

Bordelum 100% erneuerbar
**Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten
Quartierskonzeptes**
Kerngemeinde Bordelum

Im Auftrag von: **Gemeinde Bordelum über Amt Mittleres Nordfriesland**

Ansprechpartner*in: Peter Reinhold Petersen, Bürgermeister Bordelum

Auftragnehmer*in: **Planungsgruppe GP JOULE GmbH & EcoWert 360° GmbH**

EcoWert 360°GmbH
Lise-Meitner-Straße 1, 24941 Flensburg

Bearbeitung: Jörgen Klammer Dipl.-Ing., Oliver Viertmann M.Eng.,
LiMan Keller und Lukas Schmeling M.Eng. Dipl.-Ing.

GP JOULE GmbH
Cecilienkoog 16, 25821 Reußenköge

Bearbeitung: Andreas Höfs M.Sc., Catharina Kapp B.Eng.,
Sören Haase M.Eng., Henrik Dunkel B.Eng.

In Kooperation mit: Kooperationspartner*innen
Stand: 11.11.2020

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

Gefördert durch:



Aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt, Natur
und Digitalisierung

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	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	8
KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung	9
1 Zusammenfassung	10
2 Einführung	11
2.1 Das Quartier Kerngemeinde Bordelum	11
2.1.1 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte	12
2.2 Methodik und Vorgehensweise	14
2.3 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess.....	15
3 Energetische Ausgangssituation im Quartier	16
3.1 Datenquellen und Datengüte	16
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäude und Heizungsbestand	18
3.2.1 Wohngebäude	18
3.2.2 Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften	18
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor)	19
3.3 Bestandsaufnahme: Endenergieverbrauch	19
3.3.1 Quartierslastprofil Wärme	20
3.3.2 Quartierslastprofil Strom.....	20
3.4 Bestandsaufnahme: Endenergieerzeugung- und Bereitstellung.....	21
3.4.1 Wärmeversorgung.....	21
3.4.2 Stromversorgung	21
3.4.3 Mobilität.....	22
4 Energie- und CO₂-Bilanz	23
4.1 Energie- und CO ₂ -Bilanz Wärme.....	24
4.2 Energie- und CO ₂ -Bilanz Strom	25
5 Energie- und CO₂-Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung	27
5.1 Fördermöglichkeiten	28
5.1.1 Wohngebäude	28
5.1.2 Nicht-Wohngebäude	29
5.1.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor)	30
5.2 Mustersanierungen	30
5.2.1 Mustersanierungskonzept Energieeffizienzklasse E.....	31
5.2.2 Mustersanierungskonzept Energieeffizienzklasse G	32
Planungsgruppe GP JOULE GmbH & EcoWert 360° GmbH	2

5.2.3	Mustersanierungskonzept Energieeffizienzklasse H	33
5.3	Umsetzungshemmnisse und mögliche Überwindung.....	35
6	Energie- und CO₂-Minderungspotenziale durch Sektorkopplung	36
6.1	Energieerzeugung.....	36
6.2	Wärmeversorgung.....	37
6.2.1	Szenarienbeschreibung	37
6.2.2	Erweiterung des Bestandwärmenetzes.....	44
6.2.3	Kerngebiet – Szenario I 2025.....	46
6.2.4	Kerngebiet – Szenario II 2028.....	47
6.2.5	Kerngebiet – Szenario III 2028.....	49
6.2.6	Büttjebüll – Szenario I 2021/2025	50
6.2.7	Büttjebüll – Szenario II 2033.....	51
6.2.8	CO ₂ – Reduzierung in den Wärmeszenarien	52
6.2.9	Einzelverbraucher.....	55
6.2.10	CO ₂ – Reduzierung der Einzelverbraucher	58
6.3	Stromversorgung.....	61
6.3.1	Bilanzielle Stromprodukte	61
6.3.2	Bordelum – Szenario I 2028.....	62
6.3.3	Bordelum – Szenario II 2050.....	64
6.3.4	Zusätzliche Verbraucher	65
6.3.5	Mobilität.....	66
6.3.6	CO ₂ – Reduzierung durch E-Mobilität.....	68
6.3.7	CO ₂ – Reduzierung in den Stromszenarien.....	69
7	Wirtschaftlichkeit	70
7.1	Systemgerechte Energiepreise	70
7.2	Wärmeversorgung.....	70
7.2.1	Wärmenetze	70
7.2.2	Einzelverbraucher.....	72
7.3	Fördermöglichkeiten	73
8	Nachhaltige Geschäftsmodelle für die BGA	75
8.1	Flexibilisierung.....	76
8.2	Direktvermarktung	76
8.3	Systemdienstleistungen	77
8.4	Anschlussförderung.....	78
8.5	Direktversorgung.....	79
9	Massnahmenkatalog.....	80

10	Umsetzung.....	82
10.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	82
10.2	Controlling-Konzept.....	85
10.3	Sanierungsmanagement.....	86
11	Literaturverzeichnis	87

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Innenentwicklung Bordelum West; Quelle: Ortsentwicklungskonzept Bordelum 2019 .	13
Abbildung 2: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung	14
Abbildung 3: Summenlastprofil der Ortsteile für den Wärmeverbrauch	20
Abbildung 4: Summenlastprofil der Ortsteile für den Stromverbrauch.....	20
Abbildung 5: Prozentuale Verteilung Primärenergie Wärme im Gesamtquartier Bordelum	21
Abbildung 6: Eigene Darstellung - Verteilung der Gebäude in Bordelum auf Energieklassen der EnEV	27
Abbildung 7: Eigene Darstellung - Anteil der Gebäudeklassen am Wohngebäude Wärmebedarf Bordelums	27
Abbildung 8: Infrastruktur der Energieerzeugung	36
Abbildung 9: Vorgehen Szenarien	37
Abbildung 10: Wärmenetze	42
Abbildung 11: Prinzipschema Kerngebiet	43
Abbildung 12: Prinzipschema Büttjebüll 2021/2025.....	44
Abbildung 13: Aktueller Wärmebedarf und Wärmebedarf einer Erweiterung	45
Abbildung 14: Wärmeerzeugung mit einer Wärmenetzerweiterung	45
Abbildung 15: Wärmeversorgung im Szenario I für das Kerngebiet 2025	47
Abbildung 16: Wärmeversorgung im Szenario II für Kerngebiet 2028	48
Abbildung 17: Wärmeversorgung im Szenario III für das Kerngebiet 2028	50
Abbildung 18: Wärmeversorgung im Szenario I für Büttjebüll 2025	51
Abbildung 19: Wärmeversorgung im Szenario II für Büttjebüll 2033	52
Abbildung 20: Wärmeerzeugung Birkenweg 14.....	56
Abbildung 21: Wärmeerzeugung Boy-Jacobsen-Weg 15	57
Abbildung 22: Wärmeerzeugung Dörpstraat 6	57
Abbildung 23: Strombedarf im Szenario I für Bordelum 2028	63
Abbildung 24: Stromversorgung im Szenario I für Bordelum 2028	64
Abbildung 25: Strombedarf im Szenario II für Bordelum 2050	64
Abbildung 26: Stromversorgung im Szenario II für Bordelum 2050	65
Abbildung 27 Tageslastgang Mobilität	67
Abbildung 28 Vollkosten Heizsysteme für Einzelverbraucher	72
Abbildung 29: Entwicklung der Strommarkterlöse (Quelle: Fachagentur nachwachsender Rohstoffe)	77
Abbildung 30: Visualisierung des Erfolges auf dem Weg zu ZERO-Emission (Quelle: CO2-Compass.org)	85

