

Quartierskonzept Borghorsterhütten

Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes

Borghorsterhütten

Im Auftrag von: **Gemeinde Osdorf**

Ansprechpartner_in: Helge Kohrt, Bürgermeister der Gemeinde Osdorf

Auftragnehmer_in: EcoWert 360° GmbH
Lise-Meitner-Straße 29, 24941 Flensburg

Bearbeitung: Jonas Borchert, B. Eng. LiMan Keller, Dipl.-Ing. Lukas Schmeling

Moin Moin! Innovativcluster Erdwärme GmbH
Borghorsterhütten 9, 24251 Osdorf

PLAN-G
An de Diek 6d, 24855 Bollingstedt
Bearbeitung: Dipl. Ing. Ralf Schobries

Stand: 20.11.2023

Förderhinweis: Das Projekt integriertes Quartierskonzept Borghorsterhütten wird gefördert aus Mitteln des Bundes im Rahmen des KfW-Programms 432 „Energetische Stadtsanierung“ sowie ergänzend aus Mitteln des Landes Schleswig- Holstein.

Gefördert durch:



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Klimaschutz, Umwelt und Natur

Aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages

Haftungsausschluss: Bei diesem Bericht wurden die aktuellen Informationen und der aktuelle Stand der Technik für die beschriebenen Bereiche zugrunde gelegt. Dennoch kann keine Haftung für unter Umständen enthaltene Fehler oder Abweichungen übernommen werden.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung	8
1 Zusammenfassung	9
2 Einführung	10
2.1 Das Quartier Borghorsterhütten	10
2.2 Methodik und Vorgehensweise	12
2.3 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess.....	13
3 Energetische Ausgangssituation im Quartier	14
3.1 Datenquellen und Datengüte	14
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäude und Heizungsbestand	16
3.2.1 Wohngebäude	17
3.2.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor)	17
3.2.3 Gutsanlage.....	18
3.3 Bestandsaufnahme: Endenergieverbrauch	18
3.3.1 Quartierslastprofile Wärme	18
3.3.2 Quartierslastprofil Strom.....	19
3.3.3 Mobilität	20
3.4 Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	21
3.4.1 Energie- und CO ₂ -Bilanz Wärme.....	21
3.4.2 Energie- und CO ₂ -Bilanz Strom.....	23
4 Energie- und CO₂-Minderungspotenziale	24
4.1 Potenziale für erneuerbare elektrische Energien.....	24
4.1.1 Wind	24
4.1.2 Photovoltaik	24
4.1.3 Biogas	27
4.2 Potenziale für erneuerbare thermische Energie	28
4.2.1 Luft-Wärmepumpe	28
4.2.2 Grundwasser-Wärmepumpe.....	29
4.2.3 Abwärme-Wärmepumpe.....	29
4.2.4 Geothermie	30
4.2.5 Biomethan Blockheizkraftwerk	32
4.2.6 Biomasse.....	32
4.2.7 Solarthermie	33
4.2.8 Photovoltaisch-Thermische Kollektoren (PVT).....	33

4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	34
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG.....	36
4.3.2	Mustersanierungen	39
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen.....	42
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung	46
4.5.1	Wärmenetz.....	46
4.5.2	Erzeugungskonzepte	48
4.5.3	Fördermöglichkeiten	53
4.5.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung	55
4.5.5	Sensitivitätsanalyse	59
4.5.6	Klimaverträglichkeit.....	60
4.5.7	Zeitplan und Umsetzung.....	63
4.5.8	Mögliche Betreibermodelle.....	64
4.6	Mobilität	65
4.6.1	Individueller Personenkraftverkehr	65
4.6.2	Carsharing.....	65
4.6.3	Unterstützung des Radverkehrs	66
4.6.4	Errichten öffentlicher Ladestationen	67
4.6.5	Öffentlicher Personennahverkehr.....	67
5	Maßnahmenkatalog	68
6	Umsetzungshemmnisse und Überwindungsmöglichkeiten	70
6.1	Energetische Sanierung.....	70
6.2	Wärmenetz.....	71
6.3	Strom.....	72
6.4	Mobilität.....	73
6.5	Allgemeine Hemmnisse.....	73
7	Umsetzung.....	74
7.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	74
7.2	Controlling-Konzept.....	76
7.2.1	Gebäudesanierung & Heizungsaustausch	76
7.2.2	Wärmenetz.....	77
7.2.3	Strom	77
7.2.4	Mobilität.....	77
7.3	Sanierungsmanagement.....	77
8	Literaturverzeichnis.....	78

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Das Quartier Borghorsterhütten im Gemeindegebiet Osdorf.....	11
Abbildung 2-2:	Prozess Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung (eigene Darstellung) .	13
Abbildung 3-1:	Rinderhof Seyer	17
Abbildung 3-2:	Herrenhaus Gut Borghorsterhütten	18
Abbildung 3-3:	Wärmelastgang Borghorsterhütten	19
Abbildung 3-4:	Stromlastgang Borghorsterhütten	20
Abbildung 3-5:	Wärmeatlas Quartier Borghorsterhütten.....	22
Abbildung 4-1:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach.....	25
Abbildung 4-2:	Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße, eigene Darstellung	26
Abbildung 4-3:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur	29
Abbildung 4-4:	Verbreitung hydrogeothermisch nutzbarer Sandsteine (LfU, 2023).....	31
Abbildung 4-5:	Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Quelle: BAFA..	36
Abbildung 4-6:	Förderübersicht Heizungstausch ab 2024	39
Abbildung 4-7:	Referenzgebäude Baualtersklasse ≤ 1950.....	40
Abbildung 4-8:	Referenzgebäude Baualtersklasse 1950 – 1970	41
Abbildung 4-9:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme.....	44
Abbildung 4-10:	Dimensionierung eines Wärmenetzes im Quartier Borghorsterhütten.....	47
Abbildung 4-11:	Konzeptskizze Szenario 1 brennstofffrei	48
Abbildung 4-12:	Heizzentrale eines wärmepumpenbasierten Wärmenetzes (Aalborg CSP, 2022)	49
Abbildung 4-13:	Konzeptskizze Szenario 2 Holzhackschnitzel	50
Abbildung 4-14:	Konzeptskizze Szenario 4 Blockheizkraftwerk + Wärmepumpe.....	51
Abbildung 4-15:	Konzeptskizze Szenario 3 Tiefengeothermie	52
Abbildung 4-16:	Geothermieanlage am Riem (SWM, 2023).....	52
Abbildung 4-17:	Vollkosten der verschiedenen Konzepte bei 70 % Anschlussquote	58
Abbildung 4-18:	Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote.....	59
Abbildung 4-19:	Zeitplan Wärmenetz	63

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Ableich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW	8
Tabelle 2:	Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine	13
Tabelle 3:	Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren	14
Tabelle 4:	Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach IFEU-Empfehlung (Quelle: (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014))	15
Tabelle 5:	Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs (eigene Darstellung nach ifeu; gerundete Werte).....	15
Tabelle 6:	Gebäudebestand in Borghorsterhütten nach Baualtersklassen	16
Tabelle 7:	Gebäudebestand im Kreis Rendsburg-Eckernförde extrahiert aus der Gebäudetypologie SH 2012	16
Tabelle 8:	Heizungsbestand Quartier Borghorsterhütten.....	16
Tabelle 9:	Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Datenauswertung vs. deutscher Mittelwert.	17
Tabelle 10:	Wärmebedarf Borghorsterhütten	18
Tabelle 11:	Strombedarf nach Liegenschaften	19
Tabelle 12:	Personenkraftwagen des Quartiers Borghorsterhütten nach Brennstofftyp	20
Tabelle 13:	Vereinfachte Gesamtenergie- und CO ₂ -Bilanz.	21
Tabelle 14:	Verwendete CO ₂ -Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)	21
Tabelle 15:	Endenergiebilanz der Wärmeversorgung.....	22
Tabelle 16:	CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen	22
Tabelle 17:	Endenergiebilanz der Stromversorgung.....	23
Tabelle 18:	Vergütungssätze für PV-Dachanlagen in ct/kWh	26
Tabelle 19:	Geologische Parameter in Borghorsterhütten und Mindestanforderungen	32
Tabelle 20:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate	35
Tabelle 21:	Zusammenfassung der Einsparpotenziale nach Effizienzklassen	35
Tabelle 22:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse ≤ 1950	40
Tabelle 23:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1950 – 1970	41
Tabelle 24:	Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme	45
Tabelle 25:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen der individuellen Lösungen	45
Tabelle 26:	Linienichte in Abhängigkeit der Anschlussquote	47
Tabelle 27:	Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	55
Tabelle 28:	Investitionskosten des Wärmenetzes	55
Tabelle 29:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 1	56
Tabelle 30:	Jährlicher Energiebezug des brennstofffreien Konzeptes bei 100 % Anschlussquote in Szenario 1	56
Tabelle 31:	Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote in den ersten 10 Jahren	57
Tabelle 32:	Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote im Betrachtungszeitraum	57
Tabelle 33:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung - Holzhackschnitzel..	57
Tabelle 34:	Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote	58
Tabelle 35:	spezifische CO ₂ -Emission für die erzeugte Wärme.....	61
Tabelle 36:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz.....	61
Tabelle 37:	Berechnung des Primärenergiefaktors nach (GEG, 2022).....	62
Tabelle 38:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021).....	67
Tabelle 39:	Maßnahmenkatalog	68

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

°C	Grad Celsius
a	Jahr
ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BEG	Bundeförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlage
BGW	Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bzw.	beziehungsweise
C.A.R.M.E.N	Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
ca.	circa
CH ₄	Methan
cm	Centimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
COP	Coefficient of Performance
ct	Cent
DN	Diamètre Nominal (Nenndurchmesser)
E	Elektro
e.V.	Eingetragener Verein
EE	Enerneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetzes
EFH	Einfamilienhaus
el.	elektrisch
EM	Einzelmaßnahme
eng.	Englisch
ff	fortfolgend
g	Gramm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GKO	Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen
GMF	haushaltsähnliche Gewerbebetriebe
GWh	Gigawattstunden
h	Stunde
ha	Hektar
i.d.R.	in der Regel
ifeu	Institutes für Energie- und Umweltforschung
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
K	Kelvin

KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
kW_p	Kilowatt peak
kW_{th}	Kilowatt thermisch
l	Liter
LEP	Landesentwicklungsplan
LfU	Landesamt für Umwelt
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
max.	maximal
MFH	Mehrfamilienhaus
min.	minimal
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
MWp	Megawatt peak
MWth	Megawatt thermisch
Nr.	Nummer
NWG	Nichtwohng Gebäude
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pers.	Personen
Pkm	Personenkilometer
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaisch-thermisch
SH	Schleswig-Holstein
Str.	Straße
sVE	steuerbare Verbrauchseinrichtungen
t	Tonne
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
W	Watt
WG	Wohngebäude
WKA	Windkraftanlage
z.B.	zum Beispiel

KFW CHECKLISTE ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

Tabelle 1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW

Zu berücksichtigende Aspekte	Kapitel
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbesondere kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse).	3 und 4
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene.	Keine Konzepte vorhanden
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität.	2.1
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität.	4.6 und 6.4
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier.	4
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden.	4.1
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage).	3.4 und 4.3
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene.	2.1, 4.3 und 4.5
Konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen.	5
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten.	6
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen.	4 und 7.2
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte.	2.3
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten).	4.5.7, 5 und 7.2
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring.	7
Bei Digitalisierungsvorhaben: Nutzung von Open-Source-Ansätzen und offenen Standards; Beachtung von Datenschutz und -sicherheit.	/

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung des Quartiers Borghorsterhütten bietet großes Potenzial. Bei Öffentlichkeitsveranstaltungen hat eine hohe Beteiligung der Anwohner_innen gezeigt, dass das Interesse der Bürger_innen an einer nachhaltigen Energieversorgung der Gemeinde vorhanden ist und auf Anklang stößt. Insgesamt wurde ein Wärmebedarf von ca. 771 MWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 143 MWh ermittelt.

Die Ertüchtigung der Gebäudehüllen der Wohngebäude im Quartier sorgt bei einer moderaten Sanierungsrate von 2 % pro Jahr bis 2050 zu einer Reduzierung von bis zu 42 % des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung. Die in der Studie aufgezeigten Mustersanierungen machen nicht nur den ökologischen, sondern auch den wirtschaftlichen Vorteil der Sanierung der Gebäudehüllen deutlich. Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle mit wenigen Jahren statischer Amortisationszeiten bieten nicht nur wirtschaftliche sondern auch ökologische Vorteile. Hier müssen die Bürger_innen angeleitet und begleitet werden, um die angestrebte Sanierungsrate von 2 % pro Jahr zu erreichen.

Über die Sanierung des Gebäudebestands als Energieeffizienzmaßnahme werden die Emissionen auf der Verbrauchsseite gesenkt. Auch auf Erzeugerseite lassen sich durch Sektorenkopplung Energie- und CO₂-Minderungspotenziale ausschöpfen. Eine regenerative Energieerzeugung erlaubt es günstigen Strom für eine CO₂-neutrale Stromversorgung bereitzustellen. Die Wärmeversorgung kann durch den Aufbau eines Wärmenetzes und der Einbindung regenerativer Energie nachhaltig gestaltet werden. So können im Quartier alle Gebäude wirtschaftlich sinnvoll mit nachhaltiger Wärme versorgt werden, wodurch jährlich 230 Tonnen CO₂ eingespart werden können. Durch die in der Studie aufgezeigten Handlungsoptionen bestehen auch für Haushalte, die außerhalb der Potenzialgebiete für Wärmenetze liegen, die Möglichkeit zur CO₂-Reduktion. Entsprechend gedämmte Gebäude im Außenbereich können mit den unterschiedlichen dargestellten Heizsystemen ausgestattet werden. Die größte Hürde ist derzeit der hohe Kostenfaktor.

Die Studie zeigt: Borghorsterhütten hat das Potenzial Vorreiter der Energiewende zu sein. Dieses Potenzial kann schon heute, etwa durch Sanierungsmaßnahmen oder die Errichtung eines Wärmenetzes durch die Nutzung lokaler, regenerativer Anlagen, angegangen werden.

2 EINFÜHRUNG

Der erste Meilensteinbericht soll den heutigen Stand der Energieerzeugung und des Verbrauches in Borghorsterhütten, auf dem Weg zu einer hundertprozentigen erneuerbaren Versorgung der Haushalte und des Gewerbes aufzeigen. Grundlage für die Umstellung auf eine komplett erneuerbare und autarke Energieversorgung im Gemeindegebiet, ist ein umfassendes Quartierskonzept, das im Folgenden näher beschrieben wird.

2.1 DAS QUARTIER BORGHORSTERHÜTTEN

Das Quartier Borghorsterhütten bildet heute als ehemaliger Gutsbezirk einen Ortsteil der Landgemeinde Osdorf (Abbildung 2-1) siehe im Herzen der Region Dänischer Wohld, der Landschaft zwischen Kieler Förde und Eckernförder Bucht.

Die Gemeinde Osdorf präsentiert sich heute als lebendiger, wirtschaftlicher Zentralort mit Einkaufsmöglichkeiten und vielen kommunalen Einrichtungen. Im Dorf gestalten rund 20 Vereine und Verbände ein lebendiges Dorfleben. Der größte Verein hat eine Mitgliederzahl von ca. 860 Mitgliedern.

Bei der Gemeinde Osdorf handelt es sich um eine Flächengemeinde, was bedeutet, dass die unterschiedlichen Ortsteile geografisch zum Teil weit voneinander entfernt sind. Das KfW-Förderprogramm 432 sieht vor, dass das betrachtete Quartier zusammenhängend und in sich geschlossen ist. Diese Anforderung macht es notwendig, dass für das Quartier „Borghorsterhütten“ ein separates Quartierskonzept entwickelt wird. Im Zuge einer Betrachtung der zentralen Wärmeversorgung ist bei einer späteren Umsetzung eine Angliederung an die „Kerngemeinde“ denkbar.

Die Gutsanlage, bestehend aus Herrenhaus und Nebengebäuden, bildet das Zentrum des Quartiers. Die unmittelbare Nachbarschaft – bestehend aus einem landwirtschaftlichen Betrieb, zwei Gewerbebetrieben und mehreren privaten Wohnhäusern – soll gemäß der nachfolgenden Abbildung innerhalb der Quartiersgrenze mitbetrachtet werden.

Der ehemalige Gutsbezirk, welcher das spätere Quartier darstellt, umfasst den heutigen Ortsteil Borghorsterhütten östlich der Kerngemeinde Osdorf. Das Quartier ist Luftlinie ca. 1,5 km von dem Ortskern entfernt. Die Gemeinde Osdorf liegt etwa 3 km östlich von der Gemeinde Gettorf entfernt, welche die nächst größere Ortschaft darstellt. Bis in das Oberzentrum Kiel sind es 17 km. Das Gemeindegebiet befindet sich unmittelbar östlich der B 76.



Abbildung 2-1: Das Quartier Borghorsterhütten im Gemeindegebiet Osdorf

ZIELSETZUNG

Das Ziel dieses Quartierskonzeptes ist es den Weg für ein 100 % erneuerbar versorgtes Quartier Borghorsterhütten zu ebnen. Mit der Erstellung dieses Quartierskonzeptes wird der Gemeinde Osdorf ermöglicht, auf lokaler Ebene aktiv gegen die Klimakrise und Erderwärmung vorzugehen. Es ist das Ziel, die energetische Quartiersversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien zu prüfen und gleichzeitig den energetischen Bedarf im Bestand zu optimieren und damit zu senken.

Das integrierte Quartierskonzept soll verschiedene Bausteine umfassen. Unter anderem:

- eine Ist-Analyse
- eine Potenzialanalyse
- eine Energie- und CO₂-Bilanz
- einen Maßnahmenkatalog
- eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der zu entwickelnden Sanierungsmaßnahmen
- einen mit den Einwohnern des Quartiers im Dialog durchgeführten Untersuchungsprozess

Ein Quartier, welches beinahe ausschließlich fossil heizt, birgt ein großes CO₂-Einsparpotenzial. Vor diesem Hintergrund werden die Bürgerinnen und Bürger, gewerbliche Einrichtungen sowie die Gutsanlage in eine gesamträumliche Betrachtung einbezogen, um eine bedarfsorientierte, effiziente und nachhaltige Umsetzung der Klimaschutzziele der Gemeinde zu gewährleisten. Dies soll sowohl über zentrale wie auch dezentrale Lösungsansätze geschehen.

Da die vorhandene Baustruktur enormes Potenzial zur Energieeinsparung birgt, wird der Schwerpunkt dieser Betrachtung auf die Gebäudesanierung gelegt. Mit Blick auf das Ziel der Bundesregierung einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erreichen, muss im Quartier der Startschuss für die Sanierung gegeben werden, um eine realistische Chance auf die gesetzten Ziele zu haben. Zusätzlich birgt die Förderlandschaft derzeit gute Voraussetzungen, um in diesem Bereich aktiv zu werden.

Des Weiteren sollen eine wirtschaftliche Bewertung, Gegenüberstellung von Maßnahmen und Fördermöglichkeiten aus den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energieversorgung erarbeitet werden. Die Ergebnisse sollen zur Priorisierung konkreter energetischer Sanierungsmaßnahmen für die jeweiligen Nutzungsformen und deren Versorgung herangezogen werden.

Ein weiterer Inhalt des Konzeptes ist es, Lösungen für die nachhaltige Mobilität der Gemeinde zu prüfen. Hierfür soll eine Bestandsaufnahme der im Quartier vorhandenen Situation der Mobilität stattfinden. Teil des Quartierskonzeptes soll es sein, der Bevölkerung Möglichkeiten bezüglich gemeinschaftlicher Projekte der Quartiersbewohner vorzustellen (z.B. Investition in gemeinsame Ladesäule; Carsharing Lösung unter den Bewohnern).

2.2 METHODIK UND VORGEHENSWEISE

Die Methodik folgt einem Regelkreislauf der veränderlichen Größen, wie politische Rahmenbedingungen, technologische und sozioökonomische Entwicklungen. Diese Parameter beeinflussen jedoch „nur“ den Weg und die zeitliche Abfolge von Maßnahmen jedoch nicht das Ziel der Umstellung auf erneuerbare Energieträger und ebendieser. Der Prozess der nachfolgend genannten Schritte ist Abbildung 2-2 visualisiert.

- Aufnahme von Daten und Informationen (Netzbetreiber, Schornsteinfeger, Gemeinde, etc.)
- Validierung der Daten untereinander
- Analyse der Daten in allen Sektoren und Dokumentation des Ist-Zustandes
- Erläuterung der Ergebnisse mit der Lenkungsgruppe und den Bürger_innen
- Erarbeitung der Sanierungsmaßnahmen am Gebäudebestand
- Neubewertung der Verbräuche nach Sanierung
- Formulierung von Maßnahmen
- Verfassen des Endberichtes und dessen Vorstellung

Neben der rein technischen und wirtschaftlichen Betrachtung gehen auch zahlreiche weitere Faktoren, wie zum Beispiel Bevölkerungsentwicklung, Verhaltensmuster sowie rückwirkende Einflüsse unserer Arbeit mit den Bürger_innen, in die komplexe Analyse und Prognose einer optimalen Lösung mit ein.

Um all diese Aspekte tatsächlich für eine Lösung berücksichtigen zu können, greifen wir auf Algorithmen basierende Softwarewerkzeuge zurück. Durch eine enge Zusammenarbeit mit den Entwicklern werden neue Einflussfaktoren, wie zum Beispiel Technologieentwicklung und preisliche Veränderungen in der Zukunft, stets in die Berechnung aufgenommen. Damit können wir die komplexe technoökonomische Optimierungsaufgabe für jeden Fall individuell berechnen. Die Ergebnisse sind eine Investitionsempfehlung in Erzeugungs-, Speicherungs- und Verteil-Infrastruktur sowie ein konkreter Fahrplan zur Umsetzung dieser Maßnahmen.

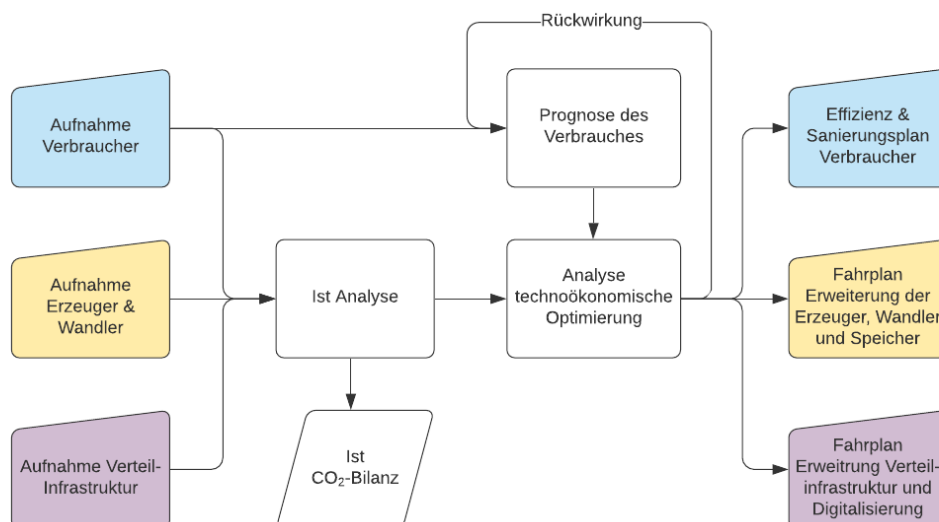


Abbildung 2-2: Prozess Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung (eigene Darstellung)

Der technische Prozess wird, wie folgend beschrieben, von einem Kommunikations- und Informationsprozess zur Einbindung und Motivation der Bürger_innen begleitet.

2.3 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND BETEILIGUNGSPROZESS

An folgenden Terminen fanden die Veranstaltungen mit der Öffentlichkeit in Borghorsterhütten statt.

Tabelle 2: Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine

1.	Auftaktveranstaltung	04.04.2023
4.	Abschlussveranstaltung	30.11.2023

Als Auftaktveranstaltung mit der Öffentlichkeit wurde am 04.04.2023 ein Informationsabend im Gutshaus veranstaltet. Hier wurde den Bewohner_innen Borghorsterhütten das Quartierskonzept nähergebracht und allgemein über das Konzept informiert. Auch erste Ergebnisse der Studie wurden präsentiert. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Auftaktveranstaltung auch die Thematik der tiefen Geothermie behandelt. Das Interesse der Bewohner_innen zeigte sich durch die für ein Quartier dieser Größe hohe Teilnehmerzahl und die gute Beteiligung.

Die Abschlussveranstaltung für das Konzept fand mit der Öffentlichkeit am 30.11.2023 erneut im Gutshaus statt. Es wurden die Mustersanierungen sowie potenzielle Szenarien für eine zentrale Wärmeversorgung vorgestellt und die angenommenen Kosten dieser erläutert. Hierbei lag das Augenmerk auf der klaren Kommunikation, dass es sich bei den Kosten um Annahmen handelt, die bei einer realen Umsetzung eines Wärmenetzes variieren können.

Umfrage

Weiterhin fand eine Umfrage während des Quartierskonzepts statt. Ziel war die Erfassung des energetischen Ist-Zustandes. Außerdem sollten Gebäudedaten, sowie die Aufteilung der Heizungen nach Energieträger und Wärmeverbrauch abgefragt werden. Die Umfrage erfolgte im gesamten Quartier und wurde über Flyer durchgeführt, die durch Lenkungsgruppenmitglieder in die Briefkästen eingeworfen wurden. Der Rücklauf ergab eine Beteiligung von ca. 36 %.

Landingpage

Auf einer eigens für Borghorsterhütten eingerichteten Landingpage können sich die Bewohnenden des Quartiers über das Konzept informieren. Die Landingpage bietet eine Plattform, auf der sich jeder Interessierte in die Thematik vertiefen konnte.

3 ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION IM QUARTIER

Im folgenden Kapitel ist die energetische Ausgangssituation des Quartiers dargestellt. Hierfür wurden verschiedene Parameter, wie der Bestand der Gebäude und Heizungstechnik, Endenergieverbrauch und -erzeugung sowie eine Energie- und CO₂-Bilanz herangezogen und ermittelt. Zudem wurde die Vorgehensweise zur Beurteilung der Daten dargestellt.

3.1 DATENQUELLEN UND DATENGÜTE

Zur Beurteilung der erhobenen Daten und zur Sicherung der Transparenz für spätere, externe Bearbeitungen wurde die Datengüte der erhobenen Energieverbrauchsdaten errechnet. Diese Vorgehensweise greift die Empfehlungen für die gute fachliche Praxis für kommunale Energiebilanzen des Institutes für Energie- und Umweltforschung (ifeu) auf. Dabei wird zwischen vier Güteklassen unterschieden. Die Güteklassen sind wiederum mit Gewichtungsfaktoren belegt, welche gemeinsam mit dem Anteil am Gesamtenergieverbrauch eine Beurteilung der Aussagekraft der erhobenen Daten zulassen. In Borghorsterhütten wurde auf Grundlage der Güteklasse A und C gearbeitet. Regionale Kenndaten sind unter anderem in die Validierung von Hochrechnungen eingeflossen. Zur Datenerhebung wurde auch mit einer Fragebogenaktion gearbeitet. Zusätzlich wurden Daten von dem lokalen Schornsteinfeger bereitgestellt.

In Tabelle 3 sind sowohl die Datengüte der jeweiligen Datenquelle für die Endenergieverbrauchsdaten für kommunale Energiebilanzen, als auch die damit einhergehenden Gewichtungsfaktoren dargestellt. Die Gewichtungsfaktoren sind der Multiplikator in der Errechnung der Gesamtdatengüte. Der Gewichtungsfaktor wird mit dem prozentualen Anteil, welcher die erhobenen Daten an der Gesamtbilanz innehat, multipliziert.

Tabelle 3: Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren

Datenquelle	Datengüte	Gewichtungsfaktor
Regionale Primärdaten	A	1
Hochrechnung regionaler Primärdaten	B	0,5
Regionale Kennwerte und Statistiken	C	0,25
Bundesweite Kennzahlen	D	0

Tabelle 4 zeigt die Bewertung der errechneten Datengüte. Diese wurde vom ifeu festgelegt, um eine Vergleichbarkeit der Qualität von Bilanzen in Quartierskonzepten zu erhalten.

Tabelle 4: *Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach IFEU-Empfehlung (Quelle: (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014))*

Prozent	Datengüte des Endergebnisses
> 80 %	Gut belastbar
> 65 % – 80 %	Belastbar
> 50 % – 65 %	Relativ belastbar
bis 50 %	Bedingt belastbar

Die errechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch in Borghorsterhütten beträgt 67 %. Aus der Berechnung der Datengüte in Tabelle 5 und der Bewertung aus Tabelle 4 geht hervor, dass die erstellte Energiebilanz hohen Qualitätsansprüchen entspricht und belastbar ist.

Tabelle 5: *Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs (eigene Darstellung nach ifeu; gerundete Werte)*

Daten	Quelle	Datengüte	Wertung Datengüte	Anteil am Endenergieverbrauch	Datengüte anteilig (Wertung x Anteil)
Stromverbrauch	Hochrechnung regionaler Primärdaten	B	0,5	13%	6,6%
Stromverbrauch	Umfrage	A	1	3,4%	3,4%
Erdgasverbrauch	Mit GIS-Daten berechnet	B	0,5	9,5%	4,7%
Heizölverbrauch	Mit GIS-Daten berechnet	B	0,5	42,7%	21,4%
Heizölverbrauch	Umfrage	A	1	31,1%	31,1%
Gesamt				100%	67%

3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDE UND HEIZUNGSBESTAND

Der Gebäudebestand ist geprägt durch die typische Bebauung im ländlichen Raum Schleswig-Holsteins. Im Quartier befinden sich 19 erfasste Gebäude. Die Betrachtung des Gebäudebestandes nach Baualtersklassen in Tabelle 6 zeigt, dass es sich bei Borghorsterhütten um ein älteres Quartier handelt. Nur ein Gebäude wurde in der Baualtersklasse 1990 oder später errichtet. Mit 53 % stammt mehr als die Hälfte der Gebäude aus den Jahren 1950 und früher.

