt bzw. verschoben werden können. In diesem Fall finden Sie aktuelle Informationen auf der Startseite der Klimaschutzregion Flensburg unter [www.klimaschutzregion-flensburg.de](http://www.klimaschutzregion-flensburg.de). Für alle Veranstaltungen ist von den zum Termin für die Gastronomie gültigen Auflagen bezüglich Impf- oder Testnachweisen und ggf. Maskenpflicht auszugehen.

Abbildung 11-2: Hinweise auf öffentliche Veranstaltungen von Quartierskonzepten im WIR

Nach der zweiten öffentlichen Veranstaltung fand, basierend auf einem vierseitigen Infolyer zu einem möglichen Wärmenetz in Eggebek, eine Befragung zum Anschlussinteresse statt. Sie wurden an rund 800 Haushalte im Quartier verteilt und es gingen 115 Rückmeldungen ein. Diese zeigten überwiegend Interesse an einem kurzfristigen Anschluss an ein Wärmenetz (vgl. Abbildung 11-3). Lediglich 9 % der Befragten äußerten, dass sie kein Interesse an einem Wärmeanschluss haben. Es ist denkbar, dass es sich in vielen Fällen um Haushalte handelt, die bereits

erneuerbare Energieträger zum Heizen nutzen oder deren Heizungsanlage erst vor relativ kurzer Zeit erneuert wurde.

Im Rahmen des Sanierungsmanagements können die Informationen und Befragungen nochmals weiter intensiviert werden.

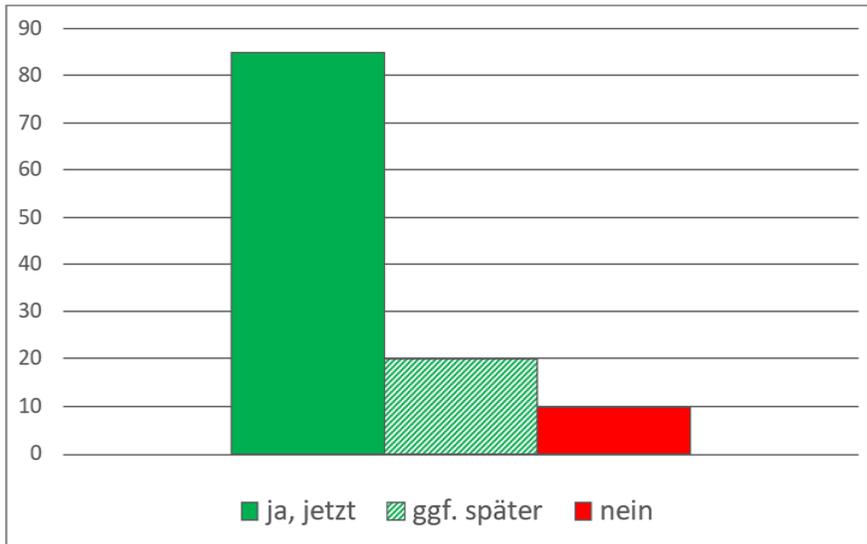


Abbildung 11-3: Ergebnisse der Befragung zum Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz

## 12 CONTROLLING-KONZEPT

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

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

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

### 12.1 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-BILANZ

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

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

### 12.2 BEWERTUNGSINDIKATOREN

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

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

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

Mögliche Indikatoren in Verbindung mit ihrer Einheit und Quelle werden für das Quartier in Tabelle 12-1 dargestellt.

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

INDIKATOR	EINHEIT	DATENQUELLE
Anschlussnehmer am Wärmenetz	Stück	Wärmenetzbetreiber
Verkaufte Wärmemenge im Netz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Verluste im Wärmenetz	kWh/a	Wärmenetzbetreiber
Primärenergiefaktor Wärmenetz		Wärmenetzbetreiber
Einsatz dezentraler regenerativer Heizungen	Stück	Schornsteinfeger
Von Heizöl oder Flüssiggas auf erneuerbare Energieträger umgestellte Heizungen	Stück	Schornsteinfeger
Primärenergieeinsatz für das Quartier	kWh/a	zu aggregieren (Wärmenetzbetreiber für Nahwärme, Schornsteinfeger für Erdgas, Heizöl, Pellets etc.)
CO <sub>2</sub> -Emissionen	t/a	aus Primärenergieeinsatz abzuleiten
Anzahl Sanierungs- / Energieberatungen	Stück	Sanierungsmanager
Sanierte Gebäude (ggf. Differenzierung nach Sanierungsart)	Stück	Begehungen