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW	9
Tabelle 2: Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine.....	15
Tabelle 3: Datengüte für Endenergieverbrauchsdaten für kommunale Energiebilanzen nach IFEU-Empfehlung (Quelle: (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014)) ..	16
Tabelle 4: Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach IFEU-Empfehlung (Quelle: (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014)).....	16
Tabelle 5: Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs (eigene Darstellung auf Basis (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014))	17
Tabelle 6: Vergleich Umfrage Bordelum vs. Leitfaden Gebäudetopologie Schleswig-Hollstein	18
Tabelle 7: Sanierungsgrad nach Leitfaden Gebäudetopologie Schleswig-Hollstein	18
Tabelle 8: thermisch Energieverbrauch pro Ortsteil auf langjähriges Mittel hochgerechnet	19
Tabelle 9: elektrischer Energieverbrauch pro Ortsteil	19
Tabelle 10: Erzeugungsanlagen elektrisch	22
Tabelle 11: Kfz-Aufkommen Kerngemeinde Bordelum.....	22
Tabelle 12: Vereinfachte Gesamtenergie- und CO ₂ -Bilanz.....	23
Tabelle 13: Verwendete CO ₂ -Emissionsfaktoren.	23
Tabelle 14: Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen.....	24
Tabelle 15: CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen.....	24
Tabelle 16: Anteil der fünf größten Verbrauchstypen am Endenergieverbrauch CO ₂ -Ausstoß (Wärme).	25
Tabelle 17: Endenergiebilanz der Stromversorgung.	25
Tabelle 18: CO ₂ -Bilanz der Stromversorgung.	26
Tabelle 19: Anteil der fünf größten Verbrauchstypen am Endenergieverbrauch und CO ₂ -Ausstoß (Strom).....	26
Tabelle 20: Sanierungsmaßnahmen - Dörpstraat 6 - Klasse E, 143 kWh/(m ² *a) – Bj.: 1993; Bj. Wärmerezeuger: 1993	32
Tabelle 21: Sanierungsmaßnahmen – Alte Dorfstraße 10 – Klasse F, 200 kWh/(m ² *a) – Bj.: 1978; Bj. Wärmerezeuger: 1988	33
Tabelle 22: Sanierungsmaßnahmen - Birkenweg 14 - Klasse H, 325 kWh/(m ² *a) - Bj. 1973; Bj. Wärmerezeuger: 2011	34
Tabelle 23: Übersicht Erzeugung.....	37
Tabelle 24: Ende der EEG-Vergütung	38
Tabelle 25: Netzinformationen	43
Tabelle 26: Kurzbeschreibung Szenario I für das Kerngebiet 2025	46
Tabelle 27: Wärmerezeugung im Szenario I für das Kerngebiet 2025	46
Tabelle 28: Kurzbeschreibung Szenario II für das Kerngebiet 2028	47
Tabelle 29: Wärmerezeugung im Szenario II für das Kerngebiet 2028	48
Tabelle 30: Kurzbeschreibung Szenario III für das Kerngebiet 2028	49
Tabelle 31: Wärmerezeugung im Szenario III für das Kerngebiet 2028	49
Tabelle 32: Kurzbeschreibung Szenario I für Büttjebüll 2025	50
Tabelle 33: Wärmerezeugung im Szenario I für Büttjebüll 2025	50
Tabelle 34: Kurzbeschreibung Szenario II für Büttjebüll 2033	51
Tabelle 35: Wärmerezeugung im Szenario II für Büttjebüll 2033	51
Tabelle 36: CO ₂ Emissionsfaktoren.....	52
Tabelle 37: Verteilung der Energieträger zur Wärmerezeugung	53
Tabelle 38: CO ₂ Einsparung in den verschiedenen Wärmeszenarien	54

Tabelle 39: Wärmebedarf der Einzelverbraucher außerhalb der Fernwärmeversorgung	55
Tabelle 40: Energieträger der Heizsystem der Einzelverbraucher	55
Tabelle 41: Übersicht der drei Musterhäuser	56
Tabelle 42: Übersicht der modernisierten Heizsystem der Einzelverbraucher.....	59
Tabelle 43: CO ₂ Einsparung der Einzelverbraucher.....	60
Tabelle 44: Kurzbeschreibung Szenario I für Bordelum 2028	62
Tabelle 45: Stromerzeugung im Szenario I für Bordelum 2028	63
Tabelle 46: Kurzbeschreibung Szenario II für Bordelum 2050	64
Tabelle 47: Stromerzeugung im Szenario II für Bordelum 2050	65
Tabelle 48 Annahmen Elektromobilität	67
Tabelle 49: CO ₂ Einsparung durch E-Mobilität in den beiden Stromszenarien.....	68
Tabelle 50: CO ₂ Einsparung in den beiden Stromszenarien	69
Tabelle 51: Wirtschaftlichkeit der fünf Wärmeszenarien	71

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Klartext
AC	Alternating Current (Wechselstrom)
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BSP	Bürgersolarpark
BWP	Bürgerwindpark
ca.	circa
CO₂	Kohlenstoffdioxid
COP	Coefficient of performance
DC	Direct Current (Gleichstrom)
E	Energie (Formelzeichen)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
el.	elektrisch
FW	Fernwärme
HH	Haushalt
ICT	Information and Communication Technology
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
kg	Kilogramm (Einheit Gewicht)
km ²	Quadratkilometer (Einheit Fläche)
kW	Kilowatt (Einheit Leistung)
kWel	Kilowatt elektrisch (Einheit Leistung)
kWh	Kilowattstunden (Einheit Energie)
kWhel	Kilowattstunden elektrisch (Einheit Energie)
kWhth	Kilowattstunden thermisch (Einheit Energie)
kWp	Kilowatt Peak (DC Leistung bei Standard Test Bedingungen)
LEP	Landesentwicklungsplan
m ²	Quadratmeter
MaStR	Marktstammdatenregister
MKH	Mutter-/Vater-Kind-Fachklinik
MW	Megawatt (Einheit Leistung)
MWh	Megawatt Stunde (Einheit Energie)
MWh/a	Megawatt Stunden pro Jahr
P	Leistung (Formelzeichen)
PV	Photovoltaik
Q	Wärmeenergie (Formelzeichen)
StromSTV	Verordnung zur Durchführung des Stromsteuergesetzes
th.	thermisch
WKA	Windkraftanlage
WKA	Wasserkraftanlage
WP	Wärmepumpe

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) und deren Energieeinspar- und Effizienzpotenziale (Ausgangsanalyse)	3
Beachtung vorhandener integrierter Stadtteilentwicklungs- (INSEK) oder wohnwirtschaftlicher Konzepte bzw. integrierter Konzepte auf kommunaler Quartiersebene sowie von Fachplanungen und Bebauungsplänen	2.1.1
Aktionspläne und Handlungskonzepte unter Einbindung aller betroffener Akteure (einschließlich Einbeziehung der Öffentlichkeit)	8.5; 9.1
Aussagen zu baukulturellen Zielstellungen unter Beachtung der Denkmäler und erhaltenswerter Bausubstanz sowie bewahrenswerter Stadtbildqualitäten	2.1.1
Gesamtenergiebilanz des Quartiers als Ausgangspunkt sowie als Zielaussage für die energetische Stadtsanierung unter Bezugnahme auf die im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.9.2010 formulierten Klimaschutzziele für 2020 bzw. 2050 und bestehende energetische Ziele auf kommunaler Ebene	4
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse (technisch, wirtschaftlich, zielgruppenspezifisch bedingt) und deren Überwindung, Gegenüberstellung möglicher Handlungsoptionen	5.3; 6.4
Benennung konkreter energetischer Sanierungsmaßnahmen und deren Ausgestaltung (Maßnahmenkatalog) unter Berücksichtigung der quartiersbezogenen Interdependenzen mit dem Ziel der Realisierung von Synergieeffekten sowie entsprechender Wirkungsanalyse und Maßnahmenbewertung	5.2; 8.1; 8.2
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und zur Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen, Maßnahmen der Erfolgskontrolle	5.2; 5.2; 8.1; 8.2; 9.2
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	2.2; 9; 10
Information und Beratung, Öffentlichkeitsarbeit	2.3; 10.2