Tabelle 6: Gebäudebestand in Borghorsterhütten nach Baualtersklassen

	1990 und später	1970-1990	1950-1970	bis 1950	gesamt
Anzahl Gebäude	1	4	4	10	19
Anteil	5 %	21 %	21 %	53 %	100 %

Der statistische Gebäudebestand des Kreises Rendsburg-Eckernförde zeigt einen geringeren Bestand in den älteren Baualtersklassen nach der Gebäudetypologie Schleswig-Holsteins (siehe Tabelle 7) auf.

Tabelle 7: Gebäudebestand im Kreis Rendsburg-Eckernförde extrahiert aus der Gebäudetypologie SH 2012

	1990 und später	1970-1990	1950-1970	bis 1950	gesamt
Anteil	19 %	29 %	25 %	27 %	100 %

Aus datenschutzrechtlichen Gründen konnten durch den Schornsteinfeger keine vollständigen Informationen über den Heizungsbestand bereitgestellt werden. Eine Darstellung des Heizungsbestandes in Borghorsterhütten allein auf Basis der Schornsteinfegerdaten ist damit nicht möglich. Ergänzend wurden Daten aus der Befragung herangezogen und die Annahme getroffen, dass aufgrund der fehlenden leitungsgebundenen Gasversorgung im Quartier die verbleibende Anzahl der Feuerungsanlagen mit Heizöl betrieben wird. Aufgrund der ergänzten Schornsteinfegerdaten kann davon ausgegangen werden, dass im Quartier Borghorsterhütten 14 Primärheizungen mit Heizöl und nur drei mit tankgebundenem Flüssiggas betrieben werden (siehe Tabelle 8). Darüber hinaus gibt es zwei Gebäude, die mit Wärmepumpen beheizt werden und ein Gebäude mit einer primären Biomassefeuerungsanlage. Für ein Gebäude wurden zwei Primärheizungen erfasst. Laut Schornsteinfeger befinden sich außerdem 24 Einzelraumfeuerungsanlagen (Kamin/Ofen) als sekundäre Wärmequelle im Quartier.

Tabelle 8: Heizungsbestand Quartier Borghorsterhütten

Heizungsart	Anlagenanzahl
Öl	14
Gas	3
Wärmepumpe	2
Biomasse	1
Holz (Ofen/Kamin)	24

3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Borghorsterhütten befinden sich 19 beheizte Gebäude. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Borghorsterhütten liegt mit 160 kWh/(m²a) über dem in der Studie *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklung und Trends in Deutschland 2021* des BMWi angegebenen deutschen Durchschnittswert von 129 kWh/(m²a) (siehe Tabelle 9). Die Differenz beträgt 31 kWh/(m²a) und damit 19 %. Um einen repräsentativen Wert für die weiteren Berechnungen zu erhalten, wurden die ermittelten Werte der jeweiligen Baualtersklassen und die erhobenen Daten zum Wärmebedarf in der angegebenen Heizperiode auf das langjährige Mittel umgerechnet. Ein Vergleich des resultierenden spezifischen Wärmebedarfs des Quartiers mit dem deutschen Mittelwert ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 9: Spezifischer Wärmebedarf - Vergleich GIS-Datenauswertung vs. deutscher Mittelwert

Datenquelle	Verbrauch in kWh/(m ² ·a)
Mittlerer spezifische Wärmebedarf private Haushalte in DE (BMWi, 2021)	129
Durchschnittswert der GIS Auswertung Borghorsterhütten	160

3.2.2 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD-SEKTOR)

In dem Quartier befindet sich ein landwirtschaftlicher Betrieb. Der Rinderhof Seyer betreibt eine Mutterkuhhaltung im Offenstall sowie einen Hofladen mit eigenen und regionalen Produkten, die als Tiefkühlware verkauft werden.



Abbildung 3-1: Rinderhof Seyer

3.2.3 GUTSANLAGE

Das Gut Borghorsterhütten ist ein Anfang des 20. Jahrhunderts erbauter Gebäudekomplex, bestehend aus Herrenhaus, Gästehaus, Holzwerkstatt und einem aus vier Wohnungen bestehenden Wohngebäude und umfasst insgesamt ca. 1.800 m² Wohn- und Nutzfläche.



Abbildung 3-2: Herrenhaus Gut Borghorsterhütten

3.3 BESTANDSAUFNAHME: ENDEENERGIEVERBRAUCH

Grundlage für die Darstellung und Optimierung des Quartiers als einheitliches Energiekonzept, also die Wärme- und Stromversorgung des Ortsteils, bilden die ermittelten Daten aus der Bestandsaufnahme für Wohngebäude (siehe Kapitel 3.2). Im folgenden Kapitel wird die Generierung der Wärme- und Stromlastgänge des Quartiers Borghorsterhütten erläutert, die sowohl für die stündlich aufgelösten Simulationen als auch für die Trassenauslegung des Wärmenetzes benötigt werden.

3.3.1 QUARTIERSLASTPROFILE WÄRME

Grundlage für das Quartierslastprofil Wärme bildet die ermittelte Wärmemenge, die jährlich im gesamten Quartier benötigt wird. Diese beträgt in Summe ca. 771 MWh/a. Eine Aufteilung in verschiedene Liegenschaften kann aufgrund der Möglichkeit zur Zuordnung zu bestimmten Liegenschaften datenschutzrechtlich nicht vorgenommen werden.

Tabelle 10: Wärmebedarf Borghorsterhütten

Liegenschaft	Wärmebedarf	Lastprofil
Wohngebäude	771 MWh/a	EFH/MFH

Über die Standardlastprofile des BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.) (BDEW, 2016) wird aus der Wärmemenge ein stündlich aufgelöster Lastgang erzeugt. Bei diesem Verfahren wird die jeweilige Umgebungstemperatur, die Temperaturen der vergangenen Tage sowie der Feiertage berücksichtigt. Darüber hinaus kann jeder Liegenschaft ein charakteristisches Lastprofil zugeordnet werden, welches das entsprechende Nutzerverhalten abbildet.

Hieraus ergibt sich für den in Tabelle 10 aufgeführten Wert der in Abbildung 3-3 dargestellte Wärmelastgang für das Quartier. Dieser Lastgang stellt den theoretischen Gesamtwärmebedarf des Quartiers Borghorsterhütten dar. Es zeigt sich, dass die Spitzenlast des Bedarfs im Quartier im Winter bei ca. 240 kW liegt.

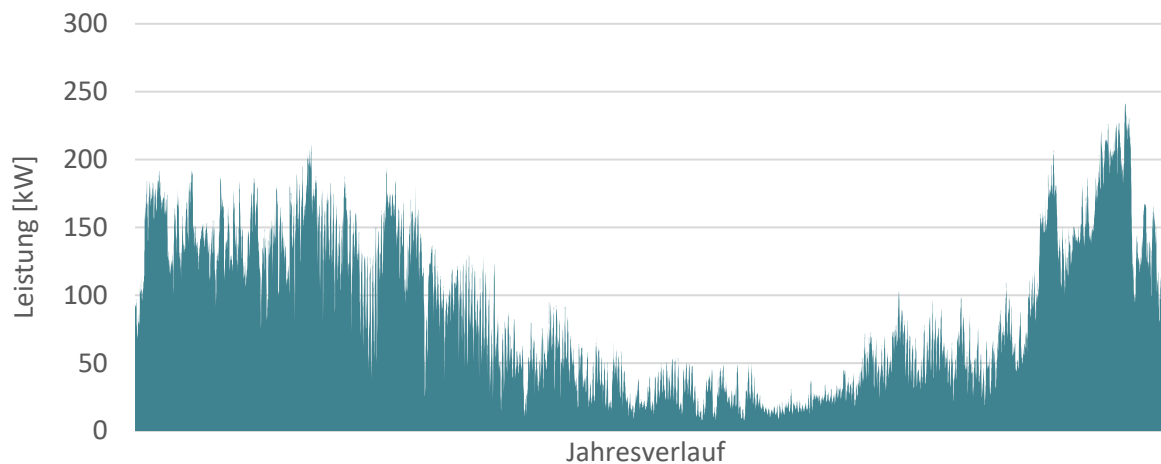


Abbildung 3-3: Wärmelastgang Borghorsterhütten

Das Quartierslastprofil Wärme stellt den Status Quo (dezentrale Wärmeversorgung) dar und beinhaltet keine Wärmeverluste einer möglichen Nahwärmeversorgung. Diese werden an anderer Stelle berechnet und müssen später zusätzlich von einer Heizzentrale bereitgestellt werden.

3.3.2 QUARTIERSLASTPROFIL STROM

Analog zum Quartierslastprofil Wärme wird das Stromprofil über die ermittelte Strommenge aus der Bestandsaufnahme in Kapitel 3.2 und die Standardlastprofile Strom des VDEW (VDEW, 1999) berechnet. Der Strombedarf Borghorsterhütten ergibt sich daraus zu ca. 143 MWh/a.

Tabelle 11: Strombedarf nach Liegenschaften

Liegenschaft	Strombedarf	Lastprofil
Wohngebäude	143 MWh/a	H0

Tabelle 11 zeigt den Strombedarf der jeweiligen Liegenschaften und die entsprechende charakteristische Lastprofilzuordnung:

- H0: Haushalt

Die Zuordnung der Lastprofile erfolgt ausschließlich in der Kategorie „Wohngebäude“. Der berechnete Stromlastgang kann Abbildung 3-4 entnommen werden. Die maximale Leistung beträgt ca. 30 kW, die minimale Leistung 5 kW.

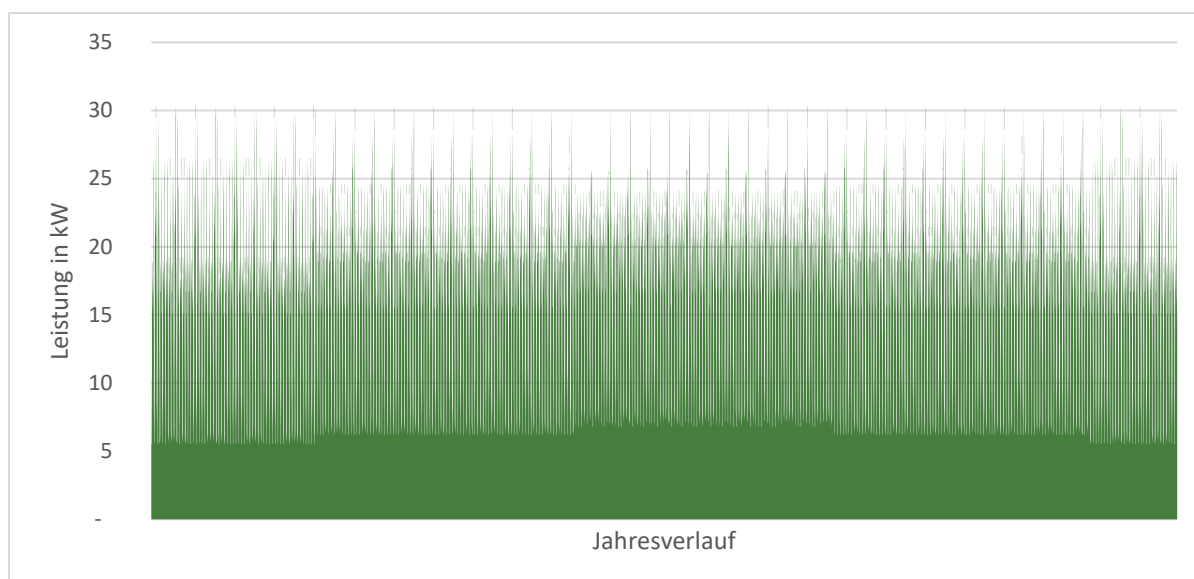


Abbildung 3-4: Stromlastgang Borghorsterhütten

3.3.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gab es zum 01. Januar 2023 in der Gemeinde Osdorf 1.750 zugelassene Personenkraftwagen, wovon sich 57 PKW im Besitz gewerblicher Halter befinden. Darüber hinaus werden 243 Krafträder und 123 Lastkraftwagen gelistet. Aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft werden zusätzlich 122 Zugmaschinen aufgeführt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022). Bei den PKW handelt es sich fast ausschließlich um Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Für den Landkreis Rendsburg-Eckernförde wird vom KBA angegeben, dass der Anteil der batterieelektrischen Fahrzeuge bei 2,4 % liegt – bei Hybridfahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybrid) sind es 3,4 %.

Im Quartier Borghorsterhütten befinden sich 19 Gebäude, von denen ca. fünf als Mehrfamilienhäuser mit teilweise mehr als zwei Parteien genutzt werden. Auf Basis der Umfrage, bei der die Nutzung von durchschnittlich zwei Fahrzeugen pro Wohneinheit angegeben wurde, ergibt sich hochgerechnet eine Gesamtzahl von ca. 50 zugelassenen Pkw. Aus der prozentualen Verteilung im Kreis Rendsburg-Eckernförde ergibt sich die in Tabelle 12 dargestellte Verteilung nach Fahrzeugtypen.

Tabelle 12: Personenkraftwagen des Quartiers Borghorsterhütten nach Brennstofftyp

Fahrzeugtyp	Anzahl	%-Anteil
Benzin	28	56,9
Diesel	18	36,6
Gas	0	0,7
Hybrid	2	3,4
Elektrisch	1	2,4

Eine Anbindung durch öffentliche Verkehrsmittel in Borghorsterhütten ist täglich zwei Mal über die Buslinie 745 möglich. Der Bahnhof in Gettorf befindet sich in einer Entfernung von ca. 5,5 km. Von hieraus besteht die Anbindung nach Kiel und Eckernförde, sowie nach Flensburg.

3.4 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

Dieser Abschnitt enthält die Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz des Quartiers. Zur besseren Veranschaulichung wurde die Energie- und CO₂-Bilanz des Quartiers in zwei Einzelbilanzen für Strom und Wärmeverbrauch aufgeteilt. Erwartungsgemäß entfällt der Großteil des Endenergieverbrauches und des CO₂-Ausstoßes auf den Wärmeverbrauch.

Tabelle 13: Vereinfachte Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz.

	Endenergie- bilanz Wärme [MWh]	Endenergie- bilanz Strom [MWh]	CO ₂ -Bilanz Wärme [t/a]	CO ₂ -Bilanz Strom [t/a]	Gesamt CO ₂ -Bilanz [t CO ₂ /a]
Borghorsterhütten 19 Gebäude	771	143	231	80	312

VERWENDETE EMISSIONSFAKTOREN

Tabelle 14: Verwendete CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg CO _{2e} /kWh]	Primärenergie- faktor
Heizöl	0,31	1,1
Flüssiggas	0,27	1,1
Strommix Deutschland	0,56	1,8

3.4.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ WÄRME

Die Energie- und CO₂-Bilanz Wärme wurde mit Hilfe von Schornsteinfegerdaten, regionalen Kennwerten und den Ergebnissen der Befragung erstellt. Durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), die vom Kreis Rendsburg-Eckernförde zur Verfügung gestellt wurden, konnte die Bilanz in einem Bereich ergänzt und in einem anderen Bereich validiert werden. Diese Daten liefern Informationen über die Grundfläche der Gebäude und deren Höhe. In der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein liegen Daten zu typischen Wärmeverbräuchen pro Quadratmeter und Jahr für die verschiedenen Baualtersklassen der Gebäude vor. Damit konnten Berechnungen für einzelne Gebäude durchgeführt werden. Zur weiteren Detailschärfung wurde mit Hilfe von Wurfsendungen eine Umfrage im Quartier durchgeführt.

Abbildung 3-5 zeigt den Wärmeetlas des Quartiers Borghorsterhütten. Hier wird der jährliche Wärmebedarf aller beheizten Gebäude des Quartiers, unterteilt in verschiedene absolute Bedarfsmengen, aufgezeigt. Dabei sind Gebäude, die einen geringen Bedarf von weniger als 15 MWh pro Jahr aufweisen, gelb markiert. Mit steigendem Bedarf entwickelt sich die Farbe über Orange zu Rot, mit einem maximalen Wärmebedarf von 65-150 MWh pro Jahr. Da hier absolute Zahlen dargestellt sind, lässt sich keine Aussage über die Effizienz der Gebäude tätigen.

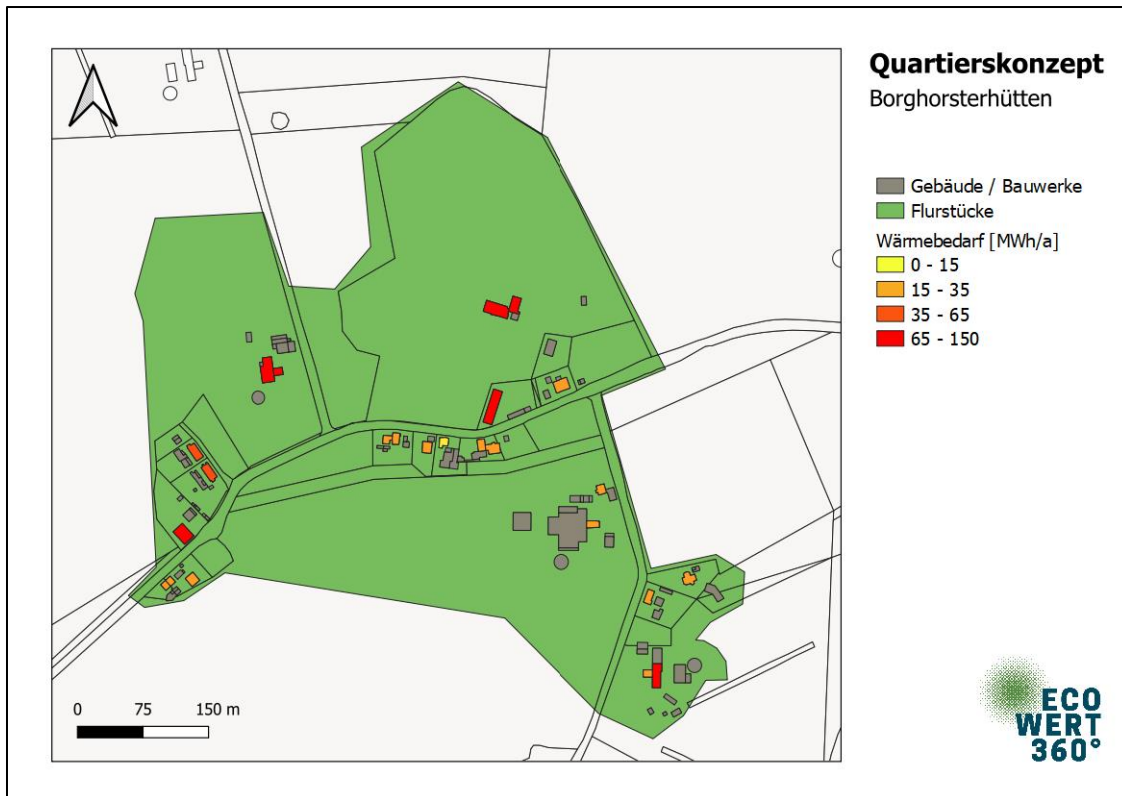


Abbildung 3-5: Wärmetlas Quartier Borghorsterhütten

Die Energie- und CO₂-Bilanz Wärme beschränkt sich auf Grund der Größe des Quartiers und aus datenschutzrechtlichen Gründen in der Analyse auf den Verbrauchstyp Wohngebäude.

Tabelle 15: Endenergiebilanz der Wärmeversorgung

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch Wärme [MWh/a]	Endenergieverbrauch Wärme [%]	CO ₂ -Emissionen [t/a]
Wohngebäude	771	100	231

Aufgrund des fehlenden Gasnetzes in Borghorsterhütten ist der Anteil der mit Flüssiggas erzeugten Wärme auf 11 % des Gesamtbedarfs beschränkt, weshalb die Wärme im Quartier fast ausschließlich (82 %) mit Öl erzeugt wird. Die restlichen 7 % werden durch Wärmepumpen mit Strom erzeugt.

Die CO₂-Bilanz verhält sich aufgrund dieser Gegebenheiten ähnlich. 85 % des gesamten Ausstoßes sind auf Heizöl zurückzuführen. Auf Gas (10 %) und den Wärmepumpenstrom (5 %) entfällt dementsprechend nur ein geringfügiger Anteil. Der Anteil von Biomasse (Kamin/Öfen) wurde bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt. Bei der energetischen Betrachtung eines Gebäudes sind Kamine und Öfen laut Gesetzgeber als optional zu verwendende Wärmeerzeuger anzusehen und nicht mit in die Wärmebereitstellung eines Gebäudes einzurechnen.

Tabelle 16: CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen

Verbrauchstyp	CO ₂ -Ausstoß		Endenergieverbrauch	
	Wärme [t CO ₂ /a]	[%]	Wärme [MWh/a]	[%]
Heizöl	196	85	633	82
Flüssiggas	22	10	81	11
Strommix	13	5	23	7
Summe	231	100	771	100

3.4.2 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ STROM

Die Stromverbrauchsdaten des Quartiers Borghorsterhütten wurden aus den Daten der Gemeinde Osdorf ermittelt, die im Rahmen des Quartierskonzeptes Osdorf vom Netzbetreiber (SH-Netz AG) zur Verfügung gestellt wurden. Hier wurden die Gesamtstromverbräuche nach Straßenzügen mit der Anzahl der darin befindlichen Abnahmestellen angegeben. Der Strombedarf im Quartier Borghorsterhütten ergibt sich aus der prozentualen Anzahl der Verbrauchsstellen, die auf den Strombedarf je Straßenzug umgelegt wurden.

Im Quartier befinden sich keine öffentlichen Liegenschaften. Auskunft von Gewerbetreibenden über ihren jeweiligen Stromverbrauch wurde nicht gegeben.

Analog zu Tabelle 15 zeigt Tabelle 17 die Endenergiebilanz der Stromversorgung. Da keine belastbaren Aussagen zu Gewerbetreibenden gemacht werden können oder datenschutzrechtliche Gründe eine Differenzierung nicht zulassen, ist auch hier eine differenzierte Darstellung nicht möglich.

Tabelle 17: *Endenergiebilanz der Stromversorgung*

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch Strom [MWh/a]	Endenergieverbrauch Strom [%]	CO ₂ -Emissionen [t/a]
Wohngebäude	143	100	80

Die im Quartier vorhandene erneuerbare Erzeugerleistung beschränkt sich auf einzelne PV-Aufdachanlagen, mit einer kumulierten Leistung von ca. 30 kW_p (vgl. Kapitel 4.1.2).

4 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE

Der Folgende Abschnitt setzt sich mit den Energie- und CO₂-Minderungspotenzialen auseinander. Unter anderem werden hier die Themenfelder Potenzial für erneuerbare Elektrische Energien, Potenzial erneuerbarer thermischer Energien und Minderungspotenzial durch die Gebäudesanierung behandelt.

4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

Dieser Abschnitt wird das vorhandene Potenzial und die entsprechenden Technologien für eine erneuerbare Strombereitstellung in Borghorsterhütten untersuchen. Diese umfassen die gängigen Energieträger für erneuerbare Stromerzeugung Wind, Photovoltaik und Biogas.

4.1.1 WIND

In Rahmen des Regionalplans werden Windvorranggebiete und Windpotenzialflächen festgelegt. Raumbedeutsame Windkraftanlagen dürfen nur in Vorranggebieten für Windenergie errichtet und erneuert werden (Ministerium für Inneres I. R.-H.). Auf Windpotenzialflächen hingegen ist eine Errichtung bzw. Erneuerung in Zukunft denkbar, jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht zugelassen.

Der Kreis Rendsburg-Eckernförde und damit der Ortsteil Borghorsterhütten wird in der Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II aufgeführt. Diese ist im Gesetz- und Verordnungsblatt vom 31. Dezember 2020 in Kraft getreten (Ministerium für Inneres I. R., 2022). Aus den Datenblättern *Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde* geht hervor, dass der Ortsteil Borghorsterhütten über keine Gebiete zur Windenergienutzung verfügt.

Eine Möglichkeit ist die Installation einer Kleinwindkraftanlage, für die lediglich eine Baugenehmigung erforderlich ist. Hierfür muss eine Standortanalyse durchgeführt werden, die die Windverhältnisse genau bewertet, mögliche Auswirkungen untersucht und eine Ertragsprognose erstellt.

4.1.2 PHOTOVOLTAIK

Die Landesregierung gibt mit dem Landesentwicklungsplan (LEP) einen Rahmen für die Entwicklung bestehender und neuer Standorte für solare Freiflächen vor. Dabei dient der LEP lediglich als Hilfestellung für Gemeinden, Kreise, Investoren und Projektentwickler. Eine Vorgabe von Eignungs- oder Vorrangflächen ist im LEP nicht vorgesehen, sondern kann über die Gemeinde geregelt werden. Dafür ist die Ausweisung von Flächen im Flächennutzungsplan sowie die Aufstellung eines Bebauungsplanes erforderlich. Die Flächen werden dabei als *Sondergebiet Photovoltaik* bzw. *Sondergebiet Solarthermie* festgesetzt (Ministeriums für Inneres, 2021).

Die Entwicklung von raumbedeutsamen solaren Freiflächenanlagen soll möglichst raum- und landschaftsverträglich erfolgen. Die nachfolgenden Flächen werden gemäß LEP als besonders geeignet bewertet (Ministeriums für Inneres, 2021):

- Bereits versiegelte Flächen
- Konversionsflächen aus z.B. gewerblich-industrieller, verkehrlicher, wohnungsbaulicher oder militärischer Nutzung
- Flächen entlang von Schienenwegen sowie Autobahnen
- Vorbelastete Flächen

Für die aufgezählten Areale ist eine Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) möglich. Die Fläche entlang von Bahnstrecken und Autobahnen ist mit der Novellierung des EEG vom 30. Juli 2022 auf eine Breite von 500 m begrenzt.

Für das Gemeindegebiet Osdorf wird aktuell ein PV-Freiflächenkonzept entwickelt. Aus diesem wird für Borghorsterhütten ersichtlich, welche Flächen im Quartier potenziell für Photovoltaik genutzt werden können.

Kleinere Photovoltaikanlagen bis 1.000 kW_p Nennleistung müssen nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen, sondern erhalten eine feste Einspeisevergütung (Anlagen bis 100 kW_p) bzw. einen anzulegenden Wert über die Direktvermarktung (ab 100 kW_p) (Ministerium für Umwelt, 2019). Abbildung 4-1 zeigt die Abhängigkeit der Vergütung von der Anlagengröße nach dem EEG.

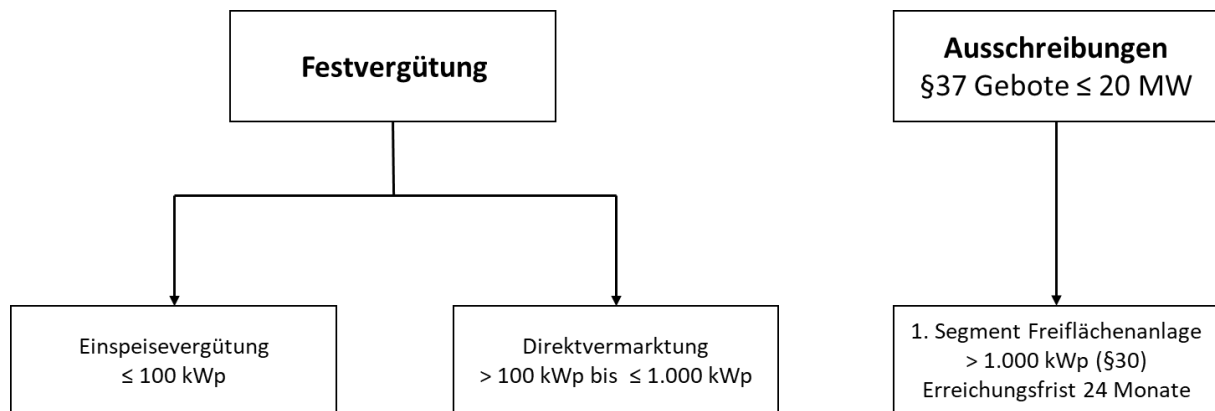


Abbildung 4-1: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022)

Einspeisevergütung: Die Vergütung für Anlagen mit Inbetriebnahme ab 01.01.2023 bis 31.01.2024 beträgt vorbehaltlich einiger Ausnahmen 7,00 ct/kWh ohne monatliche Kostendegression. Ab dem 1. Februar 2024 beträgt die halbjährliche Kostendegression 1,0 % (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022).

Direktvermarktung (auch Marktprämienmodell): Der Anlagenbetreiber erhält eine feste Vergütung (anzulegender Wert), welcher sich aus dem Marktwert und der Marktprämie zusammensetzt. Die Vergütung ist durch die zusätzlich gezahlte Managementprämie um 0,4 ct/kWh höher als die Einspeisevergütung (Bundesnetzagentur, 2023).

Ausschreibung: Die maximale Anlagengröße beträgt 20 MWp. Der bisher niedrigste mittlere Zuschlag wurde im Februar 2018 mit 4,33 ct/kWh erteilt. Der niedrigste Einzelzuschlag bis Dezember 2021 wurde im Februar 2020 mit 3,55 ct/kWh ausgegeben (Wirth, 2023).