### 12.3 DOKUMENTATION

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

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

### 13 MAßNAHMENKATALOG UND EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SANIERUNGSMANAGEMENT

Auf Basis der voran gegangenen Untersuchungen ergeben sich die in Tabelle 13-1 dargestellten Haupt-Maßnahmenstränge. Diese können idealerweise im Sanierungsmanagement durchgeführt werden, das im Förderprogramm 432 der KfW der Umsetzungsbegleitung des Quartierskonzeptes dient. Es hat eine effektive und zeitnahe Konkretisierung und möglichst Verwirklichung der geplanten Maßnahmen zu realisieren.

Dabei sollte einerseits ein „Kümmerer“ vor Ort verfügbar sein, der als Vertrauensperson mit angemessener Verfügbarkeit fungiert. Dies kann eine Einzelperson, ein Mitarbeiter des Amtes oder, bei Durchleitung der Fördermittel und insbesondere der Betreiberrolle des Wärmenetzes, der Amtswerke Eggebek sein.

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

Das Sanierungsmanagement fungiert als Anlauf- und Koordinationsstelle. Es vermittelt zwischen Bauherren und Maßnahmenträgern, unterstützt die Maßnahmenumsetzung im Quartier, berät private Bauherren über Fördermöglichkeiten und führt die weitere Öffentlichkeitsarbeit aus. Einen Überblick relevanter Aufgaben gibt Tabelle 13-1.

Da auch benachbarte Quartiere (vor allem Jörl und Wanderup) energetische Quartierskonzepte durchgeführt haben, wäre zu überlegen, ob bestimmte Funktionen des Sanierungsmanagements - etwa ein einzustellender Kümmerer vor Ort - gemeinsam mit den benachbarten Kommunen wahrgenommen werden können. Hieraus könnten sich Synergien und bei der Beschäftigung eigenen Personals eine in der Summe attraktivere Stelle ergeben.

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

AUFGABEN	PRIORITÄT, ABLAUF / AKTEUR
Beschluss über die Durchführung eines Sanierungsmanagements	hoch, kurzfristig / Gemeinde
Beantragung und Einrichtung des Sanierungsmanagements als Koordinationsstelle der Maßnahmenumsetzung; Klärung der Aufgaben, die mit eigenem Personal (ggf. der Amtswerke) erledigt und die extern vergeben werden sollen.	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Amt Eggebek
Identifikation des Betreibers der leitungsgebundenen Wärmeversorgung	hoch, kurzfristig / Gemeinde und Amt mit Amtswerken
Fortsetzung der Befragung des Anschlussinteresses an einem Wärmenetz (Auffüllen der noch fehlenden Rückmeldungen)	hoch, nach Start des Sanierungsmanagements / Sanierungsmanager
Festlegung der anfänglichen Versorgungsbereiche des Wärmenetzes	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Betreiber Wärmenetz mit Sanierungsmanager
Konkretisierung der Planungen des Wärmenetzes	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Betreiber Wärmenetz mit Sanierungsmanager <sup>11</sup>
Vorlage konkreter Vertragsentwürfe an mögliche Anschlussnehmer des Wärmenetzes	hoch, nach zuvor genanntem Punkt / Betreiber Wärmenetz
Vertiefte Sanierungsberatungen im Gebäudebestand einschließlich regenerativer Versorgungsmöglichkeiten: Erstberatung, ggf. Vermittlung zertifizierter Energieberater	mittel, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Prüfung dezentraler Versorgungsoptionen für Liegenschaften, für die b. a. W. keine leitungsgebundene Wärmeversorgung angeboten wird, ggf. konzeptionelle Erarbeitung nachbarschaftlicher Insellösungen mit erneuerbaren Energieträgern	mittel, nach Klärung leitungsgebundener Versorgungsbereiche / Sanierungsmanager
Durchführung von Schulungen zu Energiefragen	niedrig, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Koordination gemeinsamer Beschaffungen für Sanierungsmaßnahmen und erforderlicher Versorgungsanlagen (außerhalb des Wärmenetzes)	niedrig bzw. auf Anforderung, langfristig laufend / Sanierungsmanager
Dokumentation der Arbeiten und operative Umsetzung des Controlling-Konzeptes	niedrig, kontinuierlich / Sanierungsmanager