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung der Gemeinde ist vielversprechend. Bei einer durchgeführten Umfrage zu den Themen Energieverbrauch und dem Wechsel zu regionaler und erneuerbar erzeugter Energie zu Beginn der Datenerfassung war die Beteiligung mit 30 % hoch. In der Auswertung zeichnete sich Interesse der Bürger_innen zu einer nachhaltigen Versorgung ab. Das zeigt auch der bereits hohe Sanierungsgrad im Quartier. Insgesamt wurde ein Wärmebedarf von ca. 21 GWh pro Jahr erfasst. Dieser kann nahezu vollständig mit regionalen Erneuerbaren Energien gedeckt werden.

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 50 % 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 einer statischen Amortisationszeiten zwischen 2 und 15 Jahren haben wirtschaftliche und nachhaltige Aussichten. 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 Erzeugerseiten lassen sich durch Sektorkopplung Energie- und CO₂-Minderungspotenziale ausschöpfen. Die bereits vorhandene Infrastruktur zur Energieerzeugung in der Gemeinde ermöglicht es, die CO₂-neutrale Stromerzeugung durch die drei Bürgerwindparks und den PV-Park auch für die Bereiche Wärme und Verkehr nutzbar zu machen. Der produzierte Wind- und PV-Strom übersteigt bereits jetzt den Strombedarf der Gemeinde um ein Vielfaches. Doch auch bei Umsetzung der vorgeschlagenen Sektorkopplungsmaßnahmen kann weiterhin Überschussstrom erzeugt werden. Die Wärmeversorgung kann durch den Ausbau des Bestandsnetzes und die Integration der Windenergie nach 20 Jahren Einspeisevergütung oder bei entsprechender Anpassung der Gesetzeslage auch schon heute über die Nutzbarmachung von Abschaltzeiten nachhaltig gestaltet werden. So können im Kerngebiet bis zu 526 Haushalte wirtschaftlich sinnvoll mit nachhaltiger Fernwärme versorgt werden, wodurch bereits bei einer Anschlussquote von 55 % 2.400 Tonnen CO₂ pro Jahr eingespart werden. Die Errichtung eines Wärmenetzes in Büttjebüll mit dem Anschluss aller Haushalte ist aufgrund hoher Investitionskosten und geringer Anschlussnehmerzahlen nicht wirtschaftlich zu realisieren. Eine optimierte, verkürzte Trasse, an die nicht alle Haushalte angeschlossen werden und die in einer höheren Wärmeliniedichte resultiert, kann zur Umsetzung verhelfen. 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 Wärmepumpen als Heizsystem, die mit Strom aus regionalen Stromtarifen betrieben werden, ausgerüstet werden. Alternativ kann Solarthermie Heizungsanlagen nachhaltig ergänzen.

Bilanzielle Stromtarife, die über ein Bürgerenergiewerk angeboten werden, bieten die beste Möglichkeit, lokale Energieerzeugung und Energieverbrauch im Stromsektor zusammenzuführen. Dies gilt ebenfalls für den Mobilitätssektor, in dem ein Mobilitätstarif durch preisgünstige, nachhaltige Tarifgestaltung Anreize für E-Mobilität schaffen kann.

Die Studie zeigt: Bordelum hat das Potenzial weiterhin Vorreiter der Energiewende zu sein. Dieses Potenzial kann schon heute, etwa durch Sanierungsmaßnahmen oder die Erweiterung des Wärmenetzes durch die volle Nutzung der Biogaskapazitäten, angegangen werden.

2 EINFÜHRUNG

Der erste Meilensteinbericht soll den heutigen Stand der Energieerzeugung und des Verbrauches in der „Kerngemeinde Bordelum“, 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 der Gemeinde Bordelum ist ein umfassendes Quartierskonzept, das im Folgenden näher beschrieben wird.

2.1 DAS QUARTIER KERNGEMEINDE BORDELUM

Die Gemeinde Bordelum liegt im Kreis Nordfriesland in Schleswig-Holstein. Die Region zeichnet sich durch einen großen Anteil an regenerativer Energieversorgung aus. Stromseitig ist die Gemeinde bereits bilanziell energieautark und als sogenannte Überhangregion zu bewerten. Allerdings fehlt ein Bezug zu der Energienutzung im direkten Lebensumfeld – erneuerbare Energien werden bisher lediglich in die nachgelagerten Netze eingespeist. Vor diesem Hintergrund wurde in der Gemeinde von der Interessengemeinschaft „Erneuerbare Bordelum“, bestehend aus Vertretern der Gemeinde, der lokalen Betreibergesellschaften, privaten Initiatoren und regionalen Unternehmen, die Projektidee entwickelt, die Gemeinde mit 100 % erneuerbaren Energien dezentral und autark zu versorgen. Die überschüssige Energie soll weiterhin aus dem dezentralen System in das öffentliche Netz übergeben werden.

Daraufhin wurde die Arbeitsgruppe GP JOULE GmbH & EcoWert360° GmbH mit der Entwicklung eines integrierten Quartierskonzeptes beauftragt. Die Inhalte und räumliche Abgrenzung des Quartierskonzeptes richten sich nach den Vorgaben des KfW Merkblatts Nr. 432 („Energetische Stadtsanierung – Zuschüsse für integrierte Quartierskonzepte und Sanierungsmanager“). Da Bordelum sich mit einer Gesamtfläche von 34,71 km² über 10 Teilgemeinden erstreckt, ist es aufgrund der geografischen Distanzen der einzelnen Ortsteile gemäß dem Förderprogramm nicht möglich, die gesamte Gemeinde Bordelum innerhalb eines Quartiers zu bilanzieren und darzustellen. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2018 die Teilgemeinde Dörpum (*Schaufenster Dörpum* (ARGE Energie Dörpum, 2019)) als erstes Quartier der Gemeinde innerhalb eines Quartierskonzeptes für eine klimaneutrale Energieversorgung untersucht. Die Ergebnisse dienen dem Konzept der hier betrachteten Kerngemeinde Bordelum als „Blaupause“ für die zukünftige Energieversorgung.