Darüber hinaus gelten mit der Novellierung vom 30. Juli 2022 erhöhte Vergütungssätze [ct/kWh] für Photovoltaik Dachanlagen, welche im Folgenden kurz aufgeführt werden (C.A.R.M.E.N e.V., 2022):

Tabelle 18: Vergütungssätze für PV-Dachanlagen in ct/kWh

	Teileinspeisung	Volleinspeisung
Bis 10 kW _p	8,6	13,4
Bis 40 kW _p	7,5	11,3
Bis 100 kW _p	6,2	11,3
Bis 300 kW _p	6,2	9,4
Bis 1000 kW _p	6,2	8,1

In diesem Zusammenhang sind unter Teileinspeisungsanlagen solche zu verstehen, die zunächst den Eigenstrombedarf decken und ausschließlich überschüssigen Strom ins Stromnetz einspeisen. Demgegenüber sind Volleinspeisungsanlagen, die keinen Eigenverbrauch decken, sondern den gesamten erzeugten Strom direkt ins Stromnetz einspeisen. Es ist möglich eine Teil- und eine Volleinspeiseanlage auf dem Dach zu betreiben.

Für Freiflächenanlagen gilt es, eine möglichst große und zusammenhängende Fläche zu nutzen. Grund dafür sind die ansonsten aufwändige Infrastruktur und der Materialmehraufwand (Kleinertz, 2019). Abbildung 4-2 stellt die spezifischen Kosten einer Photovoltaikanlage in Abhängigkeit von der Anlagengröße dar. Anhand dieser ist zu erkennen, dass die spezifischen Kosten mit zunehmender Anlagengröße sinken.

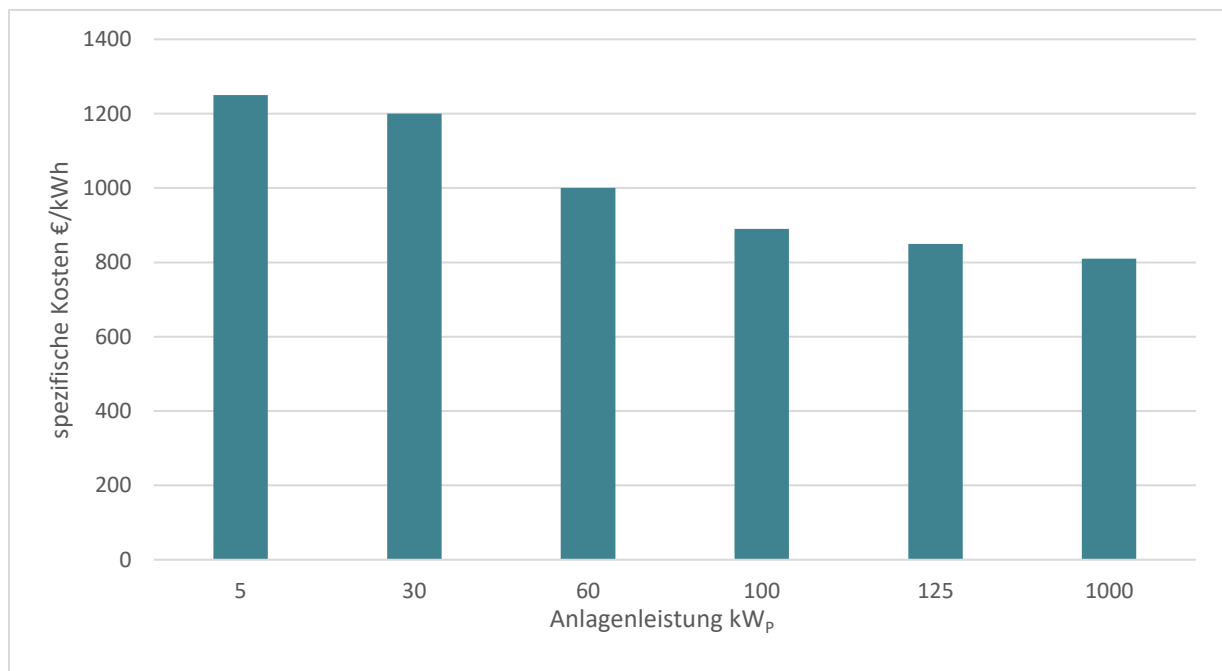


Abbildung 4-2: Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße, eigene Darstellung

Außerhalb einer festen EEG-Vergütung ist abhängig vom Standort in Deutschland ab einer Anlagengröße von 5 MW_p eine wirtschaftliche Realisierung von PV-Freiflächenanlagen möglich. Dies entspricht ungefähr einer Fläche von 6 ha (Böhm, 2022). Der Planungshorizont von Freiflächenanlagen beträgt zwei bis drei Jahre (von der Idee bis zur Inbetriebnahme).

Im Vergleich zu Windkraftanlagen haben Photovoltaikanlagen einen hohen Flächenverbrauch je kW_p installierter Leistung. Demnach ist bei Ackerflächen eine Abwägung zwischen landwirtschaftlicher und energetischer Nutzung erforderlich. Eine parallele Nutzung der Fläche ist jedoch nicht vollkommen ausgeschlossen. So kann die Fläche weiterhin als Weideland für Schafe oder zur Förderung der Biodiversität (z. B. durch Anlegen einer Blumenwiese und Installation von Nist- oder Bienenkästen) genutzt werden (Uhland, 2020). Darüber hinaus kann eine zeitgleiche Nutzung einer Fläche für Photovoltaik als auch für Landwirtschaft und Gartenbau eine Verbesserung des landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Nutzens erzielen, indem bspw. die Pflanzen durch Solarmodule gegen Witterungseinflüsse geschützt werden (BMWK, 2023).

Agri-PV ist eine von mehreren Maßnahmen, welche Inhalt der im März 2023 von Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck veröffentlichten PV-Strategie sind. Diese listet zahlreiche Maßnahmen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Ausbau von Photovoltaik auf. Mit der finalen Veröffentlichung im Mai 2023 und den darauffolgenden Gesetzespaketen ist ein Abbau von Barrieren beim Markt-, Flächen- und Netzzugang zu erwarten (BMWK, 2023).

Das Ertragspotenzial von PV-Anlagen wird über die standortspezifische Einstrahlung abgeschätzt. Für das Quartier Borghorsterhütten ist über die vergangenen Jahre eine horizontale Globalstrahlung von jährlich 950 kWh/m² ermittelt worden (Meteonorm, 2023). Dies entspricht annähernd dem Durchschnittswert von 1.000 kWh/m² für Deutschland (solarwatt, 2022).

Die Flächen außerhalb des Quartiers befinden sich überwiegend in privatem Besitz. Über Pachtung oder Erwerb dieser Flächen könnten PV-Anlagen für das Energiesystem umgesetzt werden. Für die Nutzung von Dachflächen im privaten und gewerblichen Bereich ist die jeweilige Ausrichtung und Neigung der Dachfläche zu prüfen.

Aufgrund der fehlenden Möglichkeit zur Differenzierung der Erzeugerleistung zwischen Osdorf und Borghorsterhütten im Marktstammdatenregister, wurde die im Quartier vorhandene kumulierte Leistung der PV-Aufdachanlagen über die Anzahl an Kollektorflächen abgeschätzt. Bei einer angenommenen Leistung von 350 W pro Modul ergibt sich hierdurch eine Leistung von ca. 30 kW_p.

4.1.3 BIOGAS

Biogas ist ein erneuerbarer Energieträger, der durch die anaerobe Vergärung von organischen Materialien wie Tier- und Pflanzenabfällen sowie Energiepflanzen wie Mais oder Gras gewonnen wird. Biogas kann als Brennstoff für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden und somit einen Beitrag zur CO₂-Einsparung leisten, da es eine umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen darstellt.

Ein wichtiger rechtlicher Rahmen für die Nutzung von Biogas ist das EEG. Dieses regelt die Einspeisung von Strom aus Biogas in das öffentliche Stromnetz und garantiert den Betreibern von BGA eine Vergütung für den eingespeisten Strom. Die Höhe der Vergütung wird dabei durch das EEG festgelegt und ist abhängig von der Größe und Art der Anlage sowie der eingespeisten Strommenge.

Darüber hinaus gibt es auch weitere gesetzliche Regelungen und Förderprogramme auf Bundes- und Landesebene, die den Ausbau von Biogasanlagen fördern und die Rahmenbedingungen für deren Betrieb und Nutzung verbessern sollen. So können beispielsweise Steuervergünstigungen und Zuschüsse für den Bau und Betrieb von Biogasanlagen gewährt werden.

Zusätzlich zu den gesetzlichen Rahmenbedingungen gibt es auch technische Anforderungen an Biogasanlagen, die in verschiedenen Normen und Verordnungen festgelegt sind. So müssen beispielsweise bestimmte Abgaswerte eingehalten werden und es gelten Vorschriften zur Sicherheit und zum Umweltschutz.

Insgesamt bietet die Nutzung von Biogas als erneuerbare Energiequelle ein großes Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen und technischen Anforderungen sollen dabei sicherstellen, dass die Nutzung von Biogas ökologisch sinnvoll ist.

Die Versorgung einer Energiezentrale mit Biogas kann entweder über eine Direktleitung oder ein Satelliten-BHKW geschehen. Für beide Varianten ist in der näheren Umgebung von Borghorsterhütten keine in Frage kommende Biogasanlage vorhanden.

4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

Dieser Abschnitt wird das vorhandene Potenzial und die entsprechenden Technologien für eine erneuerbare Wärmebereitstellung in Borghorsterhütten untersuchen. Diese umfassen neben verschiedenen Ansätzen der Wärmeengewinnung mittels Wärmepumpen (Luft, Abwasser, Erdwärme) auch Tiefengeothermie oder Kraft-Wärme-Kopplung mit erneuerbaren Energieträgern als Brennstoff.

4.2.1 LUFT-WÄRMPUMPE

Luft als Wärmequelle ist die am meisten genutzte Quelle für Wärmepumpen. Es handelt sich bei der Luft-Wärmepumpe um eine platzsparende Variante, die es ermöglicht, erneuerbare Energie zu nutzen. Die Effizienz der Wärmepumpe, die Leistungszahl, ist neben der Vorlauftemperatur von der Quelltemperatur abhängig. Somit erfolgt die Wärmebereitstellung der Luft-Wärmepumpe im Sommer am effizientesten. Im Winter, bei geringeren Temperaturen, sinkt entsprechend die Leistungszahl der Luft-Wärmepumpe. Dem gegenüber stehen die geringeren Investitionskosten und einfache Umsetzung der Luft-Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Varianten der Wärmepumpen. Gerade in Dänemark ist die Luft-Wärmepumpe eine zentrale und etablierte Technologie in kommunalen Wärmenetzen.

Während Wärmepumpen in Haushalten 40 % der theoretisch maximal möglichen Leistungszahl erreichen, also einen Gütegrad von 40 %, erreichen moderne Großwärmepumpen Gütegrade zwischen 65 % und 70 %. Abbildung 4-3 zeigt den Verlauf der Leistungszahl einer Großwärmepumpe für verschiedene Vorlauftemperaturen. Bei einer Vorlauftemperatur von 70°C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, werden auch bei geringen Temperaturen Leistungszahlen von ca. 3 erreicht.

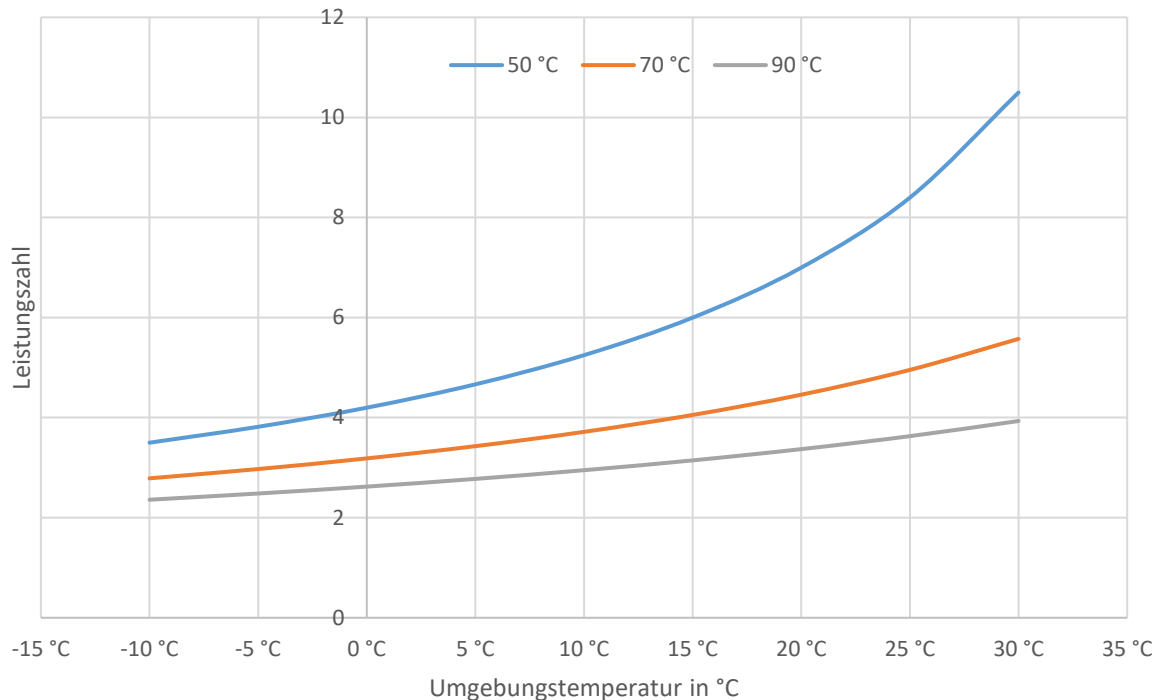


Abbildung 4-3: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur

Für die Verwendung von Luft-Wärmepumpen werden zusätzliche Rückkühlwerke benötigt. Diese können als Tischkühler oder V-Kühler ausgeführt werden. Beispielhafte Rückkühlwerke ca. 11,5 m lang und zwischen 2,25 m (Tischkühler) und 2,4 m (V-Kühler) breit. Um ein Vereisen dieser Rückkühlwerke zu verhindern, kann die Wärmepumpe gelegentlich in einen Abtaumodus wechseln. Abhängig vom Standort der Heizzentrale kann es erforderlich sein, einen Schallschutz zur Einhaltung der maximal zulässigen Schallemission vorzusehen.

4.2.2 GRUNDWASSER-WÄRMEPUMPE

Der Einsatz von Grundwasser-Wärmepumpen verbindet prinzipiell Vorteile der Luft- und Erdwärme-Wärmepumpe. Die Investitionskosten einer Grundwasser-Wärmepumpe sind, zumindest für die Verwendung von Großwärmepumpen, geringer als bei Erdwärme-Wärmepumpen. Zusätzlich arbeiten Grundwasser-Wärmepumpen im Winter mit höheren Leistungszahlen, da das Grundwasser im Winter höhere Temperaturen aufweist als die Umgebungsluft.

Bei der Verwendung von Grundwasser als Wärmequelle werden mindestens zwei Brunnen benötigt. Das Grundwasser wird zunächst über einen Entnahmekosten gefördert und über die Wärmepumpe um einige Grad Celsius abgekühlt. Anschließend wird das gekühlte Wasser in einem Schluckbrunnen wieder eingeleitet. Sowohl die zulässige Entnahmemenge an Grundwasser als auch die Position der Brunnen müssen zusätzlich geprüft werden. Bei den Brunnen ist darauf zu achten, dass sie ausreichend weit voneinander entfernt sind, um einen thermischen Kurzschluss beim Einleiten des abgekühlten Wassers zu verhindern. Zusätzlich ist die Fließrichtung des Grundwassers zu beachten.

4.2.3 ABWÄRME-WÄRMEPUMPE

Abwärme von Betrieben oder der Industrie stellt die attraktivste Wärmequelle für Wärmepumpen dar. Geringe Investitionskosten für die Erschließung dieses Potenzials sowie die tendenziell hohen Temperaturen der Abwärme sorgen für eine hohe Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage. Dieser Ansatz wird jedoch nicht weiterverfolgt, da in der Borghorsterhütten keine Wärmequellen identifiziert werden konnten, die Abwärme produzieren.

4.2.4 GEOTHERMIE

Die Nutzung von Geothermie wird in zwei verschiedene Arten eingeteilt. Bei einer Tiefe von 1,5 m bis etwa 400 m Tiefe spricht man von oberflächennaher Geothermie, während darunter von tiefer Geothermie gesprochen wird.

4.2.4.1 Oberflächennahe Geothermie

Durch die Wärmequellenanlage wird die im Boden vorhandene Wärme erschlossen. Es existieren verschiedene Systeme zur Gewinnung der Wärme. Diese werden durch einen Frostschutz/Wassergemisch, kurz Sole, durchflossen.

- Flächenkollektoren:
Unterhalb der Frostgrenze (etwa 1,5 m tief) werden Kunststoffrohre verlegt, welche etwa die 1,5- bis 2-fache Fläche der zu beheizenden Fläche einnehmen müssen. Pro kW Heizleistung werden etwa 15 m² bis 30 m² Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche darf nicht überbaut sein, da sich die Wärme im Boden über den Sommer regenerieren muss.
- Erdwärmesonden:
Sie bestehen aus paarweise gebündelten U-förmigen Kunststoffrohrschleifen. Regeneration findet über Nachströme von Energie im Untergrund statt. Die Leistung der Sonden hängt von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab, welcher in Schleswig-Holstein sehr komplex aufgebaut ist. Der Richtwert für die Leistung der Sonden liegt bei einer Sondenlänge von 100 m bei 3 bis 6 kW.
- Spiralsonden, Erdwärmekörbe und Grabenkollektoren:
Dies sind drei Sonderformen, die bei beengten Platzverhältnissen gebaut werden können. Da es sich hierbei um Nischenlösungen handelt, soll an dieser Stelle nicht weiter auf diese eingegangen werden.

Die in den verschiedenen Kollektoren gesammelte Wärme wird über eine Wärmepumpe für den Verbraucher auf nutzbare Temperaturen gebracht. Auf Grund der höheren Quelltemperatur im Winter ist die Leistungszahl einer Erdwärme-Wärmepumpe im Winter höher als bei einer Luft-Wärmepumpe.

Für die Wärmenutzungsanlage gilt als Richtwert, dass diese die Wärme auf einem möglichst geringen Temperaturniveau nutzen sollte. Heizung und Dämmungen sollten auf eine Vorlauftemperatur von 35°C ausgelegt werden. Wird mit Hilfe der Wärmepumpe auch Warmwasser bereitet, oder die Vorlauftemperatur liegt deutlich über 35°C, so steigt die Belastung der Wärmesonde und die Leistungszahl (COP - Coefficient of Performance) der Wärmepumpe ist aufgrund der höheren Temperaturen geringer. Bei einer thermischen Ausgangsleistung von 500 kW und einer Wärmepumpe mit einem COP von 3 würde ein Sondenfeld mit etwa 55 Sonden von 100 m Länge benötigt werden. Dieses Sondenfeld würde etwa 1.500 m² beanspruchen. (Richtwerte aus Geothermie 2011 LLUR)

Für eine genauere Betrachtung eines entsprechenden Erdsondenfeldes muss zunächst ein Geothermal Response Test durchgeführt werden, dieser gibt Auskunft über das tatsächlich vorliegende Potenzial zur Wärmeentnahme. Da mehrere Sonden benötigt werden, muss anschließend die Temperaturreaktion des Sondenfeldes simuliert werden. Grundlage für diese Untersuchung bildet zum einen der Geothermal Response Test und zum anderen das jeweilige Nutzerprofil (Heizlast). Um die mögliche Entzugsleistung zu erhöhen und ein Auskühlen des Bodens zu verhindern sollte der Boden regeneriert werden. Dies ist beispielsweise über Abwärme oder Kühlung im Sommer möglich. Bei entsprechenden Voraussetzungen kann, abhängig von den Investitionskosten, oberflächennahe Geothermie eine interessante Ergänzung für den Winter sein.

4.2.4.2 Tiefe Geothermie

Von tiefer Geothermie spricht man ab Bohrtiefen von mehr als 400 m. Üblich ist auch die Verwendung des Begriffes „mitteltiefe Geothermie“, welche den Bereich von 400 – 1000 m umfasst. Durch die größere Bohrtiefe lassen sich wärmeführende Schichten erschließen, welche auf einem hohen Temperaturniveau liegen.

Tiefe Geothermie wird in Deutschland bisher fast ausschließlich hydrothermal im Dubletteverfahren realisiert. Dabei werden zwei Bohrungen im Abstand von wenigen hundert Metern bis zu etwa drei Kilometern abgeteuft. Hydrothermal bedeutet, dass im Untergrund vorhandenes Thermalwasser zur Förderung genutzt wird. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit ist die petrothermale Geothermie, bei der durch Stimulationsmaßnahmen die Durchlässigkeitseigenschaften des Untergrundes künstlich verbessert werden und so die Zirkulation und Erwärmung eines eingebrachten Fluids ermöglicht wird. Über eine Förderbohrung wird das geothermisch nutzbare Reservoir erschlossen und über eine Reinjektionsbohrung wird das abgekühlte Wasser wieder in den Untergrund eingeleitet. An der Oberfläche wird dem Thermalwasser über Wärmetauscher die Wärme entzogen und an einen Sekundärkreislauf, z.B. ein Wärmenetz, abgegeben.

Die petrothermale Geothermie befindet sich derzeit noch im F&E-Stadium und wird daher nicht weiter betrachtet. Abbildung 4-4 zeigt die Verbreitung von potenziell hydrothermal nutzbaren Sandsteinschichten. Da nur weit entfernte Bohrungen aus der Erdöl- und Erdgasexploration Rückschlüsse auf die Eignung der Dogger-Sandsteine zulassen, wird das Potenzial dieser Gesteinsschichten für eine hydrothermale Nutzung vom Landesamt für Umwelt (LfU) des Landes Schleswig-Holstein als unsicher ausgewiesen.

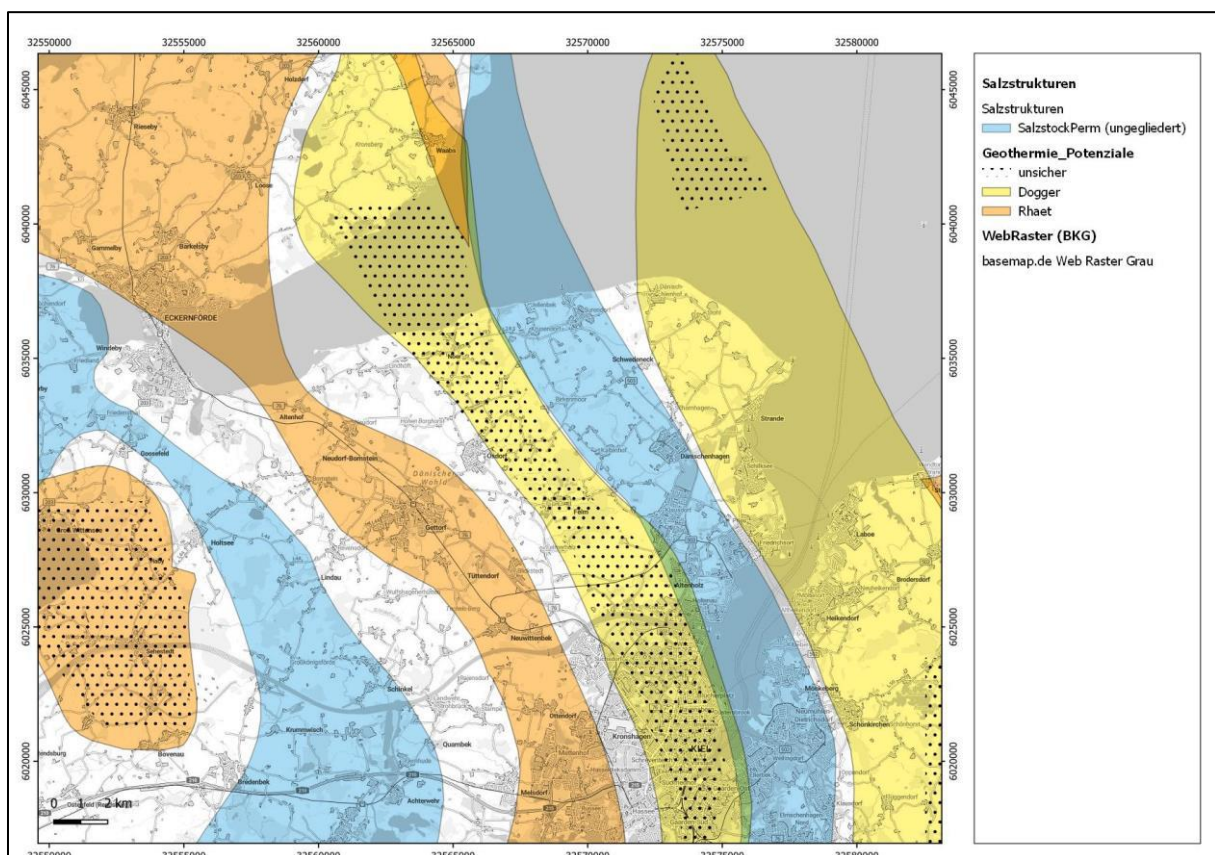


Abbildung 4-4: Verbreitung hydrogeothermisch nutzbarer Sandsteine (LfU, 2023)

Anhand der in Tabelle 19 gezeigten Parameter, lässt sich erkennen, dass die geologischen Gegebenheiten, basierend auf einer Einschätzung des LfU, den Mindestanforderungen an relevante Parameter entsprechen und somit eine hydrothermale Nutzung geothermischer Energie potenziell möglich ist (LfU, 2023). Allerdings muss die Datenlage durch weitere Untersuchungen wie z.B. einer 2D-Seismik geschärft werden. Erst anhand einer Probebohrung und entsprechenden Fördertests kann dann eine belastbarere Aussage getätigt werden.

Tabelle 19: Geologische Parameter in Borghorsterhütten und Mindestanforderungen

	Parameter in Borghorsterhütten	Mindestanforderung
Mächtigkeit	32 m	20 m
Tiefenlage	ca. 2.000 m	< 2.500 m
Porosität	28 %	25 %
Permeabilität	2485 mD	500 mD

Ein geothermisches Potenzial ist gegeben, wenn ein Sandstein eine Mächtigkeit von > 20 m, Porosität von > 20 % und eine Permeabilität von > 500 mD aufweist. Die Einheit Millidarcy (mD) wird in der tiefen Geothermie üblicherweise für die Angabe der Porosität verwendet. Ein Darcy entspricht ca. $1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$. Die Porosität und Permeabilität von Sandsteinen nehmen mit der Tiefe ab, daher beschränkt sich die hydrothermale Nutzung auf den Tiefenbereich oberhalb von 2,5 km (LfU, 2023).

4.2.5 BIOMETHAN BLOCKHEIZKRAFTWERK

Gasbetriebene Blockheizkraftwerke (BHKW) stellen eine Möglichkeit zur gleichzeitigen Bereitstellung von elektrischem Strom und Wärme dar. Grundsätzlich ist der Wirkungsgrad solcher Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen höher als bei einer getrennten Bereitstellung von Strom und Wärme. Für eine regenerative und nachhaltige Erzeugung sollte diese Anlagen, sofern die Marktlage es zulässt, mit Biomethan als Brennstoff betrieben werden. Dieser kann über eine Direktleitung von nahegelegenen Biogasanlagen (wegfallen der Netzentgelte) oder bilanziell über das Gasnetz bezogen werden.

Der Betrieb des BHKW wird anhand wirtschaftlicher Randbedingungen und zur Deckung des Wärmebedarfs optimiert. Können durch hohe Strompreise an der Börse Gewinne erzielt werden, speist das BHKW ins Netz. Die anfallende Wärme wird direkt im Wärmenetz genutzt oder in einem Wärmespeicher zwischengespeichert. Bei niedrigen Strompreisen kann das BHKW genutzt werden, um beispielsweise eine Wärmepumpe mit Eigenstrom zu versorgen.

4.2.6 BIOMASSE

Biomasse ist allgemein gefasst organische Masse, die von Lebewesen oder Pflanzen stammt. Typischerweise wird bei der Wärmeversorgung hauptsächlich Holz (Hackgut oder Pellets) unter dem Begriff Biomasse verstanden, aber andere Stoffe wie Stroh, Grünpflanzen etc. sind ebenfalls mögliche Brennstoffe für Biomasseanlagen. Holz zählt neben Wind, Wasser und Sonne zu den erneuerbaren Energieträgern und ist aus diesem Grund von CO₂-Abgaben befreit. Trotz lokaler CO₂-Emissionen, die während der Verbrennung entstehen, wird bloß jene Menge an CO₂ freigesetzt, die der Baum während seiner Wachstumsphase gebunden hat. Ebendiese Menge CO₂ würde auch beim natürlichen Zersetzungsprozess wieder an die Umwelt abgegeben.

Sofern Biomasse aus nachhaltigem Anbau oder als Abfallprodukt in Gewerben sowie der Industrie anfällt, können Biomasseanlagen eine gute Ergänzung für eine kommunale Wärmeversorgung darstellen.

4.2.7 SOLARTHERMIE

Solarthermie stellt die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in Wärme dar. In Solarthermie-Kollektoren wird ein Wasser-Glykol-Gemisch durch das einfallende Sonnenlicht erwärmt und kann so in der Wärmeversorgung genutzt werden. Wie auch bei anderen Technologien sorgen hohe Vorlauftemperaturen und niedrige Umgebungstemperaturen bei solarthermischen Anlagen für eine Reduktion des Wirkungsgrads. Gerade im Winter führt dies bei der Solarthermie zu einem sehr geringen Ertrag. Im Gegensatz zur Photovoltaik, die auch mit diffuser Einstrahlung Strom produzieren kann, benötigt die Solarthermie für den Betrieb vor allem eine direkte Sonneneinstrahlung.

Um solarthermische Anlagen in einem Wärmenetz sinnvoll nutzen zu können sollten saisonale Wärmespeicher genutzt werden. Bei der aktuellen Marktlage und den zu erwartenden Investitionen, ist die Installation einer PV-Anlage zu bevorzugen. Der produzierte Strom der PV-Anlage kann zum Betrieb einer Wärmepumpe genutzt werden. Überschussstrom im Sommer kann gewinnbringend am Strommarkt veräußert werden.