<sup>11</sup> HOAI-Leistungsphasen 1 bis 3 als Bestandteil des Sanierungsmanagements

## 14 LITERATURVERZEICHNIS

- Agentur für Erneuerbare Energien. (o. J.). *Energieverbrauch nach Strom, Wärme und Verkehr*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr>
- Amt Eggebek. (o. J.). *Amt Eggebek, Leben im Amt, St. Petrus-Kirche Eggebek*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.amteggebek.de/aktuelles/leben-im-amt/kirchen/st-petrus-kirche-eggebek>
- Amt Eggebek. (o. J.). *Bewegtes Familienzentrum im Amt Eggebek*. Abgerufen am 1. Juni 2022 von <http://www.bildungslandschaft-amt-eggebek.de/familienzentrum/famz/>
- Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. (2012). *Gebäudetypologie Schleswig-Holstein*. (D. Walberg, Hrsg.) Kiel.
- BAFA. (2021). *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Abgerufen am 9. März 2021 von [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Sanierung\\_Wohngebaeude/sanierung\\_wohngebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html)
- BAFA. (2022 b). *Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude*. Abgerufen am 22. Mai 2022 von [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung\\_Wohngebaeude/energieberatung\\_wohngebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Wohngebaeude/energieberatung_wohngebaeude_node.html)
- BAFA. (2022 a). *Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme*. Abgerufen am 22. Mai 2022 von [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude\\_Anlagen\\_Systeme/nichtwohngebaeude\\_anlagen\\_systeme\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Nichtwohngebaeude_Anlagen_Systeme/nichtwohngebaeude_anlagen_systeme_node.html)
- BAFA. (2022 c). *Sanierung Nichtwohngebäude*. Abgerufen am 22. Mai 2022 von [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Sanierung\\_Nichtwohngebaeude/sanierung\\_nichtwohngebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Nichtwohngebaeude/sanierung_nichtwohngebaeude_node.html)
- BAFA. (2022 d). *Sanierung Wohngebäude*. Abgerufen am 22. Mai 2022 von [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Sanierung\\_Wohngebaeude/sanierung\\_wohngebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Sanierung_Wohngebaeude/sanierung_wohngebaeude_node.html)
- BMWE. (August 2018). *Energiedaten: Gesamtausgabe*. Abgerufen am 13. März 2019 von [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=38](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=38)
- BMWi. (August 2020 a). *Langfristige Renovierungsstrategie der Bundesregierung*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/langfristige-renovierungsstrategie-der-bundesregierung.html>
- BMWi. (14. Dezember 2020). *Start der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)*. Abgerufen am 19. März 2021 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/12/20201214-bundesfoerderung-effiziente-gebaeude-und-neue-foerderrichtlinie-energieberatung-fuer-nichtwohngebaeude-anlagen-und-systeme.html>