Die Kerngemeinde Bordelum hat ca. 1.500 Einwohner, die sich auf 602 Haushalte verteilen. Des Weiteren befinden sich zwei landwirtschaftliche Betriebe und einige kleine Gewerbebetriebe in der Gemeinde. Die Ausgangssituation in Bordelum ist für die Entwicklung eines 100% erneuerbar versorgten Quartiers ideal. Zu den regenerativen Erzeugungsanlagen zählen bürgereigene Windparks mit einer Gesamtleistung von 67,1 MW, private Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 2.500 kWp (gesamte Gemeinde inkl. Dörpum) eine BGA mit 650 kWel sowie ein Satelliten-BHKW mit 300 kWel der BGA Dörpum. Ein weiteres Satelliten-BHKW wurde im Sommer 2019 in Betrieb genommen und befindet sich in unmittelbarer Nähe der neugebauten Begegnungsstätte BordelumHus, dem Kindergarten und der Grundschule. Somit sind erneuerbare Energien aus den unterschiedlichen Erzeugungsbereichen sehr gut verfügbar. Die Gemeinde Bordelum ist daher auch ein idealer Standort für die Gründung eines Gemeindewerkes zur Vermarktung des lokal erzeugten, erneuerbaren Stroms innerhalb der Gemeinde und den Betrieb eines geschlossenen Verteilernetzes (früher „Arealnetz“ genannt).

ZIELSETZUNG

Die Gemeinde verfolgt gemeinsam mit den ortsansässigen Betreibergesellschaften der erneuerbaren Energien das Ziel, eine echte Autarkiefähigkeit herzustellen. Somit sollen beispielhaft Konzepte zu regionaler Wertschöpfung, sowie den Steuerungs- und Bilanzierungsmöglichkeiten autarkiefähiger regionaler Energiecluster aufgezeigt und diese entwickelten Zukunftskonzepte unmittelbar umgesetzt werden. Daneben soll aber vor allem untersucht werden, wie im Rahmen eines solchen Konzeptes der Fortbestand von Biogas- und anderen Erneuerbare-Energien-Anlagen nach Ablauf der EEG-Vergütungsphase (Post-EEG-Szenarien) wirtschaftlich dargestellt werden kann.

Das Projekt „Schaufenster Dörpum – Aufbau einer 100 % erneuerbaren Strom- und Wärmeversorgung im regionalen Kontext“ soll nachweisen, dass und wie ein autarkes, aus regenerativen Energien bestehendes regionales Netz mit voller Systemtauglichkeit umgesetzt werden kann. Dieser Nachweis stellt die Grundlage für die Gesamtumsetzung innerhalb der Gemeinde dar. Nach der Gründung eines lokalen Gemeindewerkes soll die Umsetzung zuerst durch den Ausbau und die Anpassung bereits vorhandener Strukturen der regenerativen Strom- und Wärmeerzeugung, Speicherung und Verteilung, kombiniert mit der Steuerungssoftware eines sogenannten virtuellen Kraftwerks zur Erbringung aller Systemdienstleistungen, erfolgen. Langfristig ist die eigentumsrechtliche Übernahme der Netzinfrastruktur geplant, um das Quartier nicht nur bilanziell, sondern real innerhalb eines Arealnetzes mit lokaler Energie zu versorgen. Das Projekt dient bei erfolgreichem Abschluss als Schaufenstermodell für die gesamte Gemeinde Bordelum und die benachbarten Regionen.

2.1.1 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Im Jahr 2019 wurde ein gefördertes Ortsentwicklungskonzept erstellt und veröffentlicht. Die erarbeiteten Inhalte und Maßnahmen sind in diesem integrierten Quartierskonzept berücksichtigt und stehen generell im Einklang mit den hier formulierten Maßnahmen.

STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNUNGSWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Die Gemeinde Bordelum befindet sich im ländlichen Raum und ist kein Schwerpunkt für den Wohnungsbau. Nach dem Entwurf des LEP 2018 ergibt sich ein wohnbaulicher Entwicklungsrahmen im Umfang von 107 Wohnungen bis 2030, abzüglich der bis 2020 fertiggestellten Wohnungen.

Im Bereich der Kerngemeinde befindet sich ein Neubaugebiet in der Umsetzung und ein weiteres in der Planung. Beide Wohngebiete sind in der energetischen Planung berücksichtigt und stellen keine signifikante Änderung des Verbrauchs bezogen auf die gesamte Kerngemeinde dar.

Im Innenbereich der Kerngemeinde wurden 25 Potenzialflächen für den Wohnungsbau identifiziert und berücksichtigt. Analog hierzu wurden auch in den weiteren Ortsteilen Potentialflächen identifiziert (kumuliert 18), die auf Grund des geringen Energieverbrauches von hier möglichen Neubauten kaum Einfluss auf das Gesamtkonzept und die hier formulierten Maßnahmen haben werden.

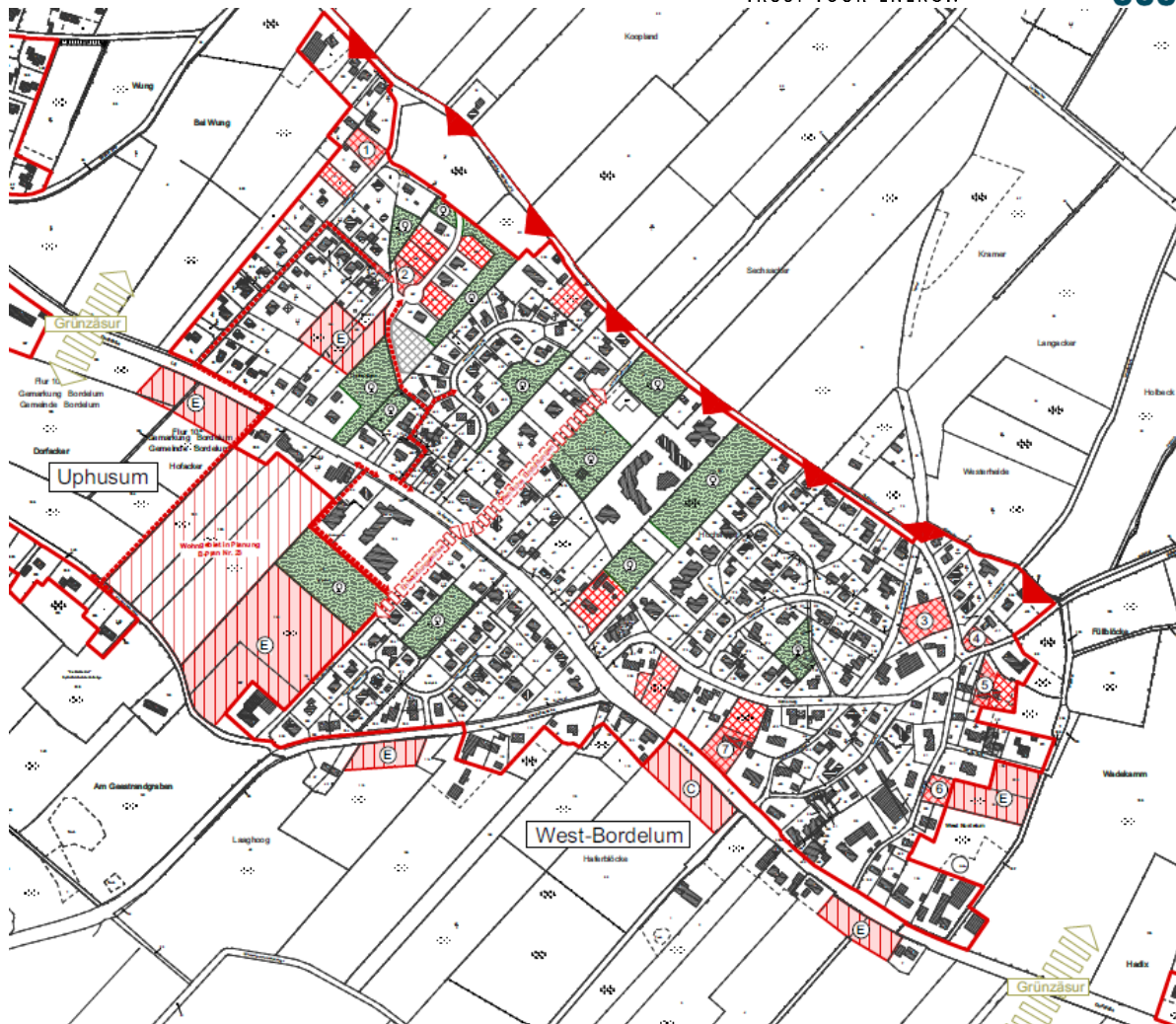


Abbildung 1: Innenentwicklung Bordelum West; Quelle: Ortsentwicklungskonzept Bordelum 2019

Der Fokus der Wohnungsbauentwicklung liegt klar auf der Innenentwicklung, was der Erweiterung und Nachverdichtung der Wärmenetze zugutekommt.