4.2.8 PHOTOVOLTAISCH-THERMISCHE KOLLEKTOREN (PVT)

Ein Photovoltaisch-Thermischer Kollektor (PVT) kombiniert Photovoltaik (PV) und Solarthermie (T) in einem Kollektor. Dieser Hybridkollektor wandelt so die Sonnenstrahlung nicht nur in Wärme oder Strom um, sondern er kombiniert die Nutzung und steigert somit die mögliche Ausbeute (Fraunhofer ISE, 2020). Dies ist möglich, da PV-Module eine andere Wellenlänge des auftretenden Sonnenlichtes nutzen als der solarthermische Teil des Kollektors. Durch den solarthermischen Teil des Kollektors, welcher auf der Rückseite des Moduls angebracht ist, wird die überschüssige Wärme nutzbringend abgeführt und die PV-Zellen können auch bei hohen Temperaturen im Sommer effizient arbeiten. Je kälter die Rückseite ist, desto höher wird der Wirkungsgrad des PV-Moduls.

PVT-Kollektoren können, abhängig von ihrer Bauweise, Wärme auf unterschiedlichen Niveaus bereitstellen. Man unterteilt diese in Niedrig-, Mittel- und Hochtemperaturanwendungen. Von Niedrigtemperaturanwendungen spricht man bis zu einer Temperatur von 50 °C. Hier kann die Wärme zur Erwärmung von Schwimmbädern oder Wärmespeichern genutzt werden. Bei geeigneter Bauweise kann auch direkt geheizt werden. Niedrige Temperaturniveaus können auch als Wärmequelle für eine Wärmepumpe dienen, entweder als Direktverdampfer oder indirekt über einen solegefüllten Wärmeübertrager. Mitteltemperaturanwendungen von PVT-Kollektoren sind die direkte Raumheizung oder Warmwasserproduktion. Hochtemperaturanwendungen mit einem Niveau über 80 °C werden genutzt, um Prozesswärme zu erzeugen. Diese wird zum Beispiel in Absorptionskühlern genutzt. (Fraunhofer ISE, 2020)

PVT-Kollektoren sind so aufgebaut, dass die auf der Rückseite der PV-Zellen angebrachten Wärmeüberträger die in den PV-Zellen entstehende Wärme über ein Kältemittel, meist eine Sole, zum Heizsystem abführen. Durch verschiedene Arten des Aufbaus der Kollektoren kann Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus bereitgestellt werden. Es wird zwischen der offenen, der abgedeckten und der konzentrierenden Bauweise unterschieden. Diese unterscheiden sich auch in der Ausbeute bei der Stromproduktion. Bei offenen Kollektoren ist auf der Rückseite des PV-Moduls ein Wärmeüberträger angebracht, welcher von der Außenluft umflossen werden kann. Diese Kollektoren stellen Wärme auf dem niedrigsten Niveau der Bauweisen bereit. Der Fokus dieser Bauweise legt den Schwerpunkt in Richtung der Stromerzeugung. Abgedeckte Kollektoren sind in ihrer Bauweise ähnlich zu klassischen Solarthermiekollektoren. Die PV-Zellen werden innerhalb der Isolierung des Kollektors auf die Absorber angebracht. Die Orientierung dieser Bauweise liegt in der Produktion von Wärme auf einem mittleren Niveau bei etwa 80 °C. Bei der konzentrierenden Bauweise werden die Sonnenstrahlen auf einen Absorber konzentriert. Durch diese Bauweise liegt der Schwerpunkt bei der Produktion von Wärme auf einem hohen Niveau von über 80 °C.

Für kleinere Anwendungen wie Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser, oder Liegenschaften wie Verwaltungsgebäude, Krankenhäuser etc. gibt es bereits Beispiele für die Anwendung von PVT-Kollektoren. Gerade da, wo auch im Sommer genügend Wärme abgenommen werden kann, hat diese Technologie ihre Konkurrenzfähigkeit gezeigt. In Kombination mit einer Wärmepumpe entstehen in diesen Fällen sehr effiziente Systeme. (TGA-Praxis, 2022)

Es gibt erste Untersuchungen zur Anwendung von PVT-Kollektoren in kalten Nahwärmenetzen. Beispielsweise wurde für ein Neubaugebiet in der Stadt Bedburg ein Konzept mit einem PVT-Feld von 4 MW_{p,el} und 3 MW_{th} vorgestellt (Solarthermalworld, 2021). Zur Einbindung von PVT-Anlagen in ein Wärmenetz mit höherer Vorlauftemperatur, welches auf Grund der Gebäudealtersklassen in Borghorsterhütten zu nutzen wäre, liegen keine aussagekräftigen Untersuchungen vor. Aus diesem Grund wird bei der Konzipierung eines Wärmenetzes auf die Untersuchung von PVT verzichtet.

4.3 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

Die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor ist einer der zentralen Aspekte zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Ca. 36 % des gesamten Endenergieverbrauchs entfällt auf den Gebäudebereich, was ihn zum größten Emittenten klimaschädlicher Gase in Deutschland macht (Umweltbundesamt, 2023). Im Folgenden wird das Potenzial zur Reduzierung dieser Emissionen in Borghorsterhütten dargestellt.

Der Gesamtenergiebedarf von Borghorsterhütten beträgt 857 MWh/a (exklusive Mobilität), wovon 83 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird. Der Gebäudebestand von Borghorsterhütten ist bezogen auf Sanierungsgrad und spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche über dem deutschen Mittel. In Deutschland werden pro m² Wohnfläche ca. 129 kWh/a benötigt (siehe Tabelle 9). Der Durchschnitt entspricht somit knapp der nach dem GEG definierten Energieeffizienzklasse E (GEG 2020, Anlage 10 zu § 86). Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch im Quartier Borghorsterhütten liegt bei 167 kWh/m².

Mit dem Blick auf das Ziel der Bundesregierung den Gebäudebestand Deutschlands bis 2050 klimaneutral abzubilden ist der deutsche Durchschnitt Stand heute zu hoch. In Tabelle 20 ist die Entwicklung von Borghorsterhütten mit Sanierungsraten von 1 %, 2 % und 5 % dargestellt. Die Sanierungsrate gibt Auskunft darüber, wie viel Prozent des Gebäudebestand Jährlich saniert wird. Aktuell wird in Deutschland mit einer Sanierungsrate von 1 % gerechnet (Ariadne-Report, 2021).

Bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von 1 % wird Borghorsterhütten eine Reduzierung von 24 % auf 588 MWh/a erreichen. Auch bei einer Sanierungsrate von 5 % wird der Gebäudesektor in Borghorsterhütten 2050 nicht Klimaneutral sein. Hierfür ist es zwingend notwendig, dass die Wärmeerzeugung regenerativ geschieht.

Die in Tabelle 20 dargestellten Zahlen beziehen sich auf die Sanierung der Gebäudehülle. Ein Wechsel der Wärmeerzeugung ist hier nicht berücksichtigt. Die Sanierungsrate gibt lediglich einen Ausblick auf den Energiebedarf.

Tabelle 20: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate

	2023	2030	2040	2050
	Sanierungsrate 1 %			
Wärmebedarf Borghorsterhütten [kWh]	771	718	650	588
Prozentuale Einsparung	0 %	7 %	16 %	24 %
CO2 Emissionen Wärme [t/a]	231	216	195	176
	Sanierungsrate 2 %			
Wärmebedarf Borghorsterhütten [kWh]	771	669	547	447
Prozentuale Einsparung	0 %	13 %	29 %	42 %
CO2 Emissionen Wärme	231	201	164	134
	Sanierungsrate 5 %			
Wärmebedarf Borghorsterhütten [kWh]	771	538	322	193
Prozentuale Einsparung	0 %	30 %	58 %	75 %
CO2 Emissionen Wärme	231	162	97	58

Zusätzlich wurde das Sanierungspotenzial nach Gebäudeclustern betrachtet. Hierbei wurde die von der EU geplante Sanierungspflicht der neuen Gebäude Richtlinien zu Grunde gelegt, welche besagt, dass bis 2033 alle Gebäude die Effizienzklasse D erreichen müssen. Von dieser Regelung wären im Quartier 13 Gebäude betroffen. Tabelle 21 zeigt eine Zusammenfassung dieser Gebäude, mit den aufsummierten Nutzflächen der jeweiligen Gebäude, den dazugehörigen aktuellen Wärmebedarfen (Spalte „Status Quo“), den entsprechenden Wärmebedarfen bei der Erreichung der Effizienzklasse D (Spalte „Zukunft“) und dem daraus resultierenden Einsparpotenzial (Spalte „Differenz/Potenzial“). Die hier erfassten Gebäude befinden sich ausschließlich in der Effizienzklasse F, mit einem spezifischen Wärmebedarf von 160 – 200 kWh_{th}/m². Mit den hier errechneten fast 620 MWh/a sind die Gebäude für mehr als 80 % des Wärmebedarfs des Quartiers verantwortlich. So ließen sich bei einer Sanierung auf den Standard der Energieeffizienzklasse D der betrachteten Gebäude fast 191 MWh/a einsparen. Dies entspricht ca. 25 % des gesamten Wärmebedarfs des Quartiers.

Tabelle 21: Zusammenfassung der Einsparpotenziale nach Effizienzklassen

Effizienz-klasse	Anzahl	Nutzfläche m ²	Status Quo	Zukunft	Differenz/Potenzial
			[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
E	0	0	0	0	0
F	13	4.024	618	427	191
G	0	0	0	0	0
Summe	13	4024	618	427	191

4.3.1 FÖRDERMÖGLICHKEITEN IM BEG

Förderung bis 31. Dezember 2023:

Die derzeitige Fassung des BEG ist in eine Grundstruktur mit drei Teilprogrammen aufgeteilt:

1. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG)
2. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG)
3. Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Seit der Novellierung der BEG vom Juli 2022 ist nur noch das BAFA für BEG EM zuständig und Komplettanierungen sowie Neubauten in den Bereichen BEG WG und BEG NWG werden nur noch von der KfW gefördert.

Was wird gefördert?

Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) sind folgende Einzelmaßnahmen in Bestandsgebäuden für Wohngebäude und Nichtwohngebäude förderfähig:

- Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle (z.B. Fassade, Fenster, Dach)
- Anlagentechnik (Einbau, Austausch oder Optimierung raumlufttechnischer Anlagen inklusive Wärme-/Kälterückgewinnung, Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik)
- Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)
- Heizungsoptimierung
- Fachplanung und Baubegleitung

Die Höhe der Förderung mit den jeweiligen Förderquoten seit dem 01.01.2023 ist in der nachstehenden Abbildung 4-5 dargestellt. Die maximal förderfähigen Kosten betragen 60.000 €/a.

Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM)							
Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	iSFP-Bonus	Heizungs-Tausch-Bonus	Wärmepumpen-Bonus*	max. Fördersatz	Fachplanung
Gebäudehülle	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	15 %	5 %			20 %	50 %
Anlagentechnik (außer Heizung)	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Kältetechnik zur Raumkühlung und Einbau energieeffizienter Innenbeleuchtungssysteme	15 %	5 %			20 %	
Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)	Solarkollektoranlagen	25 %		10 %		35 %	
	Biomasseheizungen	10 %		10 %		20 %	
	Wärmepumpen	25 %		10 %	5 %	40 %	
	Brennstoffzellenheizungen	25 %		10 %		35 %	
	Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	25 %		10 %		35 %	
Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)	Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (ohne Biomasse)	30 %				30 %	
	Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 25% Biomasse für Spitzenlast)	25 %				25 %	
	Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 75% Biomasse)	20 %				20 %	
	Anschluss an ein Gebäudenetz	25 %		10 %		35 %	
Heizungsoptimierung	Anschluss an ein Wärmenetz	30 %		10 %		40 %	
	Maßnahmen zur Optimierung bestehender Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden	15 %	5 %			20 %	

* Der Wärmepumpen-Bonus beträgt maximal 5%, auch wenn gleichzeitig die Anforderungen an die Wärmequelle und an das Kältemittel erfüllt werden.

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 2023

Abbildung 4-5: Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Quelle: BAFA

Seit dem 15.08.2022 werden keine gasverbrauchenden Anlagen mehr gefördert. Gleichzeitig wurde ein erweitertes Austauschprogramm für fossile Heizungen eingeführt (Heizungs-Tausch-Bonus). Dieser gewährt einen Zuschuss für den Austausch von funktionstüchtigen Öl-, Kohle-, und Nachtspeicherheizungen, sowie von Gasheizungen, welche länger als 20 Jahre in Betrieb sind. Hinzu kam auch der Bonus für die Inbetriebnahme einer effizienten Wärmepumpe. Hierzu zählen Grundwasser-, Erd- und Abwasserwärmepumpen. Luftwärmepumpen sind von dem Bonus ausgeschlossen, können allerdings 5 % Förderung erhalten, wenn Sie ein natürliches Kältemittel verwenden.

Ein individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) kann im Rahmen des BEG durch einen Energieberater (Energieeffizienz-Expert_innen) erstellt werden und dient dazu, einen genauen Ablaufplan für die Sanierung des Gebäudes aufstellen zu lassen. Mit dem iSFP können zudem weitere 5 Prozentpunkte bei Maßnahmen an der Gebäudehülle, Anlagentechnik und Heizungsoptimierung gefördert werden. Die Leistungen der Energieberater können dabei mit 50 % der förderfähigen Kosten bezuschusst werden.

Seit dem 01.01.2023 werden Materialkosten von Eigenleistungen mit mindestens 15 % gefördert, sofern die Einhaltung der Maßnahmen und Anforderungen der Förderrichtlinien durch einen Energieeffizienzexperten oder einen Fachunternehmer geprüft und bestätigt wurde.

Das KfW Programm 261 fördert im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude und Nichtwohngebäude Komplett-sanierungen zu Effizienzhäusern oder den Neubau von Gebäuden mit Effizienzhaus Standard. Der maximale Fördersatz beträgt dabei 45 % bezogen auf den Kredit von bis zu 150.000 € inkl. Tilgungszuschuss. Das entspricht einer effektiven Förderung von maximal 67.500 €.

Wer darf einen Antrag stellen?

Antragsberechtigt sind:

- Privatpersonen und Wohnungseigentümergeinschaften
- freiberuflich Tätige
- Kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Gemeinde- und Zweckverbände, sowie rechtlich unselbständige Eigenbetriebe von kommunalen Gebietskörperschaften, sofern diese zu Zwecken der Daseinsvorsorge handeln
- Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts, zum Beispiel Kammern oder Verbände
- gemeinnützige Organisationen einschließlich Kirchen
- Unternehmen, einschließlich Einzelunternehmer und kommunale Unternehmen
- sonstige juristische Personen des Privatrechts, einschließlich Wohnungsbaugenossenschaften

Die Antragsberechtigung gilt für Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, Grundstücksteils, Gebäudes oder Gebäudeteils, auf oder in dem die Maßnahme umgesetzt werden soll, sowie für Kontraktoren. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass Anträge vor Beginn eines Sanierungsvorhabens gestellt werden müssen und Anlagen die gesetzlich verpflichtend ausgetauscht werden müssen keine Förderung erhalten.

Förderung ab 1. Januar 2024:

Am 8. September 2023 wurde vom deutschen Bundestag die Novelle des GEG sowie Eckpunkte für eine neue Förderung des Heizungstausches beschlossen. Das oftmals als „Heizungsgesetz“ bezeichnete Gesetz bringt damit zu Beginn des Jahres einige Neuerungen. Für den Heizungstausch wird es folgende Investitionskostenzuschüsse geben:

- **Eine Grundförderung von 30% für alle Wohn- und Nichtwohngebäude**, die wie bisher allen Antragstellergruppen offensteht
- einen **einkommensabhängigen Bonus von 30%** für selbstnutzende Eigentümerinnen und Eigentümer mit bis zu 40.000 € zu versteuerndem Haushaltseinkommen pro Jahr
- sowie einen **Klima-Geschwindigkeitsbonus von 20% bis 2028 für den frühzeitigen Austausch alter fossiler Heizungen** für selbstnutzende Eigentümerinnen und Eigentümer
- Die Boni sind kumulierbar bis zu einem max. Fördersatz von 70%
- Vermieterinnen und Vermieter werden ebenfalls die Grundförderung erhalten, die sie allerdings nicht über die Miete umlegen dürfen. Hierdurch wird der Anstieg der Mieten durch energetische Sanierung gedämpft.

Die maximal förderfähigen Investitionskosten betragen 30.000 € für ein Einfamilienhaus bzw. die erste Wohneinheit in einem Mehrparteienhaus. Der maximal erhältliche Investitionskostenzuschuss für den Heizungstausch beträgt somit - bei einem Fördersatz von 70% - 21.000 €. In einem Mehrparteienhaus erhöhen sich die förderfähigen Kosten je weitere Wohneinheit. Bei Nichtwohngebäuden gelten Grenzen für die förderfähigen Kosten nach Quadratmeterzahl.

Für den Heizungsaustausch und Effizienzmaßnahmen wird außerdem ein neues zinsvergünstigtes Kreditangebot für Antragstellende bis zu einem zu versteuernden Haushaltseinkommen von 90.000 €/a erhältlich sein.

Zusätzlich zur Förderung des Heizungsaustauschs können Zuschüsse für weitere Effizienzmaßnahmen beantragt werden, wie z.B. für Dämmung der Gebäudehülle, Anlagentechnik und Heizungsoptimierung. Die Fördersätze betragen hier weiterhin 15%, plus ggf. 5% Bonus bei Vorliegen eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP). Die maximal förderfähigen Investitionskosten für Effizienzmaßnahmen liegen bei 60.000 € pro Wohneinheit, wenn ein individueller Sanierungsfahrplan vorliegt und bei 30.000 ohne Sanierungsfahrplan.

Neu dabei ist, dass die Höchstgrenzen der förderfähigen Kosten für den Heizungstausch und weitere Effizienzmaßnahmen kumulierbar sind. In der Summe gilt dann eine Höchstgrenze der förderfähigen Kosten von 90.000 €, wenn Heizungstausch und Effizienzmaßnahme durchgeführt werden. Momentan betragen die maximal förderfähigen Investitionskosten 60.000 €. Diese Summe gilt derzeit für alle durchgeführten Maßnahmen am Gebäude (Heizungstausch und weitere Effizienzmaßnahmen) innerhalb eines Kalenderjahres.

Die bisherige Zuschussförderung energetischer Sanierungsschritte in den BEG-Einzelmaßnahmen sowie das Angebot zinsvergünstigter Kredite mit Tilgungszuschuss für Komplettsanierungen auf Effizienzhaus-/gebäudeniveau bleiben erhalten. Alternativ kann auch weiterhin die Möglichkeit der steuerlichen Förderung nach Einkommenssteuerrecht in Anspruch genommen werden.

Bis zum Inkrafttreten der reformierten Förderrichtlinie gelten die aktuellen Bedingungen der Förderrichtlinie „BEG-Einzelmaßnahmen“. Ebenso gelten die Förderrichtlinien BEG-Wohngebäude und BEG-Nichtwohngebäude unverändert weiter.

Eine übersichtliche Darstellung der Förderung für den Heizungstausch in der neuen BEG ist in Abbildung 4-6 dargestellt. Die Antragstellung für Heizungsförderung läuft ab 2024 wieder über die KfW.

Grundförderung	Einkommensbonus	Geschwindigkeitsbonus
30%	(+)	30%
(+)	30%	(+)
20%		
alte fossil Heizung gegen klimafreundliche tauschen	Für Haushalte mit einem zu versteuern-dem Einkommen < 40.000 €	Austausch vor der offiziellen Wärmeplanung der Kommune (nach 2028 alle 2 Jahre 3 % weniger)
Gesamtförderung		
30%	60%	50%/70%

Abbildung 4-6: Förderübersicht Heizungstausch ab 2024

4.3.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands in Borghorsterhütten Referenzgebäude zur Mustersanierung ausgewählt. Als Anreiz zur Teilnahme und Partizipation als Referenzgebäude erhalten die Gebäude einen Energiebedarfsausweis. Die Auswahl und Verlosung erfolgte nach der Einteilung in Gebäudealtersklassen (≤ 1950 , 1950 – 1970). Die Wahl dieser Gebäudealtersklassen wurde mit Blick auf repräsentative Gebäude für das Quartier getroffen, bei denen gleichzeitig ein hohes Potenzial in der energetischen Gebäudesanierung liegt.

Für die Häuser wurden in der Theorie beispielhafte Mustersanierungen durchgeführt. Diese Sanierungen sollen das Potenzial zur Energieeinsparung verbildlichen. Anhand der einzelnen Maßnahmen können die Bewohner_innen Borghorsterhütten ein Gefühl für ökonomische und ökologische Vorteile bei möglichen Sanierungen an der eigenen Immobilie entwickeln.

Die Mustersanierungen umfassen jeweils drei Maßnahmen. Die Maßnahmen sind immer als Einzelmaßnahmen gerechnet.

4.3.2.1 Mustersanierung Baualtersklasse ≤ 1950



Abbildung 4-7: Referenzgebäude Baualtersklasse ≤ 1950

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus aus dem Jahr 1900 mit einem Anbau aus dem Jahr 1990. Die Immobilie hat einen spezifischen Endenergieverbrauch von 125 kWh/(m²a), entsprechend des GEG in der Klasse D. 2021 wurde die alte Ölheizung durch eine Wärmepumpe ersetzt. Die Wärmepumpe wird durch Solarkollektoren mit einer Fläche von 10 m² unterstützt.

Maßnahme 1 – Dämmung der obersten Geschosdecke

Mit der Dämmung der obersten Geschosdecke kann mit geringen Investitionskosten und verhältnismäßig wenig Aufwand eine Minderung des Wärmeverlustes erzielt werden. Durch das Aufbringen von Glaswolle können bei diesem Gebäude ca. 3.000 kWh/a eingespart werden.


Maßnahme 2 – Erneuerung der Fenster

Die Fenster dieses Gebäudes befinden sich zu großem Teil aus dem Jahr 1996 und noch älter. Für die Berechnung wurden die älteren Fenster separat betrachtet und mit den Kosten, sowie der Energieeinsparung der neueren Fenster zusammengefasst. Trotz der hohen Amortisationszeit von 26 Jahren kann eine Erneuerung der Fenster z.B. aus Sicherheitsgründen sinnvoll sein.

Maßnahme 3 – Wärmedämmverbundsystem

Die Wärmeverluste bei diesem Gebäude sind bei den größtenteils ungedämmten Außenwänden am höchsten. Die Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS) ist eine der effizientesten Maßnahmen für diesen Gebäudetyp, um eine Energieeinsparung zu erreichen. Trotz des verhältnismäßig großen Aufwands und den Investitionskosten ist eine außerordentlich gute Amortisationszeit im Bereich von 4 – 7 Jahren zu erwarten.

Tabelle 22: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse ≤ 1950

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	Kosteneinsparung Im ersten Jahr	Statische Amortisation	jährl. Einsparung
M1	900 €	0 €	900 €	10%	500 €/a	2	1.290 kg/a
M2	22.300 €	6.700 €	15.600 €	9%	400 €/a	26	1.150 kg/a
M3	min: 12.600 €	min: 2.500 €	min: 10.100 €	58%	2.700 €/a	min: 4	7.540 kg/a
	max: 25.100 €	max: 5.000 €	max: 20.100 €			max: 7	

4.3.2.2 Mustersanierung Baualtersklasse 1950 – 1970



Abbildung 4-8: Referenzgebäude Baualtersklasse 1950 – 1970

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Gebäude aus dem Jahr 1961 mit einem spezifischen Endenergieverbrauch von 178 kWh/(m²a) gemäß GEG in der Klasse F. Die Wärmeversorgung erfolgt über eine Ölheizung. Ein Teil der Fenster ist aus dem Jahr 1970. Bei den hier dargestellten Maßnahmen wird nur der vordere Teil des Gebäudes betrachtet.

Maßnahme 1 – Heizungsoptimierung

Die Optimierung der Heizungsanlage ist in den meisten Gebäuden sinnvoll. Diese Maßnahme betrachtet den Austausch der zweiten Heizungspumpe. Weitere vergleichbare Maßnahmen sind ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage, sowie der Einbau von digitalen Thermostaten. Diese bieten den Vorteil einstellbarer Heizzeiten (z.B. Nachtabsenkung). Außerdem können moderne Thermostate einen schnellen Temperaturabfall erkennen und somit das Heizen bei geöffneten Fenstern verhindern.


Maßnahme 2 – Erneuerung der Fenster

Vier Fenster des Gebäudes sowie eine Tür sind aus dem Baujahr 1970 und damit 43 Jahre alt. Ein typischer Austausch wird bei einem Alter von 40 – 50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von 2,8 W/(m²K) entsprechen die Fenster nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde für die Fenster der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m²K) angenommen und für die Tür ein sich aus der Förderung ergebender U-Wert von 1,3 W/(m²K).

Maßnahme 3 – Austausch der Heizung

Die bestehende Ölheizung ist zum Zeitpunkt der Berichterstellung ca. 29 Jahre alt. Mit diesem Alter kann das Ende der Lebensdauer eines Wärmeerzeugers erreicht sein. Nicht nur die steigenden Preise für fossile Brennstoffe sprechen für eine alternative Wärmeerzeugung. Auch die höhere Effizienz und die bessere CO₂-Bilanz sind gute Gründe für die Installation einer Wärmepumpe.

Tabelle 23: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1950 – 1970

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung	Kosteneinsparung im ersten Jahr	Statische Amortisation	CO ₂ -Einsparung
M1	250 €	0 €	250 €	13 % Strom	150 €/a	2 Jahre	160 kg/a
M2	11.300 €	2.200 €	9.100 €	9 % Wärme	300 €/a	22 Jahre	590 kg/a
M3	31.100 €	12.400 €	18.700 €	10 % Wärme	1.900 €/a	9 Jahre	2720 kg/a

4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNGSLSÖSUNGEN

Der folgende Abschnitt befasst sich mit verschiedenen Szenarien zur dezentralen Wärmeversorgung. Er soll eine Entscheidungshilfe für Gebäude darstellen, die nicht auf eine zentrale Wärmeversorgung zurückgreifen können bzw. wollen. Eine dezentrale Wärmeversorgung beschreibt den unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zwischen Erzeugung und dem Gebäude. Das sekundärseitige Heizungssystem bleibt bei allen beleuchteten Varianten dasselbe. Heizkörper, Rohrleitungen und Umwälzpumpen sind als Bestand anzusehen, lediglich die Erzeugung der Wärme variiert.

Der Umgang mit fossilen Heizungen wird sich in Zukunft stark verändern. Die Revision des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) sieht vor, dass ab 2045 das Heizen mit fossilen Brennstoffen nicht mehr erlaubt ist und ab 2028 keine neuen Heizungen mehr installiert werden dürfen, die nicht zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden.

ÖLHEIZUNG

In einem Öltank gelagertes Heizöl wird mittels Brenner in einem Brennraum verbrannt. Die dort entstehende Wärme wird mittels eines Wärmeüberträgers an das Heizungssystem abgegeben.

GASHEIZUNG

Erdgas, welches aus einem deutschlandweiten Verbundnetz entnommen wird, wird über eine Verbrennungseinrichtung verbrannt. Die entstehende Wärme wird an das Heizungssystem abgegeben. Die Verbrennung verläuft deutlich sauberer als bei einer Ölheizung, dennoch werden auch hier CO₂-Emissionen freigesetzt.

HOLZPELLETKESEL

Die Holzpellets werden in einem, sich in der Nähe der Heizungsanlage befindlichen, Vorratstank gelagert. Von dort aus werden sie meist automatisch zur Verbrennung geleitet. Die Verbrennung findet sehr sauber statt, es fällt verhältnismäßig wenig Asche an. Dennoch bindet dieses System viel Fläche, neben der Heizungsanlage und den Vorrat für die Pellets ist für das Betreiben ein Pufferspeicher unabdingbar. Auch der Flächenaufwand für den Anbau von Bäumen ist nicht außer Acht zu lassen. Ebenfalls wird durch das Verbrennen von Holz in kurzer Zeit CO₂ frei, welches der Baum über mehrere Jahrzehnte gebunden hat. Diese starke zeitliche Ungleichverteilung hat zur Folge, dass trotz des theoretisch neutralen CO₂-Kreislaufs die Bilanz negativ ist.

HACKSCHNITZELKESEL

Eine identische Anwendung zum Holzpelletkessel. Es werden statt Pellets Holzhackschnitzel verbrannt. Ein Vorrat und ein Pufferspeicher werden ebenfalls benötigt.

WÄRMEPUMPE

Hierbei wird der Umwelt (Erde, Luft oder Wasser) Wärme entzogen, welche ein Kältemittel verdampft. Durch die anschließende elektrisch angetriebene Komprimierung des Kältemittels steigt die Temperatur auf ein im Heizungssystem benötigtes Niveau. Nach Abgabe der Wärme an das Heizungssystem wird das Kältemittel entspannt und der Prozess beginnt von vorne. Der Energiebedarf des Prozesses wird mit Strom gedeckt. Um hohe Stromkosten zu vermeiden ist eine Kombination mit Photovoltaik anzustreben.

SOLARTHERMIE

Solarthermieranlagen werden typischerweise auf Gebäudedächern installiert. Die Sonnenstrahlung trifft auf eine Absorberfläche, die die Wärme an in Schlangen gelegte Rohrleitungen innerhalb des Kollektors abgibt. Die Wärme wird mittels Wärmeträgermedium zum Heizungssystem geführt. Die Wärme kann zur Brauchwasserbereitung, aber auch zur Heizungsunterstützung genutzt werden. Im ersten Fall ist dafür ein Warmwasserspeicher mit Anschlüssen für das Solarsystem notwendig. Zur Heizungsunterstützung muss hingegen noch ein zusätzlicher Pufferspeicher in das System eingebaut werden. Generell dient Solarthermie nur zur Unterstützung und kann nicht allein den kompletten Wärmebedarf über das Jahr decken. Saisonale Schwankungen sind hier eines der ausschlaggebenden Kriterien.