- Bundesfinanzministerium. (15. Dezember 2000). *AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter*. Abgerufen am 9. März 2021 von [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere\\_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle\\_AV.html](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.html)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2021). *Förderauftrag Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.klimaschutz.de/modellprojekte>
- Bundesregierung. (19. Dezember 2019). *CO<sub>2</sub>-Bepreisung*. Abgerufen am 19. März 2021 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/co2-bepreisung-1673008>
- Bundesregierung. (o. J.). *Generationenvertrag für das Klima*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
- Bundesverfassungsgericht. (29. April 2021). *Pressemitteilung Nr. 31/2021: Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>
- C.A.R.M.E.N. (2022). *Marktpreisvergleich*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>
- Christiansen, O., & Lorenzen, M. (7. März 2022). Klimafreundliche Heizwärmeversorgung, energetische Gebäudesanierung. (J. Wortmann, Interviewer)
- dena. (2016). *Gebäudereport - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand*. Berlin.
- dena. (April 2018). *dena-Gebäudereport kompakt 2018*. Abgerufen am 1. Juni 2022 von [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9254\\_Gebaeudereport\\_dena\\_kompakt\\_2018.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9254_Gebaeudereport_dena_kompakt_2018.pdf)
- dena. (o. J.). *Europäische Gebäudeleitlinie (EPDB)*. Abgerufen am 19. März 2020 von <https://www.zukunft-haus.info/studien-gesetze/gesetze/epdb/>
- DigitalerAtlasNord. (o. J.). *Archäologie-Atlas SH, Eggebek*. Abgerufen am 10. 06. 2022 von <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/ArchaeologieSH/index.html?lang=de/#/>
- Fraunhofer ISE. (27. Juli 2020). *Auch in Bestandsgebäuden funktionieren Wärmepumpen zuverlässig ...* Abgerufen am 1. Juni 2022 von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/waermepumpen-funktionieren-auch-in-bestandsgebaeuden-zuverlaessig.html#:~:text=F%C3%BCr%20den%20Zeitraum%20Juli%202018,bei%20der%20Berechnung%20nicht%20ber%C3%BCcksichtigt>
- Freiwillige Feuerwehr Eggebek. (o. J.). *Über uns, Geschichte*. Abgerufen am 06. Juni 2022 von <http://www.feuerwehr-eggebek.de/galerie/10328/unser-geraetehaus.html>
- Google Earth. (16. 06 2022). Von [https://www.google.com/intl/de\\_de/earth/](https://www.google.com/intl/de_de/earth/) abgerufen

- Herbes, C., Halbherr, V., & Braun, L. (Januar 2018). *Preise für die Abgabe von Wärme aus Biogasanlagen an Dritte*. Von [https://www.hfwu.de/fileadmin/user\\_upload/ISR/Bilder/Dokumente/Publikationen\\_Herbes/2018-02-01\\_Agrarbetrieb\\_Herbes-et-al.pdf](https://www.hfwu.de/fileadmin/user_upload/ISR/Bilder/Dokumente/Publikationen_Herbes/2018-02-01_Agrarbetrieb_Herbes-et-al.pdf) abgerufen
- Hoppe-Fleischwaren. (o. J.). *Die Hoppe Fleischwaren Historie*. Abgerufen am 10. Juni 2022 von <https://www.hoppe-fleischwaren.de/unternehmen/historie.html>
- IB.SH. (o. J. a). *Energetische Stadtsanierung*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.ib-sh.de/produkt/energetische-stadtsanierung/>
- IB.SH. (o. J.). *Landesprogramm Wirtschaft - Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme*. Abgerufen am 25. März 2021 von <https://www.ib-sh.de/produkt/landesprogramm-wirtschaft-nachhaltige-waermeversorgungssysteme/>
- 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](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](https://ee-sh.de/de/dokumente/content/berichte_studien/2019-09-06_Potentialstudie-H2-NF-Endfassung-L-Web.pdf)
- KfW. (o. J. a). *Die neue Bundesförderung für effiziente Gebäude ersetzt die bisherige Förderung*. Abgerufen am 24. März 2021 von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesfoerderung-fuer-effiziente-Gebaeude/>
- KfW. (o. J. b). *Energetische Stadtsanierung – Zuschuss*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/effiziente-Einrichtungen/Kommunen/Energie-und-Umwelt-fuer-effiziente-Produkte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/effiziente-Einrichtungen/Kommunen/Energie-und-Umwelt-fuer-effiziente-Produkte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)
- KfW. (o. J. c). *Erneuerbare Energien - Premium*. Abgerufen am 1. Juni 2022 von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-und-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-\(271-281\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-und-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/)
- Klimaschutzregion Flensburg. (o. J.). *Die Klimaschutzregion*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.klimaschutzregion-flensburg.de/seite/484797/die-klimaschutzregion.html>
- Landesamt für Denkmalpflege SH. (o. J.). *Denkmalliste Schleswig-Holstein*. Abgerufen am 15. Juni 2022 von [https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/LD/Downloads/Denkmallisten/Denkmalliste\\_Schleswig-Flensburg.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=12](https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/ministerien-behoerden/LD/Downloads/Denkmallisten/Denkmalliste_Schleswig-Flensburg.pdf?__blob=publicationFile&v=12)
- Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein. (o. J.). *Digitaler Atlas Nord*. Abgerufen am 4. Juni 2022 von <https://danord.gdi-sh.de>
- Pfnür, A., Winiewska, B., Mailach, B., & Oschatz, B. (2016). *Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt*. Dresden.
- QGIS. (o. J.). *QGIS: Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem*. Abgerufen am 25. Februar 2020 von <https://www.qgis.org/de/site/>