BAUKULTURELLE ZIELSTELLUNGEN

Der Ortsentwicklungsplan von 2019 trifft folgende Aussage in den Maßnahmen: „Ziel der Maßnahmen sind der Erhaltung der charakteristischen und ortsbildprägenden städtebaulichen sowie gestalterischen Elemente der Bestandbebauung. Für diesen Zweck können verbindliche Satzungen aufgestellt werden, wie z. B. eine Erhaltungssatzung oder ein Bebauungsplan. Ein eigenständiges Förderprogramm der Gemeinde, z. B. nach dem Beispiel der Stadt Niebüll, könnte zum Erhalt vereinzelter und besonders ortsbildprägender Gebäude beitragen.“ Die formulierten Maßnahmen haben nur am Rande Auswirkung auf die energetische Entwicklung der Gemeinde und sind in der Unschärfe für die Bauliche- und Bevölkerungsentwicklung berücksichtigt. Die eingeschränkten Möglichkeiten zur energetischen Sanierung von erhaltenswerten Gebäuden sind hier in die Potenzialanalyse eingeflossen. Z.B sollen Reet gedeckte Gebäude auch wieder mit Reet saniert werden, um den typischen Charakter der historischen Gebäude und das damit verbundene Bild zu erhalten.

2.2 METHODIK UND VORGEHENSWEISE

Die Methodik folgt einem Regelkreislauf der veränderlichen Größen wie politische Rahmenbedingungen, technologische und sozioökonomische Entwicklungen stets berücksichtigt. Diese beeinflussen jedoch „nur“ den Weg und die zeitliche Abfolge von Maßnahmen jedoch nicht das Ziel der Umstellung auf Erneuerbare Energieträger und Lokalisierung.

- Aufhänge der Daten und Informationen (hier inklusive Umfrage der Bürger_innen)
- Abgleich der Umfragedaten mit den verfügbaren Daten aus Gemeinde und Bauamt
- Analyse der Daten in allen Sektoren und Dokumentation des Istzustandes
- Erläuterung der Ergebnisse mit der Lenkungsgruppe und der Bürger_innen
- Erarbeitung der Sanierungsmaßnahmen an Gebäudebestand (Öffentlich, Gewerbe und Haushalte)
- Neubewertung der Verbräuche nach Sanierung
- Erarbeitung der Szenarien zur kurz, mittel und langfristigen Energieversorgung
- Formulierung der Maßnahmen
- Verfassen des Endberichtes und dessen Vorstellung

Neben der rein technischen und wirtschaftlichen Betrachtung gehen auch zahlreiche andere Faktoren, wie zum Beispiel Bevölkerungsentwicklung, Trends, Verhaltensmuster sowie rückwirkende Einflüsse unserer Arbeit mit den Bürger_innen, in die komplexe Prognose und Analyse einer optimalen Lösung mit ein. Ein zentraler Faktor ist hier, dass wir nicht mehr zwischen den Energieformen und deren Verwendung trennen, sondern die sogenannte Sektorenkopplung praktisch in die Modellierung des Systems einfließen lassen.

Um all diese Aspekte tatsächlich für eine Lösung berücksichtigen zu können greifen wir auf Algorithmen basierende Software Werkzeuge 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.

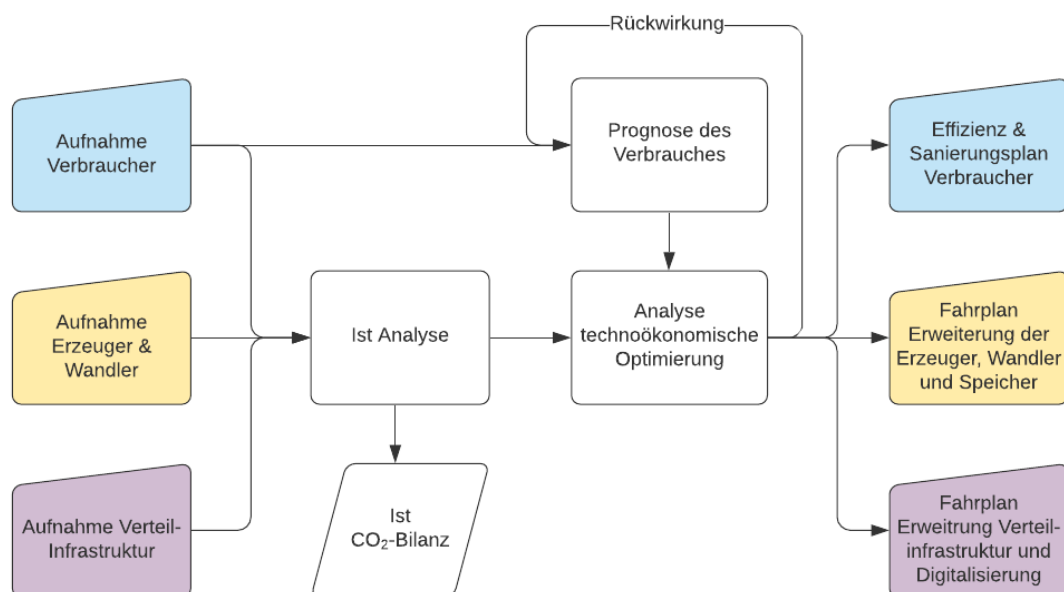


Abbildung 2: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung

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

Zum Auftakt des Konzeptes gab es mit der Amtsverwaltung und der Gemeindevertretung am 12.08.2019 eine Kick-Off Veranstaltung. Hier wurde das Konzept initial vorgestellt. Es folgte am 25.09.2019 ein Informationsabend, in welchem den Bürger_innen Raum geboten wurde sich zu beteiligen. Außerdem wurde hier die geplante Umfrage angekündigt und vorgestellt. Die Umfrage zielte auf die Erfassung des energetischen Ist-Zustandes ab und hatte als Kernpunkt die Energienutzung aller Sektoren des Gebäudebestands. Sie fand in der gesamten Gemeinde statt und wurde außerdem in der lokalen Presse angekündigt.

Die Umfrage wurde mit einer guten Beteiligung von 31 % abgeschlossen, welche das große Interesse der Bürger_innen an der Umstellung auf lokale, erneuerbare Energie und den Wunsch bei der Umgestaltung mitwirken zu können, zeigt.