PHOTOVOLTAIK IN KOMBINATION MIT HEIZSTAB

Als Pendant zur Solarthermie ist auch die Einbindung einer Photovoltaikanlage mit Heizstab in das Heizsystem möglich. Im Vergleich zur Solarthermie wird kein Trägermedium benötigt, Komponenten wie Solarpumpe, Sicherheitseinrichtungen etc. entfallen. Dennoch benötigt ein solches System ein möglichst intelligentes Einspeisemanagement, um einerseits keinen Netzstrom für den Heizstab zu nutzen und andererseits bei Sonneneinstrahlung immer den Heizstab gegenüber der Netzeinspeisung zu bevorzugen. Auch dieses System dient wie die Solarthermie lediglich der Unterstützung.

BRENNSTOFFZELLEN

Anders als bei den eben genannten Technologien entsteht bei einer Brennstoffzelle zusätzlich zur Wärme auch noch Strom als Ausgangsprodukt. Hier reagiert kontrolliert Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser. Bei der Reaktion wird Energie frei, welche als Strom aus dem System auskoppeln werden kann. Zusätzlich entsteht bei der Reaktion Wärme, die für das Heizungssystem genutzt wird. Der Wasserstoff kann mittels in den Kompaktanlagen verbauten Reformern aus Erdgas gewonnen werden. Bei Angebot von grünem Wasserstoff, welcher mittels erneuerbarer Energien erzeugt wurde, kann auch dieser genutzt werden. Somit wäre dann der Betrieb auch als klimaneutral zu betrachten. Dennoch ist durch sehr hohe Investitionskosten und wechselnde Bedingungen der Haushalte und Gebäude eine Amortisation nicht immer möglich.

Die Kosten dieser individuellen Heizungssysteme stellen eine Grenze für die Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes dar, schließlich soll über ein Wärmenetz nicht nur effizienter – aus energetischer Sicht – Wärme bereitgestellt werden, sondern vor allem ein wirtschaftlicher Vorteil gegenüber individuellen Lösungen angeboten werden. Um bestimmen zu können, unter welchen Umständen die Umsetzung eines Wärmenetzes in dem Quartier Borghorsterhütten sinnvoll ist, muss zunächst gezeigt werden, welche Vollkosten zu unterschreiten sind. Dazu ist zunächst ein Vollkostenvergleich der gängigsten Heizungssysteme für ein typisches Eigenheim durchgeführt worden.

In diesem Vergleich wird davon ausgegangen, dass eine bestehende Heizung in einem Bestandsgebäude mit einem Wärmebedarf von 22.500 kWh/a durch eine neue mit Biogas betriebene Gasheizung oder alternative Heizsysteme ausgetauscht wird. Abbildung 4-9 zeigt die gerechneten Varianten und die entsprechenden Vollkosten. Unter den getroffenen Annahmen (siehe Tabelle 24) ist die Pelletheizung die unwirtschaftlichste Lösung über die nächsten 20 Jahren, was durch die einerseits hohen Brennstoffkosten, andererseits auch durch die hohen Aufwendungen in der Wartung, Inspektion und Instandsetzung zu erklären ist. Hinzu kommt, dass Pellets aus Sägespänen hergestellt werden, welche in Sägewerken anfallen. Sind diese nicht verfügbar, muss auf die unwirtschaftliche Produktion aus Bäumen zurückgegriffen werden. Die höchsten Investitionskosten hat die Variante Wärmepumpe + PV + Batterie. Allerdings ist die Rechnung hier zu 100 % auf den Wärmebedarf bezogen

worden – tatsächlich gibt es durch die PV-Anlage zusätzliche Einsparungen bei den regulären Stromkosten, was die Installation einer PV-Anlage unabhängig von dem Gebrauch einer Wärmepumpe interessant macht. Der Betrieb einer Gasheizung mit Biogas kann eine sinnvolle Lösung darstellen. Allerdings muss bei Inkrafttreten des GEG der dauerhafte Bezug von mindestens 65 % grüner Gase vertraglich über ein Nachweissystem sichergestellt sein. Da zukünftig mit einer hohen Nachfrage zu rechnen ist, muss auch mit erheblichen Preissteigerungen gerechnet werden (BMKW, 2022). Die Wärmepumpe ist mit Vollkosten von 19,38 ct/kWh die günstigste Alternative. Dies sind die Vollkosten, mit denen ein mögliches Wärmenetz in den folgenden Betrachtungen verglichen wird. Es sei aber noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den errechneten Vollkosten lediglich um eine Indikation/Trend für einzelne Lösungen handelt. Ein genauer und entsprechend richtiger Vollkostenvergleich kann ausschließlich individuell für einzelne Gebäude mit aktuellen Angeboten durchgeführt werden.

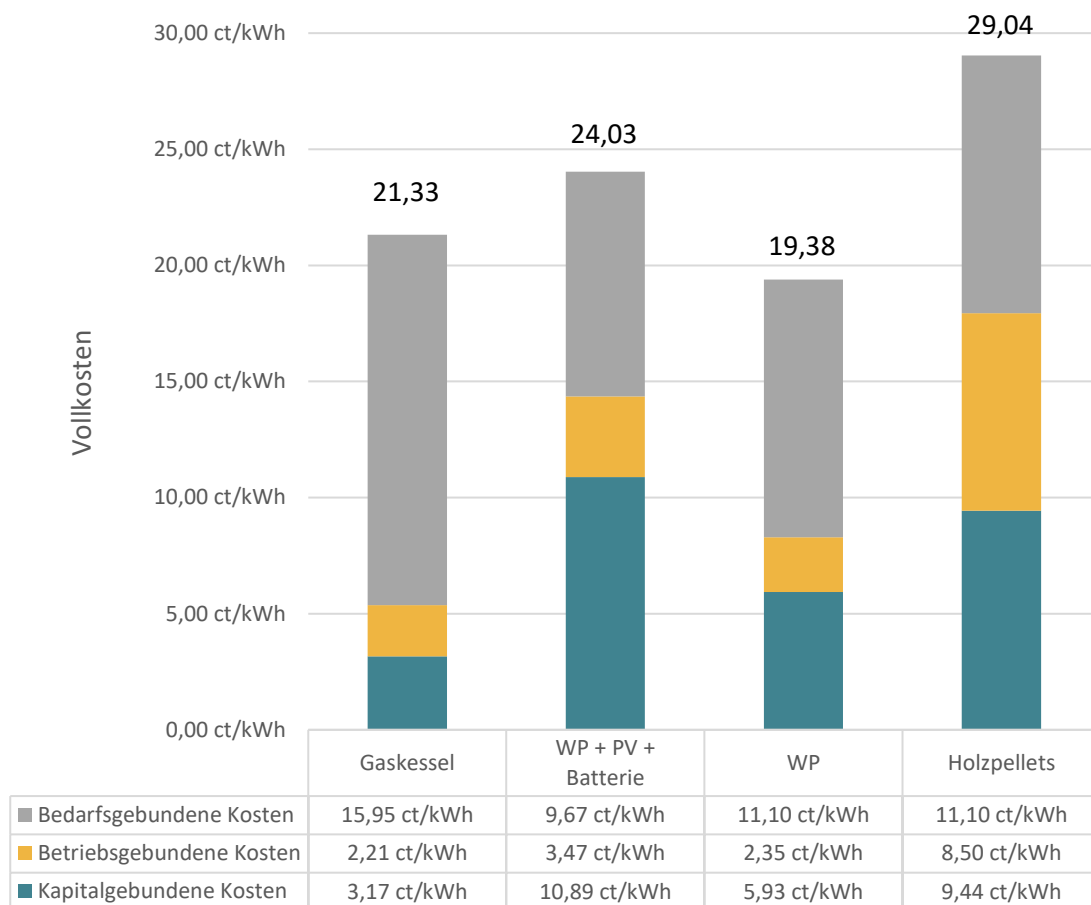


Abbildung 4-9: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Die in Tabelle 24 getroffenen Annahmen beruhen sowohl auf eigenen Annahmen als auch auf Werten vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021) und des C.A.R.M.E.N e. V. (C.A.R.M.E.N e.V., 2022). Es wurden die Preisbremsen für die verschiedenen Anwendungsfälle angenommen. Die Kosten für Wärmepumpen orientieren sich an aktuellen Preisen. Wie sich das von der EU geplante Verbot von Kältemitteln auf diese auswirken wird ist nicht abschätzbar und findet deshalb keine Berücksichtigung.

Hinweis: Bei der Berechnung der Vollkosten wurden die bis Ende 2023 gültigen Förderungen durch die BEG und der Zuschuss im Rahmen der Förderung nicht-fossiler Heizsysteme des Landes Schleswig-Holstein mitberücksichtigt. Information zu der aktuellen BEG-Förderung sowie den entsprechenden Förderquoten sind in Kapitel 4.3.1 zu entnehmen.

Tabelle 24: Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Bezeichnung	Wert
Wärmebedarf	22.500 kWh
Laufzeit	20 a
Zinssatz	2,5 %
Inflation	3,5 %
Gaskessel	10.000 €
Luft Wärmepumpe	30.000 €
Photovoltaik	14.600 €
Batterie	5.475 €
Holz Pelletkessel	30.000 €
Wärmespeicher	1.500 €
Biogas	12 ct/kWh
Netzstrom	40 ct/kWh
WP-Strom	28 ct/kWh
Holzpellets	8 ct/kWh

Bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen werden alle Einzellösungen mit einem Ölkessel verglichen, da dieses Heizsystem im Bestand am häufigsten eingesetzt wird. Die Ergebnisse dieses CO₂-Vergleichs sind in Tabelle 25 dargestellt. Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen anzusetzenden spezifischen CO₂-Emissionen des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, 2022) die Emissionen der Wärmepumpe mit 4.666 kg die geringste Einsparung von ca. 44 % gegenüber dem Gaskessel aufweisen. Beim Einsatz von Biomethan reduziert sich dieser Wert um ca. 55 % auf 3.500 kg/a. Die CO₂-Emissionen der Wärmepumpe können durch den Einsatz der PV-Anlage auf 3.658 kg/a reduziert werden. Die geringsten CO₂-Emissionen werden jedoch mit 500 kg/a von der Pelletheizung verursacht, sofern es sich um nachhaltig produzierte Pellets handelt.

Tabelle 25: Vergleich der CO₂-Emissionen der individuellen Lösungen

Technologie Energieträger	Gaskessel		Wärmepumpe		Pelletkessel
	Heizöl (Referenz)	Biomethan	Netzstrom	Netzstrom (mit PV)	Holz
spezifische CO ₂ -Emission	310 g/kWh	140 g/kWh	560 g/kWh	560 g/kWh	20 g/kWh
benötigte Energie	25.000 kWh	25.000 kWh	8.333 kWh	6.532 kWh	25.000 kWh
CO ₂ -Emission	7.750 kg	3.500 kg	4.666 kg	3.658 kg	500 kg
rel. Änderung zur Referenz	0%	55%	40%	53%	94%

Auf den Punkt.

- Unter Betrachtung der Aspekte Ökologie, Technologie und Wirtschaftlichkeit ist die beste Lösung zur dezentralen Wärmeversorgung die Wärmepumpe (besonders in Kombination mit Photovoltaik)
- Power-to-heat mit Photovoltaik und Solarthermie können sinnvolle Ergänzungen sein.
- Ölheizungen stellen durch das kommende Verbot keine Option dar
- Gasheizungen sind nur begrenzt für die Neuanschaffung geeignet
- Allgemein kann die Wärmepumpe auch für Bestandsgebäude eine sinnvolle Lösung sein. Als Orientierungswert sollte ab einem spezifischen Wärmebedarf von über 150 kWh/m² eine energetische Sanierungsmaßnahme vorrangig in Betracht gezogen werden
- Die Eignung einer Wärmepumpe muss im Einzelnen geprüft werden, da eine starke Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie z.B. der Vorlauftemperatur im Heizkreislauf und den vorhandenen Heizkörpern ist

4.5 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

Bei einer zentralen Wärmeversorgung für Borghorsterhütten wird die benötigte Wärme für das Heizen oder Warmwasser in einer Heizzentrale (Heizwerk) bereitgestellt. Dieses verteilt die Wärme über ein Fern- bzw. Nahwärmenetz. Die Anwohnerschaft benötigt bei einem Anschluss an ein Wärmenetz keine eigenen Heizanlagen mehr. Die alten Wärmeerzeugungsanlagen werden durch einen Wärmetauscher ersetzt, welcher die Übergabe der Wärme aus dem Netz an das Gebäude regelt. Der folgende Abschnitt wird zeigen, unter welchen Umständen ein Wärmenetz in Borghorsterhütten umgesetzt werden kann und mit welchen Kosten dies verbunden wäre.

4.5.1 WÄRMENETZ

Als möglicher Standort für die Heizzentrale wurde ein zentral gelegener Ort im Quartier gewählt. Hierbei handelt es sich allerdings bloß um einen Vorschlag, die Erschließung eines finalen Standorts muss während einer möglichen Umsetzung erfolgen. Abbildung 4-10 zeigt den Verlauf der Wärmeleitungen.

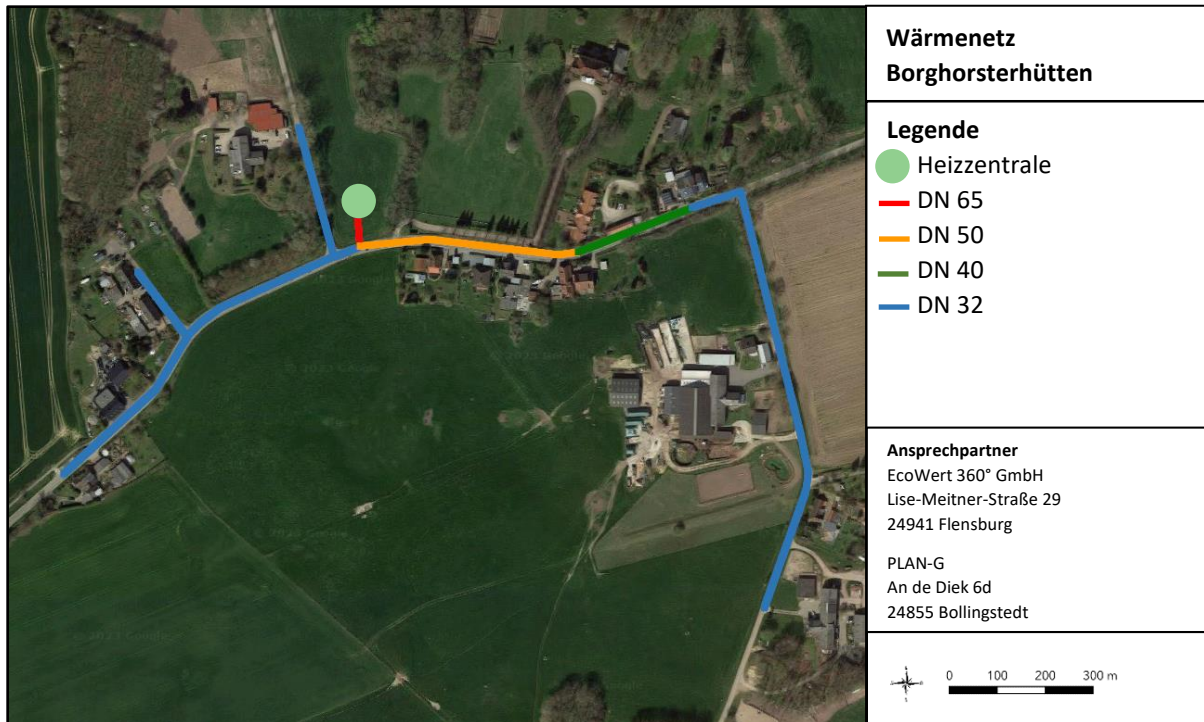


Abbildung 4-10: Dimensionierung eines Wärmenetzes im Quartier Borghorsterhütten

Im finalen Ausbau wird die Haupttrasse ca. 1,1 km lang sein. Im Schnitt kann mit ca. 20 m zusätzlicher Leitung für jeden Hausanschluss gerechnet werden. Dabei ist die Dimension des Hausanschlusses von dem Wärmebedarf der Liegenschaft abhängig.

Ein Wärmenetz dieser Länge wird bei Vorlauftemperaturen zwischen 80 °C und 90 °C Wärmeverluste von ca. 131 MWh/a aufweisen, was bei einer Anschlussquote von 100 % Wärmeverlusten in Höhe von 15 % des Wärmeabsatzes entspricht.

Grundsätzlich ist ein Fernwärmenetz immer dann interessant und wirtschaftlich, wenn auf möglichst kurzer Strecke viel Wärme geliefert werden kann – entweder durch große Wärmesenken oder eine hohe Anschlussquote. Diese Größe wird als Wärmelinien-dichte kWh/(m·a) bezeichnet und gibt die gelieferte Wärme über der Trassenlänge in Meter pro Jahr an. Als grober Faustwert gilt, dass ein Wärmenetz ab einer Liniendichte von 500 kWh/(m·a) wirtschaftlich interessant wird (Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH, 2016). Um ein Wärmenetz langfristig wirtschaftlich zu betreiben ist jedoch ein deutlich größerer Wert notwendig. Tabelle 26 zeigt die Abhängigkeit der Liniendichte bei unterschiedlichen Anschlussquoten.

Die genannten 500 kWh/(m·a) werden bei einer Anschlussquote von etwas über 70 % erreicht. In den folgenden Kapiteln werden die Vollkosten eines Wärmenetzes und für den Vergleich zu den individuellen Lösungen genauer untersucht.

Tabelle 26: Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote

Anschlussquote	Liniendichte [kWh/(m·a)]
25 %	172
50 %	345
75 %	517
100 %	690

4.5.2 ERZEUGUNGSKONZEPTE

In Abschnitt 4.2 sind bereits verschiedene Anlagen vorgestellt worden, die bei einer nachhaltigen Wärmeversorgung zum Einsatz kommen können. Aus diesem Konglomerat verschiedener Technologien sind auf Grund ihrer Vor- und Nachteile sowie örtlicher Gegebenheiten drei Erzeugungskonzepte für das Quartier Borghorsterhütten entwickelt worden. Diese werden an dieser Stelle vorgestellt und besprochen.

SZENARIO 1: BRENNSTOFFFREI

Dieses Konzept zielt darauf ab in Zukunft keine fossilen Brennstoffe zur Wärmeversorgung zu nutzen. Hauptsächlich wird die Wärme über eine Großwärmepumpe bereitgestellt, welche Umgebungsluft als Wärmequelle nutzt. Grundsätzlich wären auch andere Wärmequellen möglich, die auch ergänzend genutzt werden können, aber wie bereits in Abschnitt 4.2.4.1 beschrieben, ist die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme über Sonden oder Kollektoren mit höheren Investitionskosten verbunden und eine genauere Betrachtung erst nach der Durchführung eines Geothermal Response Test und einer anschließenden Simulation des Sondenfeldes möglich. Somit ist die Wahl für folgende Betrachtungen zunächst auf die Luft-Wärmepumpe gefallen.

In Abbildung 4-11 wird das brennstofffreie Konzept in Form einer Konzeptskizze dargestellt. Regenerative Stromquellen wie Photovoltaik oder Windkraft liefern nachhaltigen Strom für den Betrieb der Wärmepumpe. Befinden sich die Anlagen innerhalb einer Wärmegesellschaft kann überschüssiger Strom zusätzlich am Strommarkt verkauft werden – durch diese Erlöse wird der Wärmepreis weiter reduziert. In dieser Betrachtung wurde für den Betrieb der Wärmepumpen von einem Strombezug aus einer internen Photovoltaik- oder Kleinwindkraftanlage ausgegangen. Hierfür wurden an den Bedarf angepasste Leistungsklassen gewählt, die Investitionskosten berücksichtigt und ein Vergleich der beiden Lösungen vorgenommen. Zur Sicherheit ist ein Spitzenlast-Gaskessel sowie eine weitere Power-to-Heat-Anlage (Heizstab oder Elektrodenheizkessel) als Redundanz vorgesehen. Um auch in solch einem Fall klimaneutral heizen zu können, kann hier in Zukunft auf Biomethan oder andere E-Fuels zurückgegriffen werden. Typischerweise lässt sich das brennstofffreie Konzept wirtschaftlich nicht ohne regenerative Stromquellen oder die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) umsetzen.

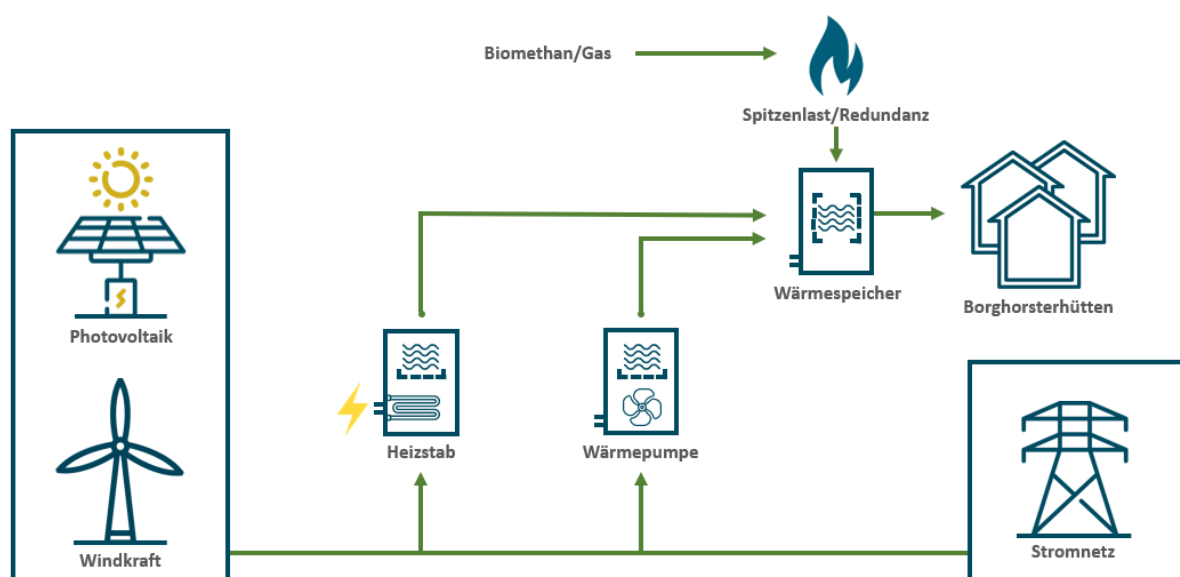


Abbildung 4-11: Konzeptskizze Szenario 1 brennstofffrei

Der Vorteil des brennstofffreien Konzepts ist, dass das Quartier in der Wärmeversorgung unabhängig von fossilen Energieträgern wird. Die Volatilität der Wind- oder PV-Stromproduktion wird über einen Wärmespeicher ausgeglichen, in welchem zu technisch günstigen Zeitpunkten Wärme zwischengespeichert wird. Gerade im skandinavischen Raum sind solche Systeme bereits Stand der Technik und werden in großen Wärmenetzen eingesetzt. In Dänemark sind bereits 75 Projekte mit Groß-Luftwärmepumpen umgesetzt, die insgesamt über eine thermische Leistung von 285 MW verfügen. Die verwendeten Luftwärmepumpen weisen eine thermische Leistung von bis zu 17 MW auf. (HEATPUMPDATA, 2022)

Abbildung 4-12 zeigt den Aufbau einer Heizzentrale basierend auf einer Großwärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 2,5 MW. Zu erkennen sind zentral im Bild die benötigten Rückkühlwerke, welche die Umgebungsluft für den Betrieb der Wärmepumpe ansaugen und kühlen. Rechts neben den Rückkühlwerken ist ein thermischer Speicher zu erkennen. Das Gebäude links im Bild ist das Heizhaus, welches die Wärmepumpe beinhaltet – hier wären auch, abhängig von der Wärmepumpe, schlankere Container-Lösungen denkbar.



Abbildung 4-12: Heizzentrale eines wärmepumpenbasierten Wärmenetzes (Aalborg CSP, 2022)

SZENARIO 2: HOLZHACKSCHNITZEL

Bei dieser Variante wird die Wärme durch die Verbrennung von Holzhackschnitzeln bereitgestellt. Die Anlagengröße ist maßgeblich für die Qualitätsanforderungen an die Hackschnitzel. Diese können aus minderwertigem Holz gewonnen werden, welches z.B. als Schnittgut bei Landschaftspflegemaßnahmen anfällt und nicht zu höherwertigen Produkten weiterverarbeitet werden kann. Eine Nutzung ist diesbezüglich nicht nur ökonomisch durch die niedrigen Preise, sondern auch ökologisch sinnvoll. Vergleichbar mit Biogas ist auch eine gezielte Anpflanzung schnell wachsender Bäume zur Brennstoffproduktion möglich.

Abbildung 4-13 zeigt wie bei dieser Variante die Wärme bereitgestellt wird. Das Konzept beinhaltet neben dem Wärmespeicher die Hackschnitzelanlage und einen Gaskessel für Spitzenlast und Redundanz.

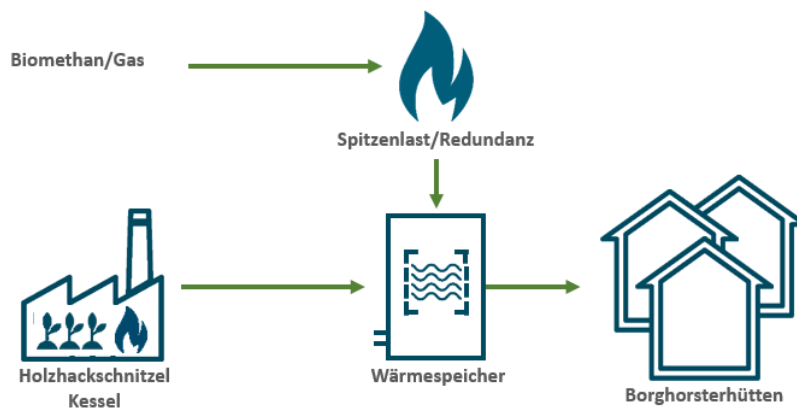


Abbildung 4-13: Konzeptskizze Szenario 2 Holzhackschnitzel

Nachteilig bei diesem Anlagenkonzept ist die Abhängigkeit von der Brennstoffverfügbarkeit und die Lagerung der Hackschnitzel. Neben dem verhältnismäßig großen Lagervolumen ist für die längere Aufbewahrung der Feuchtigkeitsanteil entscheidend. Bei einem Wassergehalt über 30 % müssen die Hackschnitzel wegen potenzieller Schimmelbildung getrocknet werden. Für dieses Szenario wird mit einem Preis für bereits getrocknete Hackschnitzel gerechnet.

SZENARIO 3: WÄRMEPUMPE + BLOCKHEIZKRAFTWERK

Die Darstellung dieses Szenarios begründet sich in der potenziell nicht gegebenen Verfügbarkeit erneuerbarer Energien zur Versorgung der Wärmepumpen. Die benötigten Strommengen ausschließlich aus dem öffentlichen Netz zu beziehen, wäre mit erheblichen Kosten verbunden, weshalb die Installation eines Blockheizkraftwerkes zur Eigenversorgung geprüft wird. Dieses speist neben Strom auch Wärme in das Netz ein. Die folgende Abbildung zeigt den konzeptionellen Aufbau des Szenarios. Der restliche Strombedarf der Wärmepumpen, der nicht durch das BHKW bereitgestellt wird, muss aus dem Netz bezogen werden. Als Redundanz und zur Spitzenlastabdeckung ist ein Gaskessel vorgesehen.

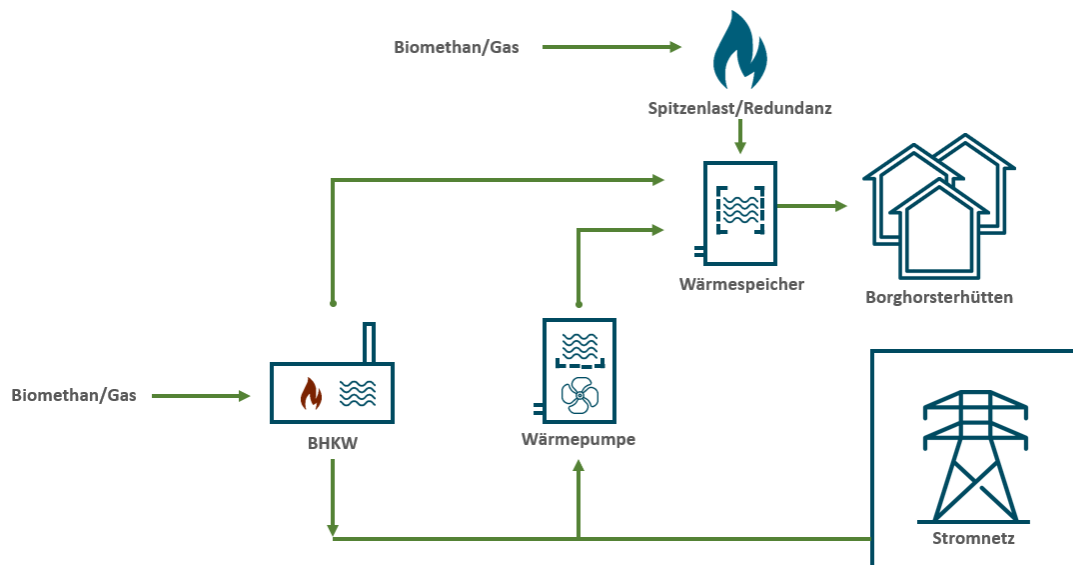


Abbildung 4-14: Konzeptionszeichnung Szenario 4 Blockheizkraftwerk + Wärmepumpe

Der Vorteil dieses Konzeptes ist die Unabhängigkeit von den erneuerbaren Energien Photovoltaik und Wind. Durch den Einsatz eines BHKW, das mit flüssigem Biogas (Bio-LPG) betrieben wird, kann eine erneuerbare Energieversorgung sichergestellt werden. Der Nachteil liegt jedoch in der Verfügbarkeit des Brennstoffs. Bio-LPG ist bisher nur von wenigen Anbietern verfügbar. Die langfristige Versorgungssicherheit muss daher genauer untersucht werden.