- Raum & Energie. (30. August 2017). *ZukunftsRegion Amtsentwicklung Eggebek*. Abgerufen am 16. Mai 2022 von [https://www.raum-energie.de/fileadmin/Downloads/Projekte/ZukunftsRegion\\_Amt\\_Eggebek/Endbericht\\_Zukunftsregion\\_Eggebek\\_IRE\\_30082017.pdf](https://www.raum-energie.de/fileadmin/Downloads/Projekte/ZukunftsRegion_Amt_Eggebek/Endbericht_Zukunftsregion_Eggebek_IRE_30082017.pdf)
- Sigmund, B. (23. Juni 2014). *Vom Einzelgebäude zum Quartier – Symposium zu Energie-Plus-Konzepten*. Abgerufen am 19. März 2020 von <https://www.detail.de/artikel/vom-einzelgebaeude-zum-quartier-symposium-zu-energie-plus-konzepten-12155/>
- Statistikamt Nord. (o. J.). *Zahlen+Fakten, Meine Region, Schleswig-Holstein, Datenblätter auf Gemeindeebene*. Abgerufen am 05. Juni 2022 von [https://region.statistik-nord.de/detail\\_timeline/13/1102/1/1/352/1168/](https://region.statistik-nord.de/detail_timeline/13/1102/1/1/352/1168/)
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (28. August 2019). *Naturraum- und Gemeindeergebnisse in Schleswig-Holstein 2016, Statistischer Bericht C IV - ASE 2016 SH, Teil 8 Naturräume und Gemeinden*. Abgerufen am 19. März 2022 von [https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische\\_Berichte/landwirtschaft/C\\_IV\\_Teil\\_8\\_S\\_Raum/C\\_IV\\_ASE2016\\_Teil\\_8\\_SH.pdf](https://www.statistik-nord.de/fileadmin/Dokumente/Statistische_Berichte/landwirtschaft/C_IV_Teil_8_S_Raum/C_IV_ASE2016_Teil_8_SH.pdf)
- Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein. (1972). *Die Bevölkerung der Gemeinden in Schleswig-Holstein 1867 -1970, Historisches Gemeindeverzeichnis*. Kiel.
- Traber, T., & Fell, H.-J. (September 2019). *Erdgas leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz*. Energy Watch Group. Abgerufen am 24. März 2021 von [http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG\\_Erdgasstudie\\_2019.pdf](http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Erdgasstudie_2019.pdf)
- UBA. (August 2013). *Ratgeber: Das Energie-Sparschwein*. Abgerufen am 13. März 2019 von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ratgeber-energie-sparschwein>
- UBA. (11. Februar 2019). *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten*. Abgerufen am 16. März 2021 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11\\_methodenkonvention-3-0\\_kostensaetze\\_korr.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf)
- UBA. (Mai 2021). *Climate Change 45/2021: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020*. Abgerufen am 21. Mai 2022 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26\\_cc-45-2021\\_strommix\\_2021\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26_cc-45-2021_strommix_2021_0.pdf)
- UBA. (14. März 2022). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 20. Mai 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- Wikipedia. (o. J.). *Bahnstrecke Neumünster-Flensburg*. Abgerufen am 8. Juni 2022 von [https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke\\_Neumünster-Flensburg](https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke_Neumünster-Flensburg)
- Zerger, C. (8. Oktober 2020). *Für einen fairen Ökostrom-Markt außerhalb des EEG*. Abgerufen am 20. Juni 2022 von <https://www.klimareporter.de/strom/fuer-einen-fairen-oekostrom-markt-ausserhalb-des-eeeg>