Es wurden zwei weitere Informationsabende für die Bürger_innen im BordelumHus abgehalten, zum einen wurde der aktuelle Stand des Projektes präsentiert und zum anderen die Umfrage mit einem Informationsabend abgeschlossen. Die dritte Veranstaltung diente zur Vorstellung der Auswertung der Umfrage – dann folgte auf Grund von Versammlungsverbot durch die Covid-19 Pandemie eine Pause in den Öffentlichkeitsveranstaltungen, jedoch wurde über den Stand des Projekts in der Presse und über die Internetseite der Gemeinde Bordelum weiter berichtet.

Außerdem wurde vom Auftragnehmer eine Projektseite im Internet eingerichtet, auf welcher Veranstaltungen angekündigt, gehaltene Präsentationen sowie Infomaterial abgerufen werden kann.

Das rege Interesse der Bürger_innen soll durch einen Abschlussinformationsabend mit einer Vorstellung der vorgeschlagenen Maßnahmen weiter gestärkt und in die Phase des Sanierungsmanagements übergeleitet werden.

Über alle Infoabende wurde auch in der lokalen Presse berichtet.

Neben den Veranstaltungen fand ein regelmäßiger Austausch mit der Lenkungsgruppe, in Form von physischen Treffen und digitalen Absprachen, statt.

Tabelle 2: Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine

1.	Kick-Off Veranstaltung mit Amtsverwaltung und Gemeindevertretung	17.08.2019
2.	Informations-Abend + Workshop	25.09.2019
3.	Informations-Abend + Workshop	25.02.2020
4.	Virtueller Info-Abend	03.09.2020
5.	Abschlussveranstaltung	28.10.2020

3 ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION IM QUARTIER

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 (Tabelle 3). In Bordelum wurde ausschließlich auf Grundlage der höchsten und zweithöchsten Güteklasse gearbeitet. Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, wurde in Bordelum mit Fragebögen gearbeitet. Bei einer Befragung der Bewohner_innen erfolgte eine Teilnahmequote von 31 %. Auf Basis der Fragebögen erfolgte die Hochrechnung. Außerdem wurde bei der MKH, als großem Verbraucher, ein Energieaudit vorgenommen. Daten zu Fernwärmeanschlüssen und Erzeugerverbrauch konnten direkt vom BGA Betreiber eingeholt werden.

Tabelle 3: Datengüte für Endenergieverbrauchsdaten für kommunale Energiebilanzen nach ifeu-Empfehlung (Quelle: ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014)

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

Die errechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch in der Kerngemeinde Bordelum beträgt 72 %. Die Berechnung der Datengüte kann in Tabelle 5 (siehe nächste Seite) nachvollzogen werden. Aus Tabelle 4 geht hervor, dass die erstellte Energiebilanz den Qualitätsansprüchen zur Datengüte entspricht und belastbar ist.

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

Tabelle 5: Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs (eigene Darstellung auf Basis (ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014))

Daten	Quelle	Datengüte	Wertung Datengüte	Anteil am Endenergieverbrauch	Datengüte anteilig (Wertung x Anteil)
Stromverbrauch Haushalte und Gewerbe	Fragebögen	A	1	5,4 %	5,0 %
Hochrechnung		B	0,5	7,4 %	3,7 %
Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung (Wärmepumpen & Nachtspeicheröfen)	Fragebögen	A	1	2,0 %	2,0 %
Hochrechnung		B	0,5	2,4 %	1,2 %
Erdgasverbrauch Haushalte und Gewerbe	Fragebögen	A	1	8,5 %	8,5 %
Hochrechnung		B	0,5	22,2 %	11,1 %
Heizölverbrauch Haushalte und Gewerbe	Fragebögen	A	1	10,0 %	10,0 %
Hochrechnung		B	0,5	22,2 %	11,1 %
Wärmeverbrauch Fernwärme	Fragebögen	A	1	3,5 %	3,0 %
Wärmeverbrauch MKH	Energieaudit	A	1	11,5 %	12,0 %
Stromverbrauch MKH	Energieaudit	A	1	2,6 %	3,0 %
Sonstige (Flüssiggas, Holz)	Fragebögen	A	1	0,5 %	0,5 %
Hochrechnung		B	0,5	1,8 %	0,9 %
Gesamt				100 %	72 %

3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDE UND HEIZUNGSBESTAND

Der Gebäudebestand ist geprägt durch die typische Bebauung im ländlichen Raum von Schleswig-Holstein. Der Sanierungsgrad ist gemessen an dem spezifischen Energieverbrauch, wie er in der Umfrage in Bordelum im Zeitraum vom vierten Quartal 2019 erhoben wurde, vergleichsweise hoch (siehe 3.2.1). Die Ergebnisse decken sich gut mit denen der Veröffentlichung des Leitfadens Gebäudetopologie Schleswig-Holstein.

3.2.1 WOHNGBÄUDE

Die Wohngebäude werden zum mehr als 80 % auf Basis fossiler Energieträger wie Öl und Gas beheizt. Das Verbrauchsniveau ist laut der Studie Leitfaden Gebäudetopologie Schleswig-Holstein deutlich unter dem Durchschnitt. Die Umfragewerte wurden von der angegebenen Heizperiode auf das langjährige Mittel umgerechnet, um einen möglichst repräsentativen Wert für die weiteren Berechnungen zu erhalten.

Tabelle 6: Vergleich Umfrage Bordelum vs. Leitfaden Gebäudetopologie Schleswig-Holstein

Datenquelle	Verbrauch [kWh/m ² a]
Mittelwert Schleswig-Holstein Leitfaden Gebäudetopologie	197
Durchschnittswert der Umfrage	175

Der ermittelte Durchschnittswert wurde auch zur Hochrechnung auf die Gesamtgemeinde verwendet.

Der Sanierungsgrad im Gemeindegebiet stellt sich wie in Tabelle 7 aufgeführt dar und zeigt den hohen Sanierungsgrad des Gebäudebestandes, wenn man die Kriterien des Leitfadens Gebäudetopologie Schleswig-Holstein ansetzt. Für die weitere Analyse wurden die Energieeffizienzklassen nach EnEV 2016 zugrunde gelegt, um eine deutschlandweite, einheitliche Grundlage für Darstellung des Einsparpotentials in der Gemeinde zu haben.

Tabelle 7: Sanierungsgrad nach Leitfaden Gebäudetopologie Schleswig-Holstein

Sanierungsgrad	Verbrauch [kWh/m ² a]	Anteil Bestand Bordelum
Nicht modernisiert	254	18 %
Gering modernisiert	209	26 %
Mittel bis größtenteils modernisiert	168	56 %

3.2.2 NICHT-WOHNGBÄUDE UND ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Die öffentlichen Gebäude haben einen geringen Anteil am thermischen Energieverbrauch in Bordelum. Das BordelumHus ist erst im Jahr 2019 erbaut worden, entspricht modernsten Energieverbrauchstandards und muss nicht weiter betrachtet werden. Die Versorgung des BordelumHus wird über einen Satelliten der BGA Bordelum realisiert. Auf dieses zusätzliche BHKW wird in den Maßnahmen noch genauer eingegangen.

Das Feuerwehr Gerätehaus mit angegliedertem Jugendzentrum entspricht laut Aussage des Ortsentwicklungskonzepts Bordelum von 2019 nicht mehr dem energetischen Standard. Der Energieverbrauch von 53.292 kWh pro Jahr ist recht hoch für die Nutzungsart.

Die Schule und Kindertagesstätte befinden sich, nach der Gebäudephysik beurteilt, in einem energetisch akzeptablen Zustand.

3.2.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD-SEKTOR)

Die MKH kann mit ihren 17 Gebäuden, den 12.960 m² beheizter Fläche und seinen eigenen Erzeugungsanlagen als kleines Dorf im Dorf gewertet werden. Der Verbrauch von Primär- und Endenergie wurde in einem Energieaudit erhoben.