SZENARIO 4: TIEFENGEOTHERMIE

Wie bereits in Abschnitt 4.2.4.2 beschrieben, befindet sich Borghorsterhütten theoretisch in einem Gebiet mit hydrothermale tiefengeothermisches Potenzial. Laut der aktuellen Datenlage (*Geothermisches Informationssystem für Deutschland*) befindet sich in einer Tiefe von ca. 2.000 m eine wasserführende Schicht, mit Temperaturen von ca. 65 °C. Mittels einer Förder- und einer Reinjektionsbohrung kann das Thermalwasser dieses Reservoirs mit Pumpen an die Oberfläche befördert werden und seine Wärme über Wärmetauscher abgeben. Mittels Großwärmepumpen kann dieses auf das benötigte Temperaturniveau angehoben werden und somit das Wärmenetz versorgen.

Abbildung 4-15 zeigt die Konzeptionszeichnung des Szenarios mit Tiefengeothermie. Das Konzept beinhaltet das Geothermiekraftwerk, einen Wärmespeicher sowie einen Gaskessel als Spitzenlastkessel und Redundanz. Um den hohen Eigenstrombedarf zu decken, kann eine Kombination mit einem biogasbetriebenen BHKW oder Strom aus regenerativen Energien wie Wind oder Photovoltaik sinnvoll sein.

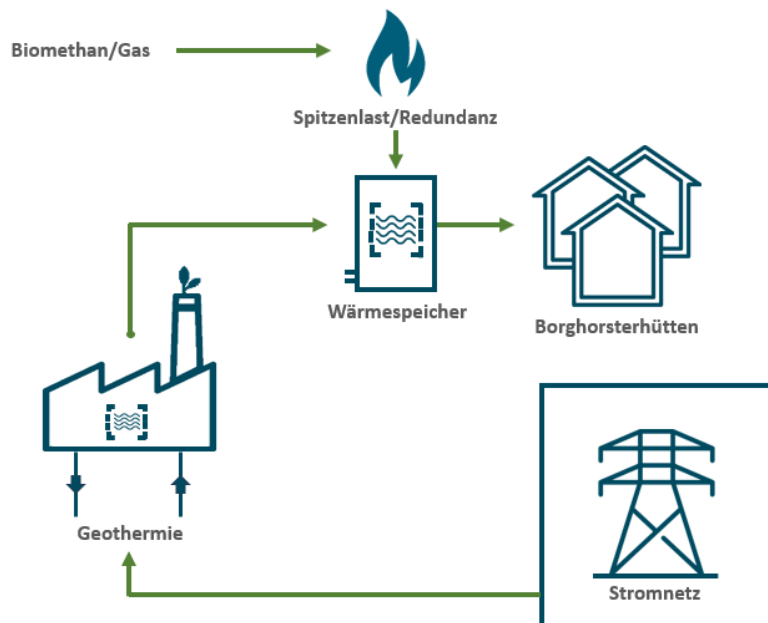


Abbildung 4-15: Konzeptskizze Szenario 3 Tiefengeothermie

Nachteil dieses Konzeptes sind die hohen Investitionskosten einer solchen Anlage. Vor allem die Bohrungen sind mit erheblichen Kosten verbunden und stellen ein hohes Risiko dar. Um dieses Risiko zu minimieren sind Voruntersuchungen wie z.B. eine 2D-Seismik notwendig. Diese können Aufschluss über die Beschaffenheit des Untergrunds geben, wodurch das geothermische Potenzial besser abgeschätzt werden kann. Belastbare Informationen lassen sich jedoch erst anhand hydraulischer Tests und geophysikalischer Messungen in einer Erkundungsbohrung ermitteln.

Demgegenüber stehen bei der Tiefengeothermie die Grundlastfähigkeit und der geringe Flächenbedarf der übertägigen Anlage. Abbildung 4-16 zeigt beispielhaft die Größe einer solchen Geothermieanlage.



Abbildung 4-16: Geothermieanlage am Riem (SWM, 2023)

4.5.3 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Für Wärmenetze gibt es verschiedene Fördermöglichkeiten, die in folgendem Abschnitt vorgestellt werden. Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze hat am 15. September 2022 die Förderung Wärmenetze 4.0 abgelöst und ist die Grundlage für die Berechnungen dieses Berichts.

Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)

Mit der BEW schafft die Bundesregierung Anreize in den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien (mindestens 75 % erneuerbare Energien und Abwärme) zu investieren oder eine Dekarbonisierung bereits bestehender Wärmenetze umzusetzen. Die Förderung umfasst einen Zuschuss zu den Kosten für die Erstellung von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen sowie einen Investitionszuschuss und eine Förderung von Betriebskosten für Anlagen zur erneuerbaren Wärmebereitstellung, deren Betrieb eine Wirtschaftlichkeitslücke gegenüber einer fossilen Wärmeherzeugung aufweist. Die Förderung ist in vier Module aufgeteilt, deren Inhalt bezogen auf den Neubau eines Wärmenetzes im Folgenden aufgeführt ist. Grundsätzlich sind nur Wärmenetzsysteme zur Wärmeversorgung von mehr als 16 Gebäuden oder mehr als 100 Wohneinheiten förderfähig. Eine Kumulierung der BEW mit anderen Fördermitteln ist grundsätzlich ausgeschlossen.

Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien

Die durch Modul 1 geförderten Machbarkeitsstudien für den Neubau von Wärmenetzen sind nach speziellen Anforderungen zu erstellen. Sie sollen einen Transformationspfad (2030, 2035, 2040) mit Zielbild des treibhausgasneutralen Wärmenetzes skizzieren. Die genauen Anforderungen sind der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze zu entnehmen. Die Höhe der Förderung in Modul 1 beträgt bei maximal 50 % der förderfähigen Kosten eine maximale Fördersumme von 2.000.000 € pro Antrag. Förderfähige Kosten werden nur mittels einer durch einen Wirtschaftsprüfer oder Steuerberater bestätigten Kostenrechnung für einen Zeitraum von 12 Monate bewilligt. Eine einmalige Verlängerung des Bewilligungszeitraums auf insgesamt 24 Monate ist möglich. Auch Planungsleistungen, die im Rahmen der Erstellung von Machbarkeitsstudien für die Bewertung konkreter Maßnahmen einschließlich ihrer Genehmigungsfähigkeit erforderlich sind, sind in Anlehnung an die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) förderfähig.

Modul 2: Systemische Förderung für Neubau- und Bestandsnetze

Grundsätzlich werden in Modul 2 alle Maßnahmen gefördert, die zur Errichtung eines Wärmenetzes erforderlich sind. Voraussetzung für die Umsetzungsförderung ist die Erstellung und Vorlage einer Machbarkeitsstudie entsprechend der Anforderungen aus Modul 1. Der Antragsteller muss anhand einer Wirtschaftlichkeitslückenberechnung aufzeigen, dass die Förderung für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist. Die Fördersumme ist auf die daraus resultierende Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt und beträgt mit einer Förderung von 40 % der förderfähigen Ausgaben maximal 100.000.000 € pro Antrag. Dauert der Bau eines Wärmenetzes laut Zeitplan länger als vier Jahre, sind vierjährige Maßnahmenpakete zu definieren, die jeweils als separate Anträge in Modul 2 zu stellen sind.

Modul 3: Einzelmaßnahmen

Die Umsetzung von Einzelmaßnahmen bezieht sich auf Bestandswärmenetze und hat somit für den Neubau eines Wärmenetzes keine Bedeutung.

Modul 4: Betriebskostenförderung

Für den Betrieb von Solarthermieranlagen und Wärmepumpen kann im Anschluss an den Bau ein separater Antrag zur Förderung von Betriebskosten gestellt werden. Die Förderung erfolgt bei Solarthermieranlagen in Form einer Festbetragsfinanzierung und bei Wärmepumpen in Form einer Anteilfinanzierung zu den Netto-Ausgaben. Für Wärme aus Solarthermie wird ein Zuschuss von 1 ct/kWh_{th} gewährt. Die Betriebskostenförderung der Wärmepumpe unterscheidet sich in der Höhe der Vergütung zwischen netzbezogener Energie und dem Bezug erneuerbarer Energie mittels einer Direktleitung. Die Vergütung von Wärme, welche aus netzbezogenem Strom generiert wird, wird mit maximal 9,2 ct/kWh_{th} gefördert. Für den Anteil der Wärme, der mit Strom aus erneuerbaren Energieanlagen ohne Netzdurchleitung erzeugt wird, beträgt die Betriebskostenförderung maximal 3 ct/kWh_{th}. Für Anlagen, welche Strom aus dem Netz beziehen, ist die Betriebskostenförderung auf 90 % der nachgewiesenen Stromkosten begrenzt. Die Vergütung ist auf eine Dauer von 10 Jahren begrenzt.

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Durch Wärmeerzeugung mittels eines oder mehrerer Blockheizkraftwerke mit Biomethan kann für eine geplante Wärmenetzerweiterung oder Neubau die im Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) verankerte Förderung für den Bau von Wärmenetzen (§ 18 ff. KWKG) berücksichtigt werden. Durch eine Novellierung des KWKG beträgt die Förderquote aktuell 40 % der Investitionskosten für den Trassenbau (Rohr- und Tiefbau), die hydraulische Anlagenkomponenten sowie die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Abnahmetechnik, Heizhäuser und Planung sind nicht förderfähig. Voraussetzungen ist, dass zum einen min. 75% der Wärme aus einer Kombination aus KWK-Anlagen, EE und/oder Abwärme stammen muss. Zum anderen muss die KWK-Anlage allein min. 10 % des Wärmeabsatzes bereitstellen. Die Quote ist innerhalb von 36 Monaten nach Inbetriebnahme zu erreichen.

Landesprogramm Wirtschaft - Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme

Das Landesprogramm Wirtschaft – Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme wird finanziert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE). Mit dieser Maßnahme werden Vorhaben gefördert, welche den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen und den Einsatz erneuerbarer Energien in diesen berücksichtigen. Die Höhe des Zuschusses beträgt für Erzeugungsanlagen, Wärmespeicher und Verteilnetze bis zu 40 % der förderfähigen Kosten. Besteht ein besonderes landespolitisches Interesse, kann der Zuschuss auf maximal 50 % erhöht werden. Die Investitionskosten des Vorhabens müssen mindestens 50.000 € und dürfen höchstens 1.000.000 € betragen.

Zinsgünstige Kredite

Für die Finanzierung der nach der Förderung verbliebenen Kosten, kommen bei Inanspruchnahme der BEW zinsgünstige Kredite ohne Tilgungszuschuss infrage, um eine Kombination mit der BEW zu ermöglichen. Die KfW bietet hierzu den Kredit 148 „Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen“ an. Dieser kann von der Gemeinde nur in Anspruch genommen werden, wenn diese nicht selbst Betreiber des Wärmenetzes sein wird. Der Kredit im Rahmen des Programm 202 „Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung“ ist leider mit der neuen BEW-Förderung nicht mehr kombinierbar. Eine weitere Möglichkeit stellt die Finanzierung über die IB.SH dar, welche sich nach Rücksprache einer Kreditvergabe gegenüber offen gezeigt hat.

4.5.4 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

In diesem Abschnitt werden die entwickelten Konzepte zur Wärmebereitstellung bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit gegenübergestellt. Bei den Vollkosten, über die verschiedene Konzepte und Netze miteinander verglichen werden können, werden alle jährlichen Kosten auf die benötigte Wärme normiert. Sie setzen sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

1. Kapitalgebundene Kosten (Annuitäten der Investitionen)
2. Betriebsgebundene Kosten (Betrieb, Wartung und Instandhaltung der Anlagen)
3. Bedarfsgebundene Kosten (Strom- und Brennstoffkosten)
4. Erlöse (Vergütung von Strom)

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit beruht auf der VDI 2067 Richtlinie (Verein Deutscher Ingenieure, 2012) und berücksichtigt angenommene Preissteigerungen für Wartung oder Brennstoffe, Reinvestitionen und Restwerte der Anlagen. Zentrale Annahmen, die zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes getroffen wurden, werden in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bezeichnung	Wert
Betrachtungszeitraum (Vorgabe BEW)	30 a
Zinssatz	3,6 %
Preissteigerung Brennstoffe	2 %
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung	3 %
Netzstrom	27 ct/kWh
Direktstromeinkauf Windkraftanlage	12 ct/kWh
Stromverkauf an der Börse	16 ct/kWh
Einkauf flüssiges Biomethan	12 ct/kWh
Getrocknete Holzhackschnitzel	80 €/t
Baukostenzuschuss	15.760 €

Der Baukostenzuschuss ist als Betrag zu verstehen, der vom Anschlussnehmer für den Anschluss an das Wärmenetz inklusive Übergabestation gezahlt werden muss. Es ist zu beachten, dass dieser für die Berechnung dieses Berichtes angenommen wurde und somit nicht als festgesetzter Wert zu verstehen ist. Die Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes ergeben sich aus einer Entwurfsplanung mit aktuellen Preisen der einzelnen Gewerke. Die Gesamtkosten sind Tabelle 28 zu entnehmen.

Tabelle 28: Investitionskosten des Wärmenetzes

Bezeichnung	Nettoinvestition
Fernwärmeleitung	777.000 €
Hausanschlüsse 100 %	265.000 €
Gesamtinvestition	1.042.000 €
Förderung 40 %	417.000 €
Gesamtinvestition nach Förderung	625.000 €

Die Höhe der Fördersumme der BEW ist neben der allgemeinen Förderhöhe vgl. Abschnitt 4.5.3 begrenzt auf die Wirtschaftlichkeitslücke des jeweiligen Konzeptes zu einem kontrafaktischen Fall. Ist diese niedriger als die allgemeine Förderung, ist sie der limitierende Faktor. Deshalb muss diese mittels des dafür zur Verfügung stehenden Tools für die Investitions- und die Betriebskostenförderung ermittelt werden. Eine Überprüfung ergab, dass für verschiedene Anschlussquoten konzeptübergreifend die volle Förderhöhe in Anspruch genommen werden kann.

Das Gesamtsystem ist konzeptübergreifend so ausgelegt, dass entsprechend der BEW-Anforderung maximal 10 % des Wärmebedarfes durch den Gaskessel gedeckt wird. Dies ist notwendig, da dadurch bei fehlender Verfügbarkeit von Biomethan und dem Betrieb mit fossilem Gas der Anspruch auf die Förderung weiterbesteht. Die genaue Auslegung der jeweiligen Komponenten ist den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Für die Investitionsförderung muss beachtet werden, dass nicht alle Komponenten förderfähig sind. Gaskessel gelten zwar beim Betrieb mit Biogas als klimaneutral, sind aber nicht Gegenstand der BEW. Ebenso wird der im brennstofffreien Konzept eingesetzte Heizstab nicht gefördert. Die restlichen aufgeführten Komponenten werden mit 40 % bezuschusst.

SZENARIO 1: BRENNSTOFFFREI

Tabelle 29 zeigt die Dimensionierung der Komponenten des brennstofffreien Konzeptes. Die Gesamtinvestition der Erzeugung liegt bei diesem Szenario höher als bei den beiden anderen Szenarien. Die Auslegung des Spitzenlastkessels ist aus Redundanz Zwecken mit 300 kW_{th} gewählt.

Tabelle 29: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 1

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	300 kW	30.500 €
Heizstab	100 kW	11.400 €
Wärmepumpe	200 kW	368.000 €
Windkraftanlage	150 kW	600.000 €
Wärmespeicher	70 m ³	32.000 €
Heizhaus	80 m ²	162.500 €
Gesamtinvestition Erzeugung	1.204.000 €	
Gesamtinvestition nach Förderung	980.000 €	

Für das brennstofffreie Konzept wurde anhand eines simulierten Verbraucherlastganges und der Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenenergie eine Aufteilung des Energiebezugs (vgl. Tabelle 30) ermittelt. Hier ist zu sehen, dass die Wärmepumpe den Großteil der Wärme bereitstellt.

Tabelle 30: Jährlicher Energiebezug des brennstofffreien Konzeptes bei 100 % Anschlussquote in Szenario 1

Bezeichnung	Energiebezug
Windbezug	169 MWh/a
Netzbezug	225 MWh/a
Wärmepumpe	370 MWh/a
Heizstab	24 MWh/a

Anhand dieser Differenzierung ergibt sich die Höhe der Betriebskostenförderung für die Wärmepumpe nach Modul 3 BEW vgl. Tabelle 31. Für Wärmepumpen errechnet sich diese anhand der Effizienz, welche sich aus dem tatsächlichen Betrieb der Anlage ergibt. Dementsprechend sind die hierfür angegebenen Werte nur als Orientierung zu verstehen. Für den Bezug aus PV und Wind wurde angenommen, dass die Versorgung über eine Direktleitung erfolgt. Hierfür kann dann zwar nur der geringere Vergütungssatz angenommen werden, jedoch ist der meistens Direktkauf deutlich günstiger.

Tabelle 31: Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote in den ersten 10 Jahren

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
EE-Bezug	3 ct/kWh _{th}	17.700 €/a
Netzbezug	9,2 ct/kWh _{th}	23.000 €/a
Gesamt		40.700 €/a

Die Vergütungssätze für den Energiebezug der Wärmepumpe in diesem Szenario entsprechen den von der BEW festgelegten Höchstsätzen. Da die wirtschaftliche Betrachtungszeit 30 Jahre beträgt und nach 10 Jahren die Förderung der Betriebskosten endet, wurde die gesamte Fördersumme auf einen jährlichen Betrag im Betrachtungszeitraum heruntergerechnet, um im Ergebnis auf einen Arbeitspreis zu kommen, welcher Kostendeckend über den Betrachtungszeitraum wirkt (vgl. Tabelle 32)

Tabelle 32: Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote im Betrachtungszeitraum

Bezeichnung	Betriebskostenförderung
Gesamtförderung nach 10 Jahren	666.000 €
Förderung pro Jahr im Betrachtungszeitraum	22.000 €

SZENARIO 2: HOLZHACKSCHNITZEL

Bei der Wärmeversorgung durch Holzhackschnitzel ist mit einer vergleichsweise hohen Investition für das Heizhaus zu rechnen, da die Lagerung des Brennstoffes einen höheren Platzbedarf hat. Die Gesamtinvestitionen sind bei diesem Szenario jedoch am geringsten. Auch hier ist die Auslegung des Spitzenlastkessels aus Redundanzzwecken mit 500 kW_{th} hoch angesetzt.

Tabelle 33: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung - Holzhackschnitzel

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	300 kW _{th}	30.000 €
HHS-Kessel	300 kW _{th}	229.000 €
Wärmespeicher	70 m ³	32.000 €
Heizhaus	100 m ²	203.000 €
Gesamtinvestition Erzeugung	494.000 €	
Gesamtinvestition nach Förderung	308.000 €	

Da dieses Konzept über keine Wärmepumpe verfügt, entfällt die Betriebskostenförderung.

SZENARIO 3: TIEFENGEOTHERMIE

Das wirtschaftliche Potenzial tiefer Geothermie ist abhängig von der Wärmenachfrage. Aufgrund der Größe von Borghorsterhütten und dem geringen Wärmebedarf im Quartier, sowie den hohen Investitionskosten für tiefengeothermische Bohrungen ist davon auszugehen, dass keine wirtschaftlich vertretbare Amortisationszeit erreicht werden kann. Von einer weiteren wirtschaftlichen Betrachtung wird deshalb an dieser Stelle für das Quartier Borghorsterhütten abgesehen.

ZUSAMMENFASSUNG

Tabelle 34: Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote

Konzept	Verbrauchskosten ohne Betriebskostenförderung	Verbrauchskosten mit Betriebskostenförderung
Sz1: Brennstofffrei	74.000 €/a	52.000 €/a
Sz2: Kraft-Wärme-Kopplung	84.000 €/a	84.000 €/a
Sz3: BHKW + WP	80.000 €/a	72.000 €/a

Betrachtet man die verbrauchs-, betriebs-, erlös- und kapitalgebundenen Kosten zusammen ergeben sich bei einer Anschlussquote von 70 % die in Abbildung 4-17 dargestellten Vollkosten. Es zeigt sich, dass das Szenario 3 mit einem BHKW zur Eigenversorgung mit 16,61 ct/kWh_{th} geringere Vollkosten als die dezentrale Versorgung mit einer Wärmepumpe von 19,39 ct/kWh_{th} erreicht. Hingegen ist die Versorgung durch einen Holzhackschnitzelkessel, sowie durch Wärmepumpen, welche durch eine Kleinwindkraftanlage Energie beziehen, teurer.

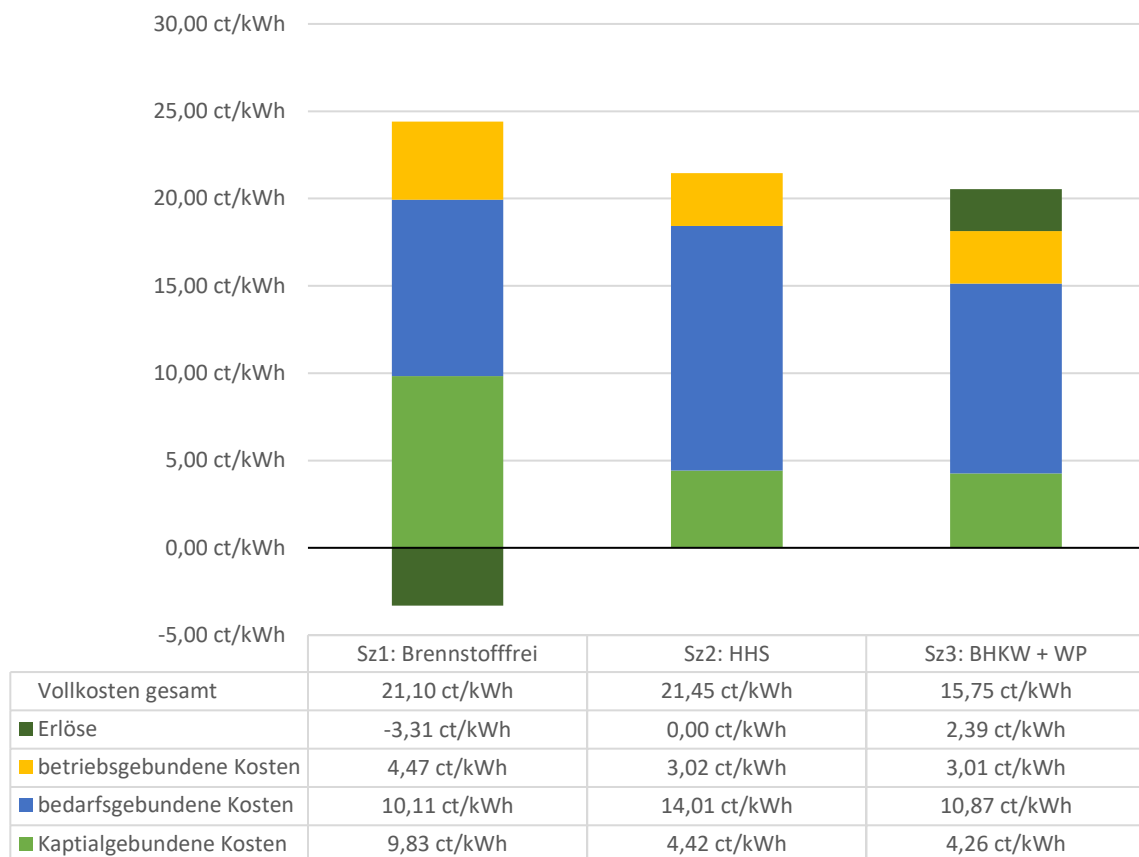


Abbildung 4-17: Vollkosten der verschiedenen Konzepte bei 70 % Anschlussquote

4.5.5 SENSITIVITÄTSANALYSE

Die Vollkosten der verschiedenen Konzepte sind stark abhängig von der Anzahl der Anschlussnehmer. Je mehr Mitglieder des Quartiers sich an das Wärmenetz anschließen, desto höher wird die Liniendichte. Wie bereits in Abschnitt 4.5.1 erwähnt wirkt sich eine höhere Liniendichte auf den Endkundenpreis aus. Diese Sensitivitätsanalyse zeigt auf, wie sich die Anschlussquote auf die Kosten für die Anschlussnehmer auswirken kann. Die Preisentwicklung bei den verschiedenen Konzepten ist Abbildung 4-18 zu entnehmen. Zur Darstellung dieser wurden die Wärmemenge und die Kosten für die Hausanschlüsse je nach Anschlussquote variiert. Die hier gezeigten Preise werden benötigt, um einen Betrieb des Wärmenetzes über 30 Jahre zu ermöglichen, bei dem kein Gewinn erzielt wird. In einem kleinen Quartier wie Borghorsterhütten zählt jeder Anschlussnehmer. Aufgrund der geringen Anzahl an Gebäuden kann bereits der Anschluss von zwei Haushalten erhebliche Preissenkungen hervorrufen. Im Bereich von 40 % bis 50 % macht dies z.B. für die brennstofffreie Variante einen Preisunterschied von ca. 5 ct/kWh. Nimmt man einen typischen Wärmeverbrauch für ein Einfamilienhaus von 22.500 kWh im Jahr an, macht das bereits einen Unterschied von 1.125 €.

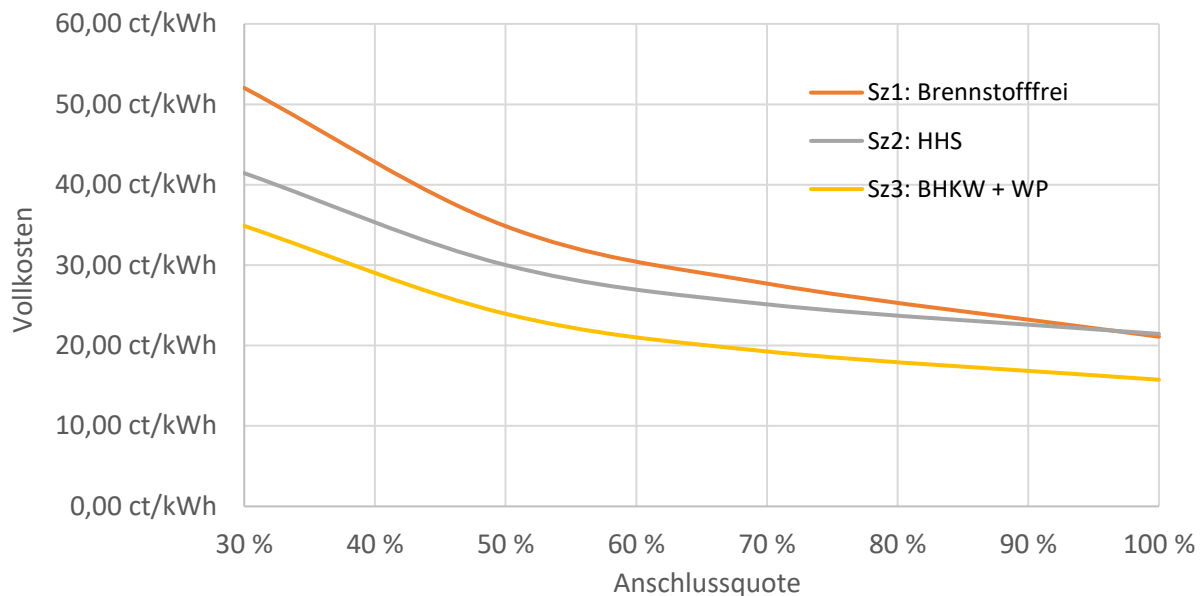


Abbildung 4-18: Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote

4.5.6 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

Ziel dieser Studie ist, einen möglichen Pfad zur CO₂-Neutralität des Quartier Borghorsterhütten aufzuzeigen. Neben dem vorgestellten, möglichen Wärmenetz werden auch andere Sektoren und Lösungen untersucht, welche in Ihrer Gesamtheit zur CO₂-Reduktion beitragen. In diesem Absatz werden drei wichtige Indikatoren zur Klimaverträglichkeit in Bezug auf das konzipierte Nahwärmenetz genauer untersucht:

- Spezifische CO₂-Emission
- Anteil erneuerbarer Energie
- Primärenergiefaktor

SPEZIFISCHE CO₂-EMISSION

Wieviel CO₂ wird mit jeder verbrauchten Kilowattstunde Wärme ausgestoßen? Genau zu dieser Frage geben die spezifischen CO₂-Emissionen des Wärmenetzes eine Auskunft. Dieser Abschnitt wird zeigen, wie sich der CO₂-Ausstoß des Wärmenetzes in Zukunft voraussichtlich entwickeln wird.

Das Gebäudeenergiegesetz aus dem Jahr 2023 gibt vor, mit welchen Emissionsfaktoren verwendete Energieträger verrechnet werden. Es werden die Faktoren für fossile und biogene Brennstoffe, sowie Strom aufgeführt. Netzstrom wird beispielsweise mit 560 g CO₂-Äquivalent pro kWh angegeben. Der Strombezug aus gebäudenahen, erneuerbaren Anlagen wie Photovoltaik oder Windkraft kann mit 0 g/kWh angesetzt werden. Bereits bei der heutigen Stromerzeugung liegt der Emissionsfaktor für Netzstrom unter dem anzusetzenden Wert von 560 g/kWh. Der CO₂-Faktor für Netzstrom wird die nächsten Jahre weiter sinken, mit dem Ziel 2035 0 g/kWh zu erreichen.