Die weiteren Gebäude in Handel und Gewerbe fallen von der Größenordnung für die Betrachtungen zur Versorgung nicht ins Gewicht und wurden bezüglich ihrer Verbrauchsprofile in dem Gesamtprofil für die Simulation berücksichtigt.

3.3 BESTANDSAUFNAHME: ENDENERGIEVERBRAUCH

Der Energieverbrauch wurde über die Umfrage und die Daten des Katasteramtes auf die Gesamtgemeinde mit allen Ortsteilen aufgenommen und hochgerechnet. Die Daten wurden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und als valide eingestuft.

Table 8: thermischer Energieverbrauch pro Ortsteil auf langjähriges Mittel hochgerechnet

Ortsteil	Q [kWh]
Addebüll	207.976
Büttjebüll	1.991.022
Ebüll	1.435.397
Ost-Bordelum	1.909.349
Ost-Bordelumfeld	992.685
Sterdebüll	2.542.945
Stollberg	494.449
Uphusum	2.299.966
West-Bordelum	8.966.594
BGA	582.857
Summe Endenergiebedarf Q	21.423.240

Table 9: elektrischer Energieverbrauch pro Ortsteil

Ortsteil	E [kWh]
Addebüll	31.100
Büttjebüll	332.988
Ebüll	214.880
Ost-Bordelum	282.113
Ost-Bordelumfeld	146.883
Sterdebüll	366.784
Stollberg	71.900
Uphusum	349.216
West-Bordelum	1.427.337
BGA	550.000
Summe Endenergiebedarf E	3.773.201

3.3.1 QUARTIERSLASTPROFIL WÄRME

Die Lastprofile wurden mit den tatsächlich erhobenen und hochgerechneten Energieverbräuchen über die Standardlastprofile für die verschiedenen Verbraucher wie Haushalt, Gewerbe und insbesondere die MKH erstellt.

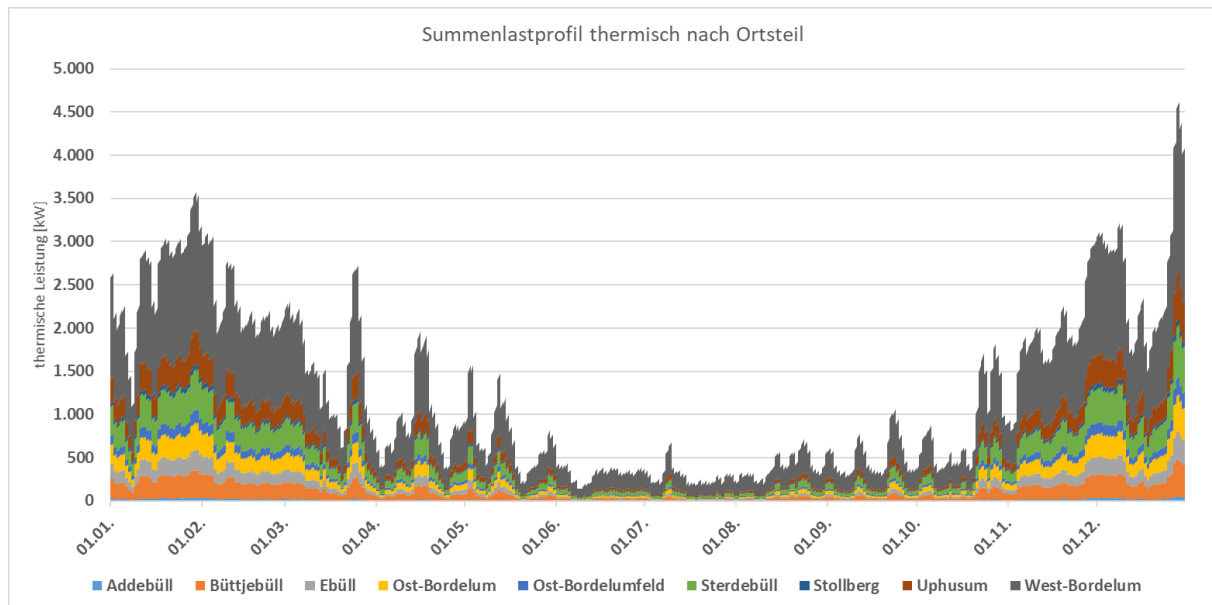


Abbildung 3: Summenlastprofil der Ortsteile für den Wärmeverbrauch

3.3.2 QUARTIERSLASTPROFIL STROM

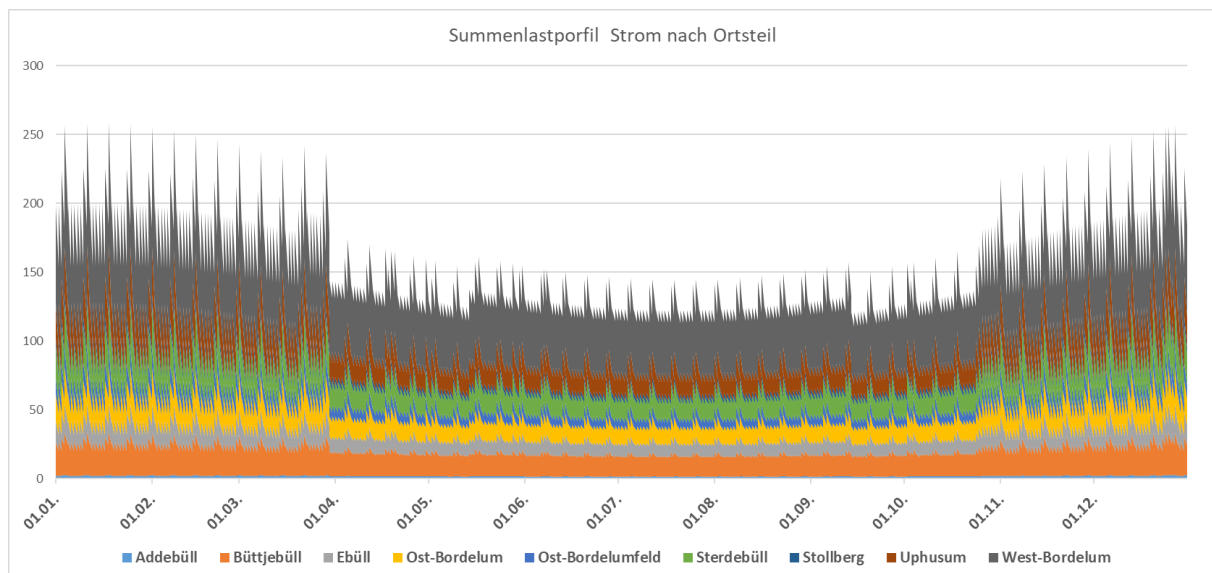


Abbildung 4: Summenlastprofil der Ortsteile für den Stromverbrauch

**3.4 BESTANDSAUFNAHME: ENDENERGIEERZEUGUNG- UND
BEREITSTELLUNG**

Im Gemeindegebiet befinden sich zahlreiche Windkraftanlagen, ein Bürgersolarpark und weitere PV-Anlagen im privaten Bereich. Die Erzeugung übersteigt den Bedarf sowohl auf thermischer als auf elektrischer Seite bei weitem. Die überschüssige elektrische Energie wird in das Übertragungsnetz eingespeist.