In Tabelle 35 werden die genutzten CO₂-Emissionsfaktoren sowie die resultierenden spezifischen und absoluten CO₂-Emissionen des Wärmenetzes bei einer Sanierungsquote von 1 % bis zum Jahr 2045 dargestellt. Die Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für Netzstrom entspricht eigenen Annahmen und Erwartungen, wie sich der Strommix in Zukunft entwickeln könnte. Es wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung den Stromsektor bis zum Jahr 2035 zu dekarbonisieren erreicht wird, der CO₂-Emissionsfaktor für Netzstrom bis dahin auf 0 g/kWh sinkt und Szenario 1 damit im Jahr 2035 CO₂-neutral sein wird. Bis dahin wird von einer linearen Absenkung des CO₂-Äquivalentes ausgegangen. Es zeigt sich, dass bereits mit dem heutigen Strommix, insbesondere durch den hohen Anteil an Windstrom, niedrige CO₂-Emissionen auf die Wärmeversorgung anfallen würden. Im Jahr 2045 wird die Wärmeversorgung mit dem brennstofffreien Szenario CO₂-neutral. Szenario 2 und Szenario 3 hingegen haben im Jahr 2045 weiterhin nicht unerhebliche Emissionen vorzuweisen. Die spezifischen CO₂-Faktoren wurden auf Basis der im jeweiligen Szenario verwendeten Energiemengen und den in der Tabelle aufgeführten CO₂-Faktoren berechnet. Die Werte beruhen auf einer Anschlussquote von 100 %.

Tabelle 35: spezifische CO₂-Emission für die erzeugte Wärme

Energieträger	CO ₂ -Emission					
	2023	2025	2030	2040	2045	
Wärmeabsatz (kWh/a)	771.000	755.000	718.000	650.000	588.000	
Holz	20 g/kWh	20 g/kWh	20 g/kWh	20 g/kWh	20 g/kWh	
Netzstrom	560 g/kWh	467 g/kWh	233 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	
Windstrom	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	
Erdgas	240 g/kWh	240 g/kWh	240 g/kWh	240 g/kWh	240 g/kWh	
Biogas	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	
Sz. 1	spez. CO ₂ -Emission	200 g/kWh	162 g/kWh	74 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh
	CO₂-Emission	154,14 t/a	122,12 t/a	53,31 t/a	0,00 t/a	0,00 t/a
Sz. 2	spez. CO ₂ -Emission	51 g/kWh	50 g/kWh	46 g/kWh	39 g/kWh	37 g/kWh
	CO₂-Emission	39,59 t/a	37,61 t/a	32,91 t/a	25,20 t/a	22,05 t/a
Sz. 3	spez. CO ₂ -Emission	186 g/kWh	168 g/kWh	125 g/kWh	81 g/kWh	78 g/kWh
	CO₂-Emission	143,36 t/a	126,58 t/a	89,60 t/a	52,47 t/a	45,91 t/a

ANTEIL ERNEUERBARER ENERGIE

Besonders aufgrund der Umweltwärme für den Betrieb der Wärmepumpe, welche zu 100 % erneuerbar angerechnet wird, ist der erneuerbare Anteil an der Wärmeversorgung in Szenario 1 sehr hoch. Für den Betrieb der Wärmepumpe ist ein geringer Anteil an Netzstrom erforderlich. Dieser wird mit einem erneuerbaren Anteil von 46 % angesetzt, was dem deutschen Strommix aus dem Jahr 2022 entspricht (Umweltbundesamt, 2023). Der erneuerbare Energieanteil an der Wärmeversorgung ist in Tabelle 36 dargestellt – für das brennstofffreie Erzeugungskonzept beträgt er ca. 87 %. Mit Zunahme des erneuerbaren Anteils im Stromnetz wird der nicht erneuerbare Anteil der Wärmeversorgung weiter sinken, bis die Versorgung 100 % erneuerbar ist.

Tabelle 36: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz

Erzeuger	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Szenario 1	942.000 kWh	815.400 kWh	126.600 kWh
		87 %	13 %
Szenario 2	942.000 kWh	848.000 kWh	94.000 kWh
		90 %	10 %
Szenario 3	942.000 kWh	892.000 kWh	50.000 kWh
		95 %	5 %

PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Der Primärenergiefaktor beschreibt das Verhältnis aus eingesetzter Primärenergie zur gegebenen Endenergie. Die Primärenergie ist der rechnerische nutzbare Energiegehalt der Energieträger, wie sie in der Natur vorkommen. Die Endenergie ist die Energie, die nach Transport, Leitungs- und Transformationsverlusten vom Verbraucher eingesetzt wird. Der Primärenergiefaktor enthält sämtliche Faktoren der Primärenergieerzeugung mit den Vorketten für die Förderung, Aufbereitung, Umwandlung, Transport und Verteilung der betrachteten Energieträger.

Tabelle 37: Berechnung des Primärenergiefaktors nach (GEG, 2022)

	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz. 1	Netzstrom	24.470	1,8	44.040
	WP-Strom	369.960	1,2	443.950
	Windstrom	119.170	0	0
	Wärmelieferung	943.000	0,52	487.990
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			0,52	
	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz. 2	Holz	848.450	0,2	169.690 kWh
	Erdgas	94.270	1,1	103.700 kWh
	Wärmelieferung	943.000	0,3	282.900 kWh
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			0,21	
	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz. 3	Netzstrom	108.780	1,8	195.810
	Biogas Spitzenlast	24.470	0,7	17.130
	Biogas KWK	564.370	0,5	282.190
	Wärmelieferung	943.000	0,53	495.120
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			0,53	

Tabelle 37 zeigt die Eingangsparameter und Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung. Nach GEG § 22 Absatz 3 ist zunächst ein Wert von 0,3 anzusetzen, wenn der ermittelte und veröffentlichte Wert des Primärenergiefaktors unter 0,3 liegt. Dieser darf um einen Wert von 0,001 für jeden Prozentpunkt des aus erneuerbaren Energien oder aus Abwärme erzeugten Anteils der im Wärmenetz genutzten Wärme verringert werden. Somit ergibt sich ein minimal möglicher Primärenergiefaktor nach Kappung von 0,2. Dieser wird annähernd von Szenario 2 erreicht. Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix wird auch der Faktor von Szenario 1 in Zukunft diesen Wert erreichen.

4.5.7 ZEITPLAN UND UMSETZUNG

Sollte sich die Gemeinde nach Abschluss dieser Studie für die Umsetzung eines Wärmenetzes entscheiden, kann die Umsetzung in folgende Phasen unterteilt werden:

1. **Kundengewinnung:**
Die Gewinnung von Kunden ist ein zentrales und wichtiges Element bei der Umsetzung eines Wärmenetzes. Die Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von der Akzeptanz und der Anschlussbereitschaft am Wärmenetz ab. Die Kundengewinnung stellt somit den ersten und wichtigsten Schritt bei der Umsetzung eines Wärmenetzes dar.
2. **Planungsphase:**
Abhängig von der Kundengewinnung kann es Sinn ergeben, einzelne Straßen früher oder entsprechend später zu erschließen. In der Planungsphase wird das Wärmenetz und die Dimensionierung der Erzeugungsanlagen konkretisiert.
3. **Bauphase**
Das Wärmenetz befindet sich in der Umsetzung
4. **Wärmenetz aktiv**
Der Bau des Wärmenetzes ist fertiggestellt und alle akquirierten Kunden werden mit Wärme beliefert

Abbildung 4-19 zeigt die beschriebenen Phasen bei der Umsetzung eines Wärmenetzes und gibt eine Einschätzung, wie lange die Erschließung bei einem idealtypischen Bauverlauf dauern könnte. Die Zeitangaben sind jeweils zu addieren, folglich kann die Erschließung des gesamten Ortes ca. 1,5 Jahre in Anspruch nehmen. Abhängig vom Projektverlauf und der Akzeptanz in der Gemeinde kann es hierbei stets zu Abweichungen kommen.

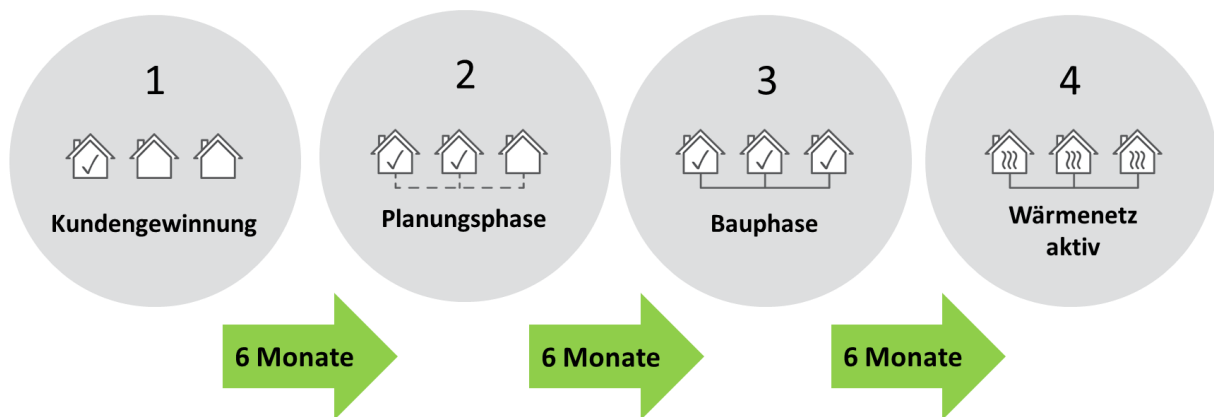


Abbildung 4-19: Zeitplan Wärmenetz

4.5.8 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

Der Betrieb, der Bau, die Planung, das Projektmanagement und auch die Finanzierung eines Wärmenetzes sind alles Aufgaben, welche von einem Betreiber erbracht werden müssen, damit ein überhaupt Wärmenetz entstehen kann. Doch welche Betreibermöglichkeiten gibt es für ein Wärmenetz?

Eine erste Möglichkeit stellt die Gründung einer **GmbH** dar. Eine GmbH wird von mindesten einem Gesellschafter gegründet, wobei die Haftung der GmbH auf das Vermögen der Gesellschaft beschränkt ist. Das Mindestkapital der GmbH beträgt 25.000 €. Die Vorteile einer GmbH als Betreiberform ist die beschränkte Haftung sowie eine gewisse Flexibilität. Eine GmbH kann aus mehreren Gesellschaftern bestehen, diese können natürliche Personen oder auch juristische Personen wie z.B. Kapitalgesellschaften sein. So ist es auch möglich, dass sich eine Gemeinde an einer GmbH beteiligt. Wie viele Gesellschafteranteile eine Gemeinde von der GmbH übernimmt ist frei wählbar. Zu beachten bei so einem teuren Bau wie einem Wärmenetz ist das Eigenkapital, welches bei der Bank als Sicherheit für die Kreditfinanzierung hinterlegt werden muss. Der Anteil des Eigenkapitals muss gemäß der Gesellschafteranteile bereitgestellt werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Gründung eines **Bürgerenergiewerks**. Ein Bürgerenergiewerk ist eine Genossenschaft, in der sich die Bürger der Gemeinde beteiligen können. Bei der Genossenschaft handelt es sich um eine Gesellschaft (juristische Person). In der Genossenschaft kann sich die Anwohnerschaft zusammenschließen und gemeinsam einen wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb führen. Die Besonderheit bei dem Betreibermodell einer Genossenschaft ist, dass die Anwohnerschaft sowohl Eigentümer, Leistungspartner und auch Entscheidungsträger ist. Über eine Bürgerenergiewerk könnte auch noch die lokale Stromvermarktung abgewickelt werden.

Eine weitere Möglichkeit, wie sich die Anwohnerschaft an einem Projekt wie dem Wärmenetz beteiligen kann, bietet das **Crowd Invest**. Hierbei handelt es sich um eine Form des Crowdfundig (eng. für Schwarmfinanzierung). Beim Crowd Invest können von der Anwohnerschaft Investition in ein konkretes Projekt getätigt werden. Als Gegenleistung erhält die Anwohnerschaft dann eine feste Verzinsung. Die Anwohnerschaft kann sich am Erlös aus dem Verkauf der Energie beteiligen und die Kommune kann dadurch zusätzliche Steuereinnahmen generieren. Vorteile am Crowd Invest sind die steigende Akzeptanz unter der Anwohnerschaft, sowie die Identifikation mit der Gemeinde.

Bei dem Crowd Invest handelt es sich nicht direkt um ein Betreibermodell, jedoch um eine Form die Anwohnerschaft in einem Projekt miteinzubeziehen. Neben der GmbH und der Genossenschaft gibt es noch weitere Betreibermöglichkeiten, diese unterscheiden sich dann zum Beispiel in der Form der Haftung. Andere Betreibermodelle sind in der Energiewirtschaft nicht empfehlenswert.

4.6 MOBILITÄT

In diesem Abschnitt werden mehrere Möglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Bereich der Mobilität in Borghorsterhütten betrachtet und beschrieben. Es werden verschiedene Handlungsoptionen aufgezeigt, die in Ihrer Gesamtheit zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität in Borghorsterhütten beitragen können.

4.6.1 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Aufgrund des geringen Fahrzeugbestandes in Borghorsterhütten wird an dieser Stelle von einer detaillierten Betrachtung des Einsparpotenzials des individuellen Personennahverkehrs abgesehen. Für die Betrachtung der Entwicklungstendenzen wird auf das Quartierskonzept Osdorf verwiesen.

4.6.2 CARSHARING

Carsharing ist ein bereits etabliertes Angebot im städtischen Raum. Hier sind Parkplätze nur begrenzt vorhanden und alltägliche Wege können i.d.R. mit kurz getakteten, öffentlichen Verkehrsmitteln, zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Entsprechend kann die PKW-Nutzung eine Ausnahme darstellen und ist zudem in vielen Fällen flexibel planbar (geringer Gleichzeitigkeitsfaktor). Damit sind wenig Fahrzeuge in der Lage, einen großen Teil des motorisierten Mobilitätsbedarfes der städtischen Bewohner abzudecken. Ein anderes Bild stellt sich im ländlichen Raum dar: hier ist die Anzahl der privaten Parkplätze bezogen auf die Einwohnerzahl deutlich höher und alltägliche Wege wie die Strecke zum Arbeitsplatz oder zur nächsten Einkaufsmöglichkeit weisen deutlich höhere Entfernungen auf. Gleichzeitig ist die Taktung öffentlicher Verkehrsmittel deutlich geringer. Entsprechend liegt die PKW-Nutzung nahe und ist für viele Bewohner das alltägliche Verkehrsmittel. Demnach wäre eine höhere Anzahl an Fahrzeugen zur Deckung des Mobilitätsbedarfes erforderlich. Nichtsdestotrotz besitzen in Deutschland Haushalte Zweit- oder sogar Drittwagen, welche nur wenig genutzt werden. An dieser Stelle kann der Einsatz von Carsharing Angeboten auch im ländlichen Raum sinnvoll sein und zur CO₂-Reduktion beitragen.

Ein mögliches Modell in Schleswig-Holstein ist das Dörpsmobil. Beim Dörpsmobil handelt es sich um ein Carsharing Angebot für elektrische Fahrzeuge. Das Modell ist zum ersten Mal in der Gemeinde Klixbüll (Kreis Nordfriesland) 2016 umgesetzt worden und seitdem in mehreren Ortschaften in ganz Schleswig-Holstein zu finden. Die Fahrzeuge werden mit Ökostrom geladen, idealerweise direkt aus eigenen Anlagen, die direkt vor Ort nachhaltigen Strom bereitstellen. (Dörpsmobil SH, 2020)

Für die Umsetzung eines Dörpsmobil gibt es drei mögliche Betreibermodelle:

- Vereinsbasiert:
Ein vor Ort gegründeter Verein (oder bestehender Verein) übernimmt alle Angelegenheiten hinsichtlich des Dörpsmobil.
Dieses Modell wird beispielsweise in Busdorf oder Gettorf genutzt
- Gemeindlich
- Privat/Informell/Gewerblich

Die Buchung eines Fahrzeugs erfolgt über eine App oder Internetseite. Für die Bezahlung sind verschiedene Modelle der Abrechnung denkbar. Dazu gehören beispielsweise Vereinsbeiträge, Kilometerpauschalen, Stundenpauschalen oder Tagesstarife. Kostenpunkte wie Service, Versicherung oder der Kauf von Ersatzteilen ist in diesem Preis abgedeckt und Nutzer von Carsharing Angeboten erwarten hier keine Überraschungen. Auf Grund des sehr umfangreichen Informationsmaterials des Dörpsmobil SH wird an dieser Stelle auf den Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum (Dörpsmobil SH, 2020) verwiesen. In diesem sind alle wichtigen Informationen zur Bedarfsermittlung, Wahl eines Betreibermodells, Umsetzungsplanung oder den Betrieb enthalten.

Durch die Nutzung von Carsharing Angeboten kann, bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 7,7 l/100 km Benzin, mit einem elektrischen Fahrzeug ca. 20 kg CO₂ auf 100 km eingespart werden. Darüber hinaus kann ein elektrisches Carsharing Angebot der Anwohnerschaft durch Ausprobieren und Testen einen Einstieg in die eigene Elektromobilität bieten und somit die Transformation der Mobilität innerhalb der Gemeinde vorantreiben.

In Osdorf befindet sich ein derartiges Konzept bereits in der Planung. Für die Umsetzung eines eigenen Carsharing Angebots in Borghorsterhütten ist eine hohe Nachfrage im Quartier notwendig. Vorerst wird für die Nutzung von Carsharing die Orientierung an dem Osdorfer Angebot empfohlen.

4.6.3 UNTERSTÜTZUNG DES RADVERKEHRS

Fahrradfahren ist gesund, unkompliziert und klimafreundlich. Das Umweltbundesamt schätzt, dass die PKW-Nutzung durch das Fahrradfahren um 30 % nachlassen könnte (Umweltbundesamt, 2021). Obwohl dieser Wert eine Abschätzung für deutsche Ballungsgebiete ist und sich der Wert nicht direkt auf Borghorsterhütten übertragen lässt, ist zu erahnen, dass der Ausbau des Radverkehrs ein großes Potenzial zur Reduktion der CO₂-Emissionen hat. Wer täglich 1 km Fahrrad fährt und dafür das Auto stehen lässt spart jährlich ca. 80 kg CO₂ ein.

Folgend werden einige Optionen zur Unterstützung des Radverkehrs in Borghorsterhütten aufgeführt:

- **Ausbau und Beleuchtung von Radwegen**
Radwege geben Radfahrern Sicherheit und machen das Fahrradfahren attraktiver. Die Beleuchtung ländlicher Radwege kann gerade im Winter, wenn es spät hell und früh dunkel wird, das Radfahren zu einer attraktiven Alternative zum Auto machen.
- **Schaffen von Abstellplätzen für Fahrräder**
An zentralen Orten innerhalb des Ortes, vor allem bei Anbindungsstellen an den ÖPNV, sollten zusätzliche Möglichkeiten geschaffen werden das Fahrrad abzustellen.
- **Service-Angebote**
Anbieten/Eröffnen einer Service-Station für Reparaturen am Fahrrad
Aufstellen eines Schlauchautomaten oder einer stationären Luftpumpstation
- **E-Bike-Sharing**
Elektrische Fahrräder stellen eine gute Möglichkeit dar die Natur ohne große Anstrengung hautnah zu erleben. Allerdings sind die Investitionskosten für E-Fahrräder deutlich höher als die eines herkömmlichen Fahrrads. E-Bike-Sharing kann eine Möglichkeit darstellen der Anwohnerschaft und Gästen die Nutzung von E-Bikes zu ermöglichen. Es gibt bereits Container-Lösungen, bei denen die E-Bikes in einem Container gelagert werden und zur Abholung bereitstehen. Auf dem Dach können PV-Module installiert werden, um die Fahrräder mit nachhaltigem Strom zu laden. Eine Buchung der Fahrräder wäre beispielsweise ebenfalls über eine App möglich.

Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs werden über das Klimaschutzprogramm 2030 gefördert. Diese Förderung soll nach aktueller Planung bis zum Jahr 2030 weitergeführt werden. Detaillierte Informationen zur Förderung des Radverkehrs werden vom Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. bereitgestellt. (ADFC, 2020)

4.6.4 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur in Borghorsterhütten nahelegt, dass die große Mehrheit der Anwohnerschaft elektrische Fahrzeuge direkt am Eigenheim laden kann, gilt dies sicher nicht für alle. Die Errichtung öffentlicher Ladesäulen an zentralen Orten gibt auch der Anwohnerschaft ohne eigene Lademöglichkeiten die Chance unkompliziert auf die Elektromobilität umzusteigen.

AC-Ladestationen, also Stationen, die Wechselstrom nutzen, haben typischerweise eine Ladeleistung zwischen 11 und 22 kW und stellen eine akzeptable Möglichkeit zum Laden dar. Ein E-Fahrzeug mit einer Speicherkapazität von 50 kWh lädt an solchen Stationen den Akku innerhalb von unter 1,5 h von 20 auf 80 % auf. Für schnellere Ladevorgänge werden DC-Schnellladestationen verwendet. Diese Ladestationen nutzen Gleichstrom und haben typischerweise mindestens eine Ladeleistung von 50 kW. Da viele E-Autos heute bereits mit deutlich höheren Ladeleistungen geladen werden können, werden moderne Schnelllader häufig mit einer Ladeleistung von über 150 kW ausgestattet. Ladevorgänge an solchen Ladestationen sind bereits innerhalb 15 bis 30 Minuten beendet.

4.6.5 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 38 zeigt für unterschiedliche Verkehrsmittel die verursachten Treibhausgasemissionen (CO₂, CH₄ und N₂O) in Gramm pro Personenkilometer [g/Pkm] CO₂-Äquivalent in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Auslastung im Jahr 2019 – vor der Coronapandemie. Es zeigt sich, dass trotz der höchsten Auslastung das Flugzeug für Inlandflüge mit 214 g/Pkm die meisten CO₂-Emissionen verursacht und somit das klimaschädlichste Transportmittel darstellt. Bei einer durchschnittlichen Belegung von 1,4 Personen pro PKW verursacht der PKW 154 g/Pkm – allerdings zeigt sich an dieser Stelle das Potenzial für Carsharing und Fahrgemeinschaften, da eine Zunahme der Personenanzahl die Emission pro Personenkilometer weiter reduziert.

Tabelle 38: Vergleich der CO₂-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021)

Verkehrsmittel	Treibhausgase	Auslastung
PKW	154 g/Pkm	1,4 Pers./PKW
Flugzeug, Inland	214 g/Pkm	70,00 %
Eisenbahn, Fernverkehr	29 g/Pkm	56,00 %
Linienbus, Fernverkehr	29 g/Pkm	54,00 %
sonstige Reisebusse	36 g/Pkm	55,00 %
Eisenbahn, Nahverkehr	54 g/Pkm	28,00 %
Linienbus, Nahverkehr	83 g/Pkm	18,00 %
Straßen-, Stadt- und U-Bahn	55 g/Pkm	19,00 %










In Bezug auf den öffentlichen Personennahverkehr können Tabelle 38 zwei wichtige Punkte entnommen werden. Zunächst ist zu erkennen, dass der ÖPNV, ob Bahn oder Bus, die geringsten CO₂-Emissionen pro Personenkilometer verursacht hat. Zum anderen zeigt sich, dass gerade der Nahverkehr mit einer Auslastung von unter 30 % – Linienbusse im Nahverkehr sogar unter 20 % – enormes Potenzial für weitere CO₂-Einsparungen hat.

Eine Möglichkeit den ÖPNV zu fördern wäre eine Fahrplan- und Taktverdichtung, durch die das ÖPNV-Angebot flexibler gestaltet werden kann. Darüber hinaus sollte bei zentralen Bushaltestellen die Möglichkeit geschaffen werden Fahrräder abzustellen und über mehrere Stunden stehen zu lassen.

5 MAßNAHMENKATALOG

Im Folgenden werden Maßnahmen definiert, die im Rahmen eines Sanierungsmanagements zu realisieren sind (siehe Tabelle 39). Über die Darstellung von maximal drei Bäumen wird die Priorität der einzelnen Maßnahme beschrieben, wobei drei Bäume die höchste Priorität darstellt.

Tabelle 39: Maßnahmenkatalog

Wärme		
1.	Wärmenetz realisieren (Versorgung) <ul style="list-style-type: none"> • Findung eines Betreibermodells (z.B. Gemeindeenergiewerk) • Entwurfsplanung für das Quartier Borghorsterhütten • Kundenakquise • Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen zum Thema Wärmenetze • Realisierung des Netzes 	
2.	Einzelversorgungslösungen <ul style="list-style-type: none"> • Dezentrale Wärmeversorgungslösungen • Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen im SMA • Unterstützung bei Fördermittelakquise und Umsetzung 	
4.	Sanierung Wohngebäude <ul style="list-style-type: none"> • Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen des Quartiers • Unterstützung bei der Fördermittelakquise • Dokumentation der Beratungen als Monitoring-Tool • Informationsveranstaltungen 	
Strom		
5.	Errichtung Erneuerbarer Energien zur Nutzung im Quartier <ul style="list-style-type: none"> • Flächenakquise für eigene Windkraft- oder PV-Anlagen der Gemeinde • Gewinnung lokaler EE-Anlagen zur Stromlieferung für das Quartier • Genehmigungsfähigkeit der akquirierten Flächen prüfen • Umsetzungsbegleitung bei der Errichtung 	
6.	Vertrieb regionaler EE-Produkte <ul style="list-style-type: none"> • Gründung eines Bürgerenergiewerkes/Gemeindewerkes • Erstellung der Produktportfolios (Haushaltsstromtarif, Mobilitätstarif und Wärmepumpentarif) • Werbung & Vermarktung 	
8.	PV-Dachanlagen & Batterie für Einzellösung <ul style="list-style-type: none"> • Ergänzend zu Punkt 3 • Unterstützung bei Eigenversorgungslösungen 	
Mobilität & Städteplanung		
9.	Förderung der Elektromobilität innerhalb der Gemeinde <ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung bei der Errichtung zusätzlicher privater Ladesäulen • Errichtung öffentlicher Ladesäulen • Aufklärungskampagnen zu Vorurteilen gegenüber der Elektromobilität 	
9.	Carsharing <ul style="list-style-type: none"> • Umfragen und Informationsveranstaltungen zur Bedarfsermittlung organisieren • Carsharing Angebot schaffen • Organisation des Anschlusses an Osdorf 	
9.	Radverkehr <ul style="list-style-type: none"> • Ausbau und Beleuchtung von Radwegen, die in und aus dem Quartier führen • Aufbauen eines örtlichen E-Bike-Sharing Angebotes • Serviceangebot für Fahrräder schaffen (Reparatur- und Luftpumpstationen) • Errichten von Abstellmöglichkeiten für Fahrräder an zentralen Bushaltestellen 	

Die höchste Priorität wird der energetischen Gebäudesanierung zugewiesen, da diese Maßnahme einen unmittelbaren und effektiven Beitrag zur Reduzierung von Emissionen leistet. Die Realisierung eines Wärmenetzes erhält eine geringere Priorität, da die Umsetzbarkeit aufgrund der Größe des Quartiers eingehender geprüft werden muss.

Bei den beschriebenen Maßnahmen zur Stromversorgung ist die Errichtung erneuerbarer Anlagen zur Stromproduktion im Quartier mit einer mittleren Priorität zu versehen. Der Vertrieb regionaler Stromprodukte über ein Gemeindeenergiwerk wird ein gemeinsames Vorgehen mit der Kerngemeinde Osdorf empfohlen. Bei beiden Maßnahmen handelt es sich um mittel- bis langfristige Maßnahmen.

Carsharing kann, wie bereits beschrieben, einen Mehrwert im ländlichen Raum generieren, ist aber im Vergleich zu anderen Maßnahmen eher nachrangig. Aus diesem Grund wird die Priorität der Maßnahme Carsharing für ein Sanierungsmanagement als gering eingestuft. Die weitere Förderung der Elektromobilität und des Radverkehrs wird mit geringer und mittlerer Priorität eingestuft. Bei der Errichtung von öffentlichen Ladesäulen ist dies vor allem auf den hohen Anteil an Einfamilienhäusern in Borghorsterhütten zurückzuführen, da ein Großteil der Anwohner voraussichtlich primär über eigene Wallboxen laden wird. Der Ausbau der Radwege außerhalb von Borghorsterhütten kann dazu beitragen, einige Strecken für die Fahrradnutzung attraktiver zu gestalten.

6 UMSETZUNGHEMMNISSE UND ÜBERWINDUNGSMÖGLICHKEITEN

6.1 ENERGETISCHE SANIERUNG

Die Umsetzungshemmnisse im Bereich der Sanierung wurden in die vier Kategorien „Persönliche“, „Finanzielle“, „Bauliche“ und „Sonstige“ aufgeteilt. Als persönliche Hemmnisse werden solche angesehen, die die Bedenken der Immobilienbesitzer zu Durchführung und Ergebnissen der Energieeffizienzmaßnahmen beschreiben. Finanzielle Hemmnisse beschreiben ökonomische Gesichtspunkte und die finanzielle Ausgangssituation der Immobilienbesitzer. Bauliche Hemmnisse betreffen die Umsetzbarkeit der Maßnahmen, die durch Auflagen oder bautechnische Gründe eingeschränkt wird.

Da die Überwindungsmöglichkeiten oft mehrere dieser Bereiche betreffen, wurden diese zusammenhängend als allgemeine Lösungen formuliert.

Persönliche Hemmnisse

- Energetischer Zustand der Immobilie ist nicht oder nur geringfügig bekannt (kein Problembewusstsein)
- Fehlendes Interesse am Thema „Energetische Sanierung“
- Fehlendes Umweltbewusstsein
- Unterschätzung des Einsparpotenzials
- Andere Prioritäten zur energetischen Sanierung (Investitionen wie Auto, Urlaub, soziale Absicherung)
- Befürchtung einer fachlichen Beratung eines Sachverständigen, die weder vollumfänglich noch unabhängig informiert
- Sorge vor negativen Ergebnissen der energetischen Sanierung (Bauschäden, Ästhetik, Komfortverlust, mangelhaft ausgeführte Arbeiten)
- Überforderung durch Vielschichtigkeit der Zusammenhänge der technischen, finanziellen und zeitlichen Aspekte
- Vorurteile gegenüber neuen Technologien
- Befürchtungen von Komfortverlust während der Bauarbeiten
- Lange Unbewohnbarkeit der Immobilie

Finanzielle Hemmnisse

- Geringe Wirtschaftlichkeit der Sanierung, Unklarheit zu Kosten/Wirtschaftlichkeit
- Enorme Preissteigerung im Bereich Baustoffe und Sanierung
- Zu hohe Investitionskosten/zu schwaches Einkommen
 - Hohe Kosten der Maßnahmen können zu alternativen Maßnahmen mit geringerer Energieeffizienz bzw. höherer Umweltbelastung führen
- Teilweise lange Amortisationszeiten → langfristige Bindung von Kapital
 - Bedenken bei älteren Menschen, dass es sich für sie nicht mehr lohnt
- Ältere Menschen erhalten keinen Kredit für eine Maßnahme
- Vermieter ziehen keinen direkten Nutzen aus energetischer Sanierung
- Die Förderantragsstellung stellt einen großen Aufwand dar → nicht niederschwellig
 - Unübersichtlich, undurchsichtig, kompliziert, aufwändig
 - Externe Unterstützung notwendig
 - Bei Förderung für Gebäudehülle ist externe Beantragung Voraussetzung

Bauliche Hemmnisse

- Architektonische oder bautechnische Gründe, die die Durchführung verhindern
- Dringlichere bauliche Vorhaben müssen umgesetzt werden
- Einschränkung durch Denkmalschutz
- Geringe Verfügbarkeit von Fachkräften für die Umsetzung

Überwindungsmöglichkeiten

- Kostenlose energetische Erstberatungen mit individuell angepassten Sanierungsvorschlägen
- Vorführung bereits sanierter Immobilien
 - Hinweis/Aufzeigen des Komfortgewinns
- Öffentliche Informationsveranstaltungen oder Onlineportal mit Informationen zu:
 - Energetische Zustände
 - Möglichkeiten und Vorteile einer energetischen Sanierung
 - (typische) technische Umsetzungsmöglichkeiten
 - Finanzielle Anreize und Fördermöglichkeiten
 - Komfortgewinn
- Unabhängige Unterstützung bei Antragstellung von Fördermitteln
- Einsatz eines Sanierungsmanagers zur Betreuung der Immobilienbesitzer
- Zusätzliche kommunale Angebote zur finanziellen Förderung und Beratung energetischer Sanierungsmaßnahmen
- Bewerbung und Durchführung von Webinaren zum Thema „energetische Sanierung“
- Änderung der rechtlichen, politischen und bürokratischen Rahmenbedingungen, zur Vereinfachung der Förderanträge/Erhöhung der Flexibilität
- Erweiterung des Sanierungshorizontes
- Beratung/Hinweis zu Mieteinnahmenerhöhung

6.2 WÄRMENETZ

Wie bereits bei den Hemmnissen der energetischen Sanierung werden die Hemmnisse eines Wärmenetzes in unterschiedliche Kategorien aufgeteilt. Persönliche Hemmnisse stellen eben jene dar, die Anwohner an einem Anschluss an das Wärmenetz hindern. Unter sonstige Hemmnisse werden alle baulichen und finanziellen Hemmnisse bei der Planung und Errichtung eines Wärmenetzes aus Betreibersicht zusammengefasst.

Persönliche Hemmnisse

- Akzeptanz
- Vorurteile gegenüber neuen Technologien
- Fehlendes Interesse am Thema – Kein ausreichendes Verständnis für die Funktion eines Wärmenetzes und als Folge Angst um Versorgungssicherheit
- Fehlendes Umweltbewusstsein
- Unterschätzung des finanziellen Einsparpotenzials bei hoher Anschlussquote

Sonstige Hemmnisse

Der Austausch einer Heizung durch eine neue Anlage, ob Wärmepumpe, Pelletkessel oder Anschluss an ein Wärmenetz, ist immer mit entsprechenden Investitionen verbunden.

- Investitionskosten für den Anschluss an das Wärmenetz
- Ein zu geringes Nachfragepotenzial verhindert die wirtschaftliche Machbarkeit
- Bei geringen Anschlussquoten können Kostensteigerungen bei Investitionen oder dem Energieeinkauf zu einer Unwirtschaftlichkeit des Wärmenetzes führen
- Es findet sich kein passender Standort für Heizzentrale
Sollte kein passender Standort gefunden werden kann eine lange Zuleitung die Vollkosten des Netzes erhöhen
Außerdem muss der Standort der Heizzentrale mit Emissionsschutzverordnung konform sein
- Es kommt zu keiner Einigung mit Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen
- Die Errichtung eigener regenerativer Stromquellen kann auf Grund von Flächen- oder Brennstoffverfügbarkeiten nicht umgesetzt werden

Überwindungsmöglichkeiten

Ein wichtiger Teil bei der Überwindung der vorgestellten Hemmnisse stellt die Aufklärung über eine mögliche Wärmenetzplanung dar. Über Informationsaushänge, Kampagnen und Infoabende kann den Anwohnenden die Unsicherheit bei dem Thema genommen werden und so die Akzeptanz erhöht werden. Zusätzlich sollte direkt mit Beginn einer Wärmenetzplanung der Austausch mit Flächeneigentümern und Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen in der Umgebung begonnen werden.

6.3 STROM

Folgende Hemmnisse sind bei der Stromversorgung in Borghorsterhütten wesentlich:

- Marktlage PV: Aktuell sind die Preise für Module stark gestiegen. Je nach Lage, Verschattung und Verbrauch sind eigene PV-Anlage aktuell unter Umständen nicht wirtschaftlich
- Aktuelle Strompreisentwicklung
Für ein Bürgerenergiewerk und die Vermarktung bilanzieller Stromprodukte sorgen die aktuellen Strompreise an der Börse und die Unsicherheit für die weitere Preisentwicklung dafür, dass aktuell wahrscheinlich keine günstigen Stromtarife angeboten werden könnten

6.4 MOBILITÄT

Im Bereich der Mobilität werden die Hemmnisse aufgeteilt nach individueller Personenkraftverkehr, ÖPNV und Carsharing.

Individueller Personenkraftverkehr

- Angst vor fehlender oder nicht ausreichender Ladeinfrastruktur
- Angst vor nicht ausreichender Reichweite
- Image des E-Autos: „*Kleines Spielzeug Auto.*“
- Aktuell haben E-Fahrzeuge ein deutlich höheres Investment als herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor
- Förderung wird in den nächsten Jahren wegfallen – 2023 wurde die Förderung bereits reduziert – 2024 wird sie weiter fallen.
- Lieferschwierigkeiten (frühzeitige Planung und Flexibilität)

ÖPNV

- Komforteinbußen durch Abhängigkeit von Fahrplänen
- Fehleinschätzung bei der Höhe der Kosten
→ Fahrtkosten werden häufig nicht mit den Gesamtkosten einer eigenen Fahrzeughaltung, sondern mit aktuellen Brennstoffpreisen verglichen
- Angst vor nicht ausreichender Verfügbarkeit des ÖPNV im öffentlichen Raum

Carsharing (Dörpsmobil)

- Verantwortlichkeiten
- Abschreckung durch logistischen Aufwand (zusätzlich App installieren, buchen, hinfahren, ...)
- Akzeptanz von Carsharing Angeboten
→ Aufklärung und Werbung, Erfahrungsaustausch

6.5 ALLGEMEINE HEMMNISSE

- Aktive Akteure vor Ort (Kümmerer vor Ort)
→ direkt am Anfang Sanierungsmanagement Verantwortliche_n wählen/bestimmen (auch über Sanierungsmanagement hinaus)
- Verfügbarkeit Ressourcen (Mensch wie Rohstoff)
→ frühzeitige, langfristige Planung, kurze Entscheidungswege → Kontingente sichern
- Unsicherheit am Markt
 - Preissteigerungen / Unsicherheiten in Anwohnerschaft
- Akzeptanz schaffen bei lokalen Playern (konkretisiert in jeweiligen Punkten)
 - Überwindung: Kampagnen und Infos (Im Idealfall aus dem Dorf heraus)

7 UMSETZUNG

Zentrales Element der Umsetzung ist das sich direkt anschließende Sanierungsmanagement. Die hier formulierten und priorisierten Maßnahmen sollten zunächst einzelnen Arbeitsgruppen, Peer Groups zugeordnet werden. Die Peer Groups gehen aus den Reihen der Lenkungsgruppe und engagierter Bürger_innen hervor. Die Vorteile sind eine größere Akzeptanz der Bürger_innen, eine Entkopplung von Änderungen in der Zusammensetzung des Gemeinderates und eine Entlastung des Sanierungsmanagements als solchem.

Das zweite Element der Umsetzung sind die regionalen und überregionalen Firmen, die im hohen Maße kooperieren müssen und für eine wirklich integrierte Quartiersversorgung übergeordnet gesteuert werden müssen. Diese Steuerung ist Aufgabe der Gemeindeverwaltung. Die Förderung der KfW hat hier ein unterstützendes Element, das Sanierungsmanagement, etabliert, welches genau für diese Aufgabe von der Gemeinde eingesetzt werden sollte. Als Kontrollinstanz soll hier immer die Lenkungsgruppe agieren.

7.1 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein zentraler Punkt in jedem energetischen Quartierskonzept und Sanierungsmanagement. Die Öffentlichkeit in Form von Bewohner_innen des Quartiers, Inhaber_innen großer Liegenschaften, Unternehmen oder wohnungswirtschaftlichen Akteuren und die Gewinnung und Mitnahme dieser ist ein großer Faktor beim Erreichen der gesetzten Ziele.

Wird die Mitnahme der Bevölkerung verfehlt, kann z.B. eine ausreichende Erhöhung des Sanierungsgrad meist nicht erreicht werden.

Aufklärung und Unterstützung der Bewohner_innen

Im Umgang mit der Einwohnerschaft ist es oft aufgefallen, dass viele Menschen sich mit der Thematik einer energetischen Sanierung bereits auseinandergesetzt haben, jedoch die monetären Mittel nicht ausreichen oder ein Unwissen über die bestehenden Möglichkeiten vorhanden ist.

Ein Ansatz wäre hier für die Bevölkerung kostenfrei in der Akquise von Fördermitteln unterstützend tätig zu sein. Dieses Angebot muss breit im öffentlichen Raum gestreut werden. Öffentliche Aushänge, Anzeigen in der lokalen Presse oder die Nutzung von sozialen Medien wären hier denkbar. Die Berührungssängste mit der Antragstellung von Fördermitteln müssen genommen werden. In einem kleinen Quartier wie Borghorsterhütten könnte auch mit einem Mund-zu-Mund-Effekt zu rechnen sein, bei welchem Menschen die bereits einen erfolgreichen Förderantrag gestellt haben, die Erfahrungen mit Nachbarn oder Bekannten teilen und die Mystifizierung dieses Prozesses außer Kraft setzt.

Auch die Darstellung von Amortisation ist ein starkes Mittel in der Öffentlichkeitsarbeit. Viele Menschen sehen nur die initialen Kosten und bedenken oft nicht, inwieweit sich eine Investition auf eine längere Zeit rechnet und einen Mehrwert darstellt. Dieses Gespür zu schulen ist für die Öffentlichkeitsarbeit eine denkbare Maßnahme und lässt sich in Öffentlichkeitsveranstaltungen, Informationsmaterialien oder der persönlichen Energieberatung vermitteln.

Das Aufzeigen von verschiedenen investiven Maßnahmen, kategorisiert in gering, mittel und hoch investiv ist zu empfehlen. So lässt sich für jede Person, unabhängig vom finanziellen Status, ein Handlungsfeld abbilden, um energetische Einsparungen vorzunehmen.

Auch das Angebot einer kostenfreien Energieberatung ist für die Erfolgreiche Umsetzung der Arbeit mit der Öffentlichkeit anzusetzen. Die Bevölkerung nimmt wahr, dass die Sanierungsmanager_innen im Ort präsent sind. Dies kann Vertrauen in das Vorhaben generieren. Der eigentliche Zweck einer Energieberatung soll jedoch die Aufklärung und das Informieren der fachfremden Personen sein. Hierbei soll die Immobilie in Augenschein genommen werden, Potenziale ermittelt und auf Fragen eingegangen werden. Hier können Empfehlungen ausgesprochen und Hilfestellung geleistet werden. Auch kann hierdurch ein permanenter Ansprechpartner abgebildet werden, welcher im möglichen Projektverlauf den einzelnen Privatpersonen zur Stelle ist.

Unterstützung der Energieversorger

Aus vorrangegangenen Projekten wurde die Erkenntnis gewonnen, dass die Energieversorger in der Außendarstellung und Kommunikation an und mit der Bevölkerung nicht immer optimal handeln. Der Bedarf an Unterstützung des Sanierungsmanagements an dieser Stelle muss immer individuell geprüft werden, im Falle von Borghorsterhütten wäre eine Unterstützung denkbar.

Bausteine der Öffentlichkeitsarbeit

Im Allgemeinen können als Standard einfache Bausteine zur Erfüllung einer umfassenden Öffentlichkeitsarbeit angesetzt werden.

- **Lenkungsgruppe**

Die Einrichtung einer gut funktionierenden Lenkungsgruppe ist äußerst wichtig. Dabei sollte darauf geachtet werden, Vertreter_innen aller Interessengruppen mit einzubeziehen. Dies können unter anderem private Bürger_innen, Energiedienstleister, kommunale Politiker_innen, lokales Gewerbe oder wohnungswirtschaftliche Unternehmen sein. Die Einbeziehung der privaten Bürger_innen soll an dieser Stelle hervorgehoben werden. Die Lenkungsgruppe muss aktiv in die Prozesse mit einbezogen werden und regelmäßig informiert werden. Zusätzlich sollte die Lenkungsgruppe nicht als statisch angenommen werden, sondern auch für neue Mitglieder offen sein und durch diese ergänzt werden können, sodass die Interessenslage verschiedener Peergroups der Gemeinde stetig gut abgebildet werden und vertreten sein kann.

- **Informationsveranstaltungen**

Veranstaltungen für die breite Öffentlichkeit sind wichtig, um die Bevölkerung zu informieren, über Projektverläufe aufzuklären und einen Raum für Fragen, Bedenken und Kritik zu schaffen.

- **Pressemitteilungen**

Mitteilungen in der lokalen Presse sind für die Ankündigung von Veranstaltungen von großer Bedeutung. Zu Beginn des Projektes sollte die lokale Presse gesichtet und die entsprechenden Ansprechpartner_innen ermittelt werden.

- **Flugblätter**

Da in der heutigen Zeit viele Menschen die Zeitungen gar nicht oder nicht zur Gänze lesen ist die Verteilung von Flugblättern oder Broschüren ein effektives Mittel um die Aufmerksamkeit der Bürger_innen zu erhalten. Hier können Ankündigungen gemacht oder allgemein informiert werden. Im Rahmen des Quartierskonzept haben sich Flugblätter als effektives Mittel bewährt.

- **Beschilderung**
Das Projekt nach außen zu tragen und nicht im Stillen zu agieren ist wichtig, um auch der letzten Person zu zeigen, dass vor Ort etwas passiert. Ein Schild an einer privaten oder öffentlichen Baustelle, die auf das Sanierungsmanagement hinweist, kann in den Köpfen einen Anstoß setzen. Auch Aushänge an öffentlichen Plätzen oder die Auszeichnung von zentralen Punkten des Projektes sollten in Betracht gezogen werden.
- **Beratung**
Individuelle Beratungen helfen dabei, die Berührungängste mit der Thematik zu nehmen und kleine Projekte voranzutreiben. Fragen klären, auf individuelle Probleme eingehen und unterstützend zur Hand gehen sind hier die wichtigsten Aspekte der Kommunikationsarbeit.
- **Soziale Medien**
Wenn es vor Ort bereits Gruppen oder Kanäle der sozialen Medien gibt, sollten diese unbedingt genutzt werden. Vor allem die jüngere Generation der Bürger_innen sollte sich so einfacher erreichen lassen und zum Mitmachen animierbar sein.

7.2 CONTROLLING-KONZEPT

Als übergeordnete Kenngröße des Projekterfolges sollte die Reduktion des CO₂-Austoßes stehen. Eine fortlaufende Kontrolle und Aktualisierung der Energie- und CO₂-Bilanz sind ein guter Weg, um den Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen zu dokumentieren. In einem nachgelagerten Sanierungsmanagement sollte eine regelmäßige Erfolgskontrolle durchgeführt werden. Hier schlagen wir eine Kooperation mit dem CO₂-Compass (<https://co2compass.org/>) vor. Der CO₂-Compass ist eine Initiative, die sich das Ziel gesetzt hat, die Erfolge der Energiewende in Kommunen in einer App zu visualisieren, um so der Gemeindeverwaltung und den Bürger_innen ein kontrollierendes und gleichzeitig motivierendes Werkzeug in die Hand zu geben.

Ziele aus den einzelnen Bereichen sollten regelmäßig an die Bürger_innen kommuniziert und auf Kanälen der Gemeinde veröffentlicht werden. Hierfür ist es ratsam eine Verantwortlichkeit zu kommunizieren. Ein „Kümmerer“ vor Ort oder aus dem Sanierungsmanagement sollte für die Erfolgskontrolle eingesetzt werden.

7.2.1 GEBÄUDESANIERUNG & HEIZUNGSUSTAUSCH

Eine Kontrolle des Sanierungsstands im Quartier ist lückenlos nicht einfach umzusetzen. Ein Indikator für den fortschreitenden Sanierungserfolg kann unter anderem die im Quartier verbauten Anlagen zur Wärmeerzeugung sein. Diese lassen sich über den Schornsteinfeger erfassen und jährlich vergleichen. Die Art des Brennstoffs und die Anlagenleistung kann einen Rückschluss auf CO₂-Einsparungen über die energetische Gebäudesanierung geben.

Weiterhin ist es zu empfehlen regelmäßig beim Stromnetzbetreiber einen aktuellen Stand der Bezugsdaten einzuholen. Hier gilt es die Zahl der Anschlussstellen und der Verbrauchten Menge Strom auszuwerten. Ein Rückgang der Anschlussstellen lässt die Annahme der Erhöhung des Anteils an regenerativer Energieerzeugung zu.

Zusätzlich kann ein_e im Quartier eingesetzte_r Sanierungsmanager_in über die Durchführung und Dokumentation von Energieberatungen eine Aussage über die im Quartier potenziell durchgeführten energetischen Maßnahmen treffen.

7.2.2 WÄRMENETZ

Im Wärmenetz ist ein Controlling der laufenden Maßnahmen in verschiedener Hinsicht möglich. Dadurch kann die Entwicklung der Anzahl der Anschlussstellen als Kennzahl betrachtet werden, genau wie die Anzahl der erschlossenen Gebiete. Die primäre Entwicklung der Anschlussstellen wird vom Wärmenetzbetreiber überwacht und auch berichtet. So kann abgeschätzt werden, welcher Anteil des Quartiers an das Netz angeschlossen ist und ob die selbst gesetzten Ziele hinsichtlich der Anschlussquote erreicht werden. Außerdem sollte die Wärmeversorgung hinsichtlich der Energieträger überwacht werden. Auf diese Weise kann überprüft werden, ob der tatsächliche Erzeugungsmix den ursprünglichen Annahmen entspricht.

7.2.3 STROM

Beim Controlling des Stromteils kann als erster Schritt die Anzahl und Leistung der installierten PV-Anlagen innerhalb der Gemeinde evaluiert und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Über den Netzbetreiber oder Smartmeter können darüber hinaus die Stromverbräuche ausgewertet werden. Diese Auswertungen können ebenfalls, mit Angabe der eingesparten CO₂-Menge im Vergleich zu den Vorjahren veröffentlicht werden.

Bei einem bilanziellen Stromprodukt kann die Anzahl der abgeschlossenen Verträge sowie die bereitgestellte Energie kommuniziert werden. Auf diese Weise kann ausgewertet werden, welcher Anteil des Strombedarfs von Borghorsterhütten bereits über das lokale Bürgerenergiewerk gedeckt wird.

7.2.4 MOBILITÄT

Bei der Mobilität gibt es verschiedene Controlling Möglichkeiten, die sich auf die verschiedenen Bereiche (z.B. individueller Personenkraftverkehr) beziehen:

- Anzahl gemeldeter E-Fahrzeuge (über das Kraftfahrtbundesamt)
- Auslastung des Carsharing-Angebotes (wie z.B. des Dörpsmobils)
- Stromabnahme an öffentlichen Ladesäulen (Mobilitätsstation)
- Auslastung des Nahverkehrs

7.3 SANIERUNGSMANAGEMENT

Das Sanierungsmanagement sollte im direkten Anschluss an die Fertigstellung dieses Konzeptes zur Begleitung der Umsetzung und detaillierten Ausarbeitung der formulierten Maßnahmen starten, um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen.

Zusammengefasst lauten die Aufgaben des Sanierungsmanagements:

- Gesamtkoordination
- Vernetzung der Akteure
- Bürgerbeteiligung
- Informations- und Öffentlichkeitsarbeit
- Projektmanagement/Qualitätsmanagement in der Maßnahmenumsetzung
- Beratung vor Ort
- Monitoring/Evaluation
- Integration in ein umfassendes kommunales Klimaschutzmanagement

Die Sanierungsmanager_innen sollten nah an der Gemeinde und den lokalen Akteuren arbeiten und falls nötig Expert_innen von außerhalb hinzuziehen. Im Rahmen des Sanierungsmanagements sollte auch die Dokumentation des parallellaufenden Controllings, beschrieben in Kapitel 7.2, erfolgen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- Aalborg CSP. (2022). Heat Pump Systems. Abgerufen am 9. Juni 2022 von <https://www.aalborgcsp.com/business-areas/heat-pump-systems>
- ADAC. (22. Juli 2020). Kosten für E-Autos: Ladeverluste nicht vergessen. Abgerufen am 9. Juli 2022 von <https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/technik/ladeverlust.html>
- ADFC. (2020). Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club - Förderung kommunaler Radverkehrsinfrastruktur. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.adfc.de/artikel/foerderung-kommunaler-radverkehrsinfrastruktur>
- Ariadne-Report. (2021). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich gerechnet*. Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung . Von https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_Kapitel3_Waermewende.pdf abgerufen
- BAFA. (2. August 2022). Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): EU Kommission genehmigt Förderung von grünen Fernwärmenetzen. (B. f. Ausfuhrkontrolle, Hrsg.) Von https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Energieeffizienz_waermetze/20220822.html abgerufen
- BDEW. (2016). *Leitfaden - Abwicklung von Standardlastprofilen Gas*. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.
- BDEW. (kein Datum). *Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland*. Von <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/> abgerufen
- BGW, B. d.-u. (2006). *Anwendung von Standardlastprofilen zur Belieferung nicht-leistungsgemessener Kunden*. Berlin und Brüssel: wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH.
- BMDV. (Dezember 2018). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - Mobilität in Deutschland. Abgerufen am 5. Juli 2022 von http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Tabellenband_Deutschland.pdf
- BMKW. (14. Juli 2022). *65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6. Von https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6 abgerufen
- BMUV. (2016). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz - Der Klimaschutzplan 2050. Abgerufen am 7. Juli 2022 von <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050>
- BMWi. (2021). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*.
- BMWK. (2023). *Bundesministerium für Wirtschaft und Klima*. Von Photovoltaik Strategie: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=6 abgerufen

- BNetzA. (24. März 2023). *Marktstammdatenregister*. Von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Startseite/> abgerufen
- Böhm, T. d. (2022). Von <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/421/644> abgerufen
- Bundesnetzagentur. (2023). Anzulegende Werte für Solaranlagen November 2021 bis Januar 2022.
- Bundesregierung. (2. Mai 2022). Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. (2021). BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2021. Abgerufen am 5. Mai 2022 von https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf
- C.A.R.M.E.N e.V. (30. Juli 2022). EEG 2023: Neue Vergütungssätze für Photovoltaik gelten ab 30. Juli 2022. Abgerufen am 5. August 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/08/02/eeg-2023-neue-verguetungssaetze-fuer-photovoltaik-gelten-ab-30-juli-2022/>
- C.A.R.M.E.N e.V. (2022). Heizungsmodernisierung - ein Kostenvergleich. Abgerufen am 10. Juni 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/03/20/heizungsmodernisierung-im-einfamilienhaus-ein-kostenvergleich/>
- Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde*. (kein Datum). Von https://www.schleswig-holstein.de/mm/downloads/MILIG/lepWind_2020/Planunterlagen_RP2/Datenblaetter_RDE_PR2.pdf abgerufen
- Dörpsmobil SH. (2020). Ein Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum. Abgerufen am 4. Juni 2022 von https://www.doerpsmobil-sh.de/fileadmin/user_upload/Anlage_Doerpsmobil_Leitfaden_Dez_2020.pdf
- DWD. (2022). Testreferenzjahre (TRY). Von <https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html> abgerufen
- Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH. (2016). *PRAXISLEITFADEN NAHWÄRME*. Kaiserslautern.
- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022. (28. 06 2022).
- Fraunhofer ISE. (14. Februar 2020). PVT - Status Quo für den Anwendermarkt. Abgerufen am 2. August 2022 von https://www.getec-freiburg.de/fileadmin/content/GETEC/PDF_Dokumente/Vortraege_2020/FR_PVT_KramerK_final_V2.pdf
- geg. (8. August 2020). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer.
- GEG. (2022). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)*.
- Hamburg Institut. (2016). Planungs- und Genehmigungsleitfaden für Freiflächen-Solarthermie. in Baden-Württemberg.
- HEATPUMPDATA. (2022). Abgerufen am 9. Juni 2022 von <https://heatpumpdata.eu/>
- Heinz, D. (2018). Erstellung und Auswertung repräsentativer Mobilitäts- und Ladeprofile für Elektrofahrzeuge in Deutschland. doi:10.5445/IR/1000086372

- KBA. (1. Januar 2022). Abgerufen am 25. Juli 2022 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html
- Kelm, T. M. (2019). Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c.: *Solare Strahlungsenergie*.
- KfW. (30. 11 2022). *Infoblatt CO2-Faktoren*. Von [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004912_Infoblatt_295_CO2_Faktoren.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004912_Infoblatt_295_CO2_Faktoren.pdf) abgerufen
- Kleinertz, B. F. (2019). Vergleich und Bewertung verschiedener Speicherkonzepte für Nahwärmenetze der 4. Generation. *Vortrag im Rahmen der 11. Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT vom 13. – 15. Februar 2019 in Wien*.
- Kraftfahrt-Bundesamt. (1. Januar 2022). Abgerufen am 5. Juli 2022 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html
- Kraftfahrt-Bundesamt. (1. Januar 2022). Abgerufen am 15. Juli 2022 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/umwelt_node.html
- LfU. (2023). Hydrothermale tiefe Geothermie – Informationen zur Region Osdorf. *Persönliche Mitteilung*. (L. f. Umwelt, Hrsg.) Schleswig-Holstein .
- Meteonorm. (2023).
- Ministerium für Inneres, I. R. (2022). *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II. Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. Von https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung_raumordnung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene_wind/fh_teilfortschreibung_lep_wind_RP2.html#doc81d469bb-9c93-438e-aa36-fd73d7750240bodyText2 abgerufen
- Ministerium für Inneres, I. R.-H. (kein Datum). Regionalplans für den Planungsraum II in Schleswig-Holstein Kapitel 5.7 (Windenergie an Land).
- Ministerium für Umwelt, K. u.-W. (2019). Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden. Stuttgart.
- Ministeriums für Inneres, I. R. (01. 09 2021). *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich*. Von Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich. Gemeinsamer Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt Natur und abgerufen
- Pierott, M. (2022). *thewindpower.net*. Von https://www.thewindpower.net/windfarm_de_28877_gut-wulfshagen.php abgerufen
- Solarthermalworld. (8. Dezember 2021). Abgerufen am 2. August 2022 von <https://solarthermalworld.org/news/between-three-and-eight-million-heat-pumps-2030/>
- solarwatt. (2022). Einstrahlungskarte des Deutschen Wetterdienstes. Abgerufen am 2022 von <https://www.solarwatt.de/ratgeber/einstrahlungskarte>
- Statista. (27. Januar 2022). Abgerufen am 6. Juli 2022 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/484054/umfrage/durchschnittsverbrauch-pkw-in-privaten-haushalten-in-deutschland/>

- SWM. (2023). Von <https://www.swm.de/energiewende/oekostrom-erzeugung#geothermie> abgerufen
- TGA-Praxis. (12. Mai 2022). PVT-Wärmepumpensysteme für Mehrfamilienhäuser. Abgerufen am 2. August 2022 von https://www.tga-praxis.de/sites/default/files/public/data-fachartikel/MGT_2022_05_PVT-Waermepumpensysteme-_fuer-Mehrfamilienhaeuser_12-15.pdf
- UBA. (November 2021). Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>
- Uhland, T. S. (2020). *energieagentur-suedwest*. Von https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020_05_solar_cluster_bw__pv-netzwerk_photovoltaik_in_kommunen_-_broschuere_online_final.pdf abgerufen
- Umweltbundesamt. (3. März 2021). Radverkehr. Abgerufen am 7. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#vorteile-des-fahrradfahrens>
- Umweltbundesamt. (2022). *CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_28-2022_emissionsfaktoren-brennstoffe_bf.pdf abgerufen
- Umweltbundesamt. (2023). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklung und Trends in Deutschland 2022*. Von https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=3 abgerufen
- Umweltbundesamt. (17. März 2023). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 27. März 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- VDEW. (1999). *Representative VDEW-Lastprofile*. Frankfurt (Main): Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.
- VDEW. (2000). *Zuordnung der VDEW-Lastprofile zum Kundengruppenschlüssel*. Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.
- Verbraucherzentrale. (17. Juni 2021). Ist ein Tarif mit Ökostrom und Ökogas überhaupt sinnvoll? Abgerufen am 28. Juni 2022 von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/ist-ein-tarif-mit-oekostrom-und-oekogas-ueberhaupt-sinnvoll-8207>
- Verein Deutscher Ingenieure. (2012). *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung*.
- Wirth, D. H. (2023). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Freiburg.