3.4.1 WÄRMEVERSORGUNG

Die Wärmeversorgung der Wohngebäude wird zum großen Teil durch Heizöl und Gas in einzelnen Feuerungsanlagen bereitgestellt. Die BGA und ein BHKW versorgen wenige Haushalte und einen Teil der MKH. Ein im Jahr 2019 gebauter Satellit der BGA versorgt das neue Dorfgemeinschaftshaus „BordelumHus“ mit Wärme. Aus dem Wohnungsbaubestand ergeben sich große Potenziale zur CO₂-Einsparung.

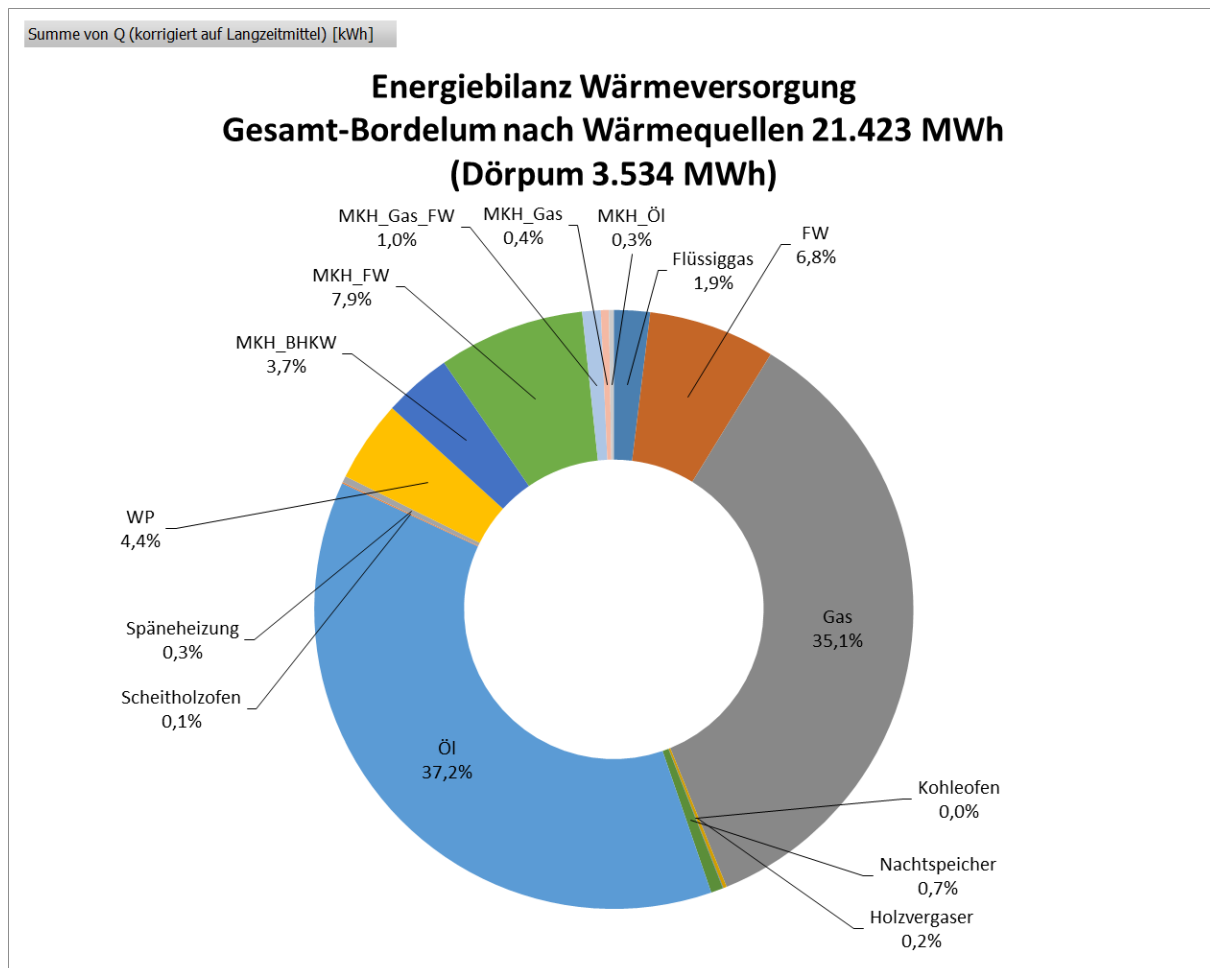


Abbildung 5: Prozentuale Verteilung Primärenergie Wärme im Gesamtquartier Bordenlum

3.4.2 STROMVERSORGUNG

Die Erzeugungsanlagen im Gemeindegebiet von Bordenlum sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Ein Großteil der installierten Leistung wird durch die Windparks bereitgestellt.

Tabelle 10: Erzeugungsanlagen elektrisch

Anlage	Typ	P [MW]
BWP Bordelum I	Wind	25,10
BWP Bordelum II	Wind	6,00
BWP Bordelum III 56,3 - Dörpum	Wind	40,18
Gesamtleistung Wind		71,28
Private Hausdächer	PV	0,96
Bürgersolarpark	PV	2,60
Gesamtleistung PV		3,56
MKH	Biogas	0,55
Satellit	Biogas	0,36
Gesamtleistung Biogas		0,91
Elektrische Leistung gesamt		75,75

3.4.3 MOBILITÄT

In Bordelum gibt es einen hochgerechneten Bestand an individuellen Kraftfahrzeugen von 842, mit einem gesamten CO₂-Ausstoß von 1.176 t/a. Hier handelt es sich beinahe ausschließlich um Verbrenner. 645 Personenfahrzeuge sind als Erstwagen und 194 als Zweitwagen gerechnet. Im Quartier befinden sich lediglich drei Elektrofahrzeuge in der Hand von Privatpersonen.

Zwei weitere Elektroautos stehen den Bewohner_innen über ein E-Car-Sharing System zur Verfügung. Das sogenannte Dörpsmobil ist ein Projekt in der Hand der Gemeinde.

Die Fahrleistung der Erstwagen wurde auf durchschnittlich 10.000 km/a und bei den Zweit- und Elektrowagen auf 5.000 km/a geschätzt. Der jährliche CO₂-Ausstoß wurde mit einem spezifischen CO₂-Äquivalent von 0,1728 kg/km gerechnet.

In dem vorrangegangenen Ortentwicklungskonzept aus dem Jahre 2019 wird die öffentliche Verkehrsanbindung per Bus in Bordelum als gut angesehen. Zwei Buslinien der höchsten Netzkategorie verbinden Bordelum mit dem nahegelegenen Bredstedt, von wo aus mit einer Buslinie Anschluss nach Flensburg besteht. In Bredstedt befindet sich außerdem Anschluss an den Schienenverkehr der Deutschen Bahn.

Das Ortsentwicklungskonzept bezeichnet den Fuß- und Radwegausbau in Bordelum als gut, weist aber gleichzeitig auf grobe Mängel hin. Eine Ortsbegehung bestätigt diese Mängel, da teilweise der Ausbau von Fuß- und Radwegen nicht vorhanden ist.

Tabelle 11: Kfz-Aufkommen Kerngemeinde Bordelum

	Anzahl	Fahrleistung je Kfz [km/a]	Fahrleistung gesamt [km/a]	CO ₂ -Emissionen [t/a]
Erstwagen	645	10.000	6.450.000	1.022
Zweitwagen	194	5.000	970.000	154
E-Auto	3	5.000	15.000	1

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 mehrere Einzelbilanzen für Strom und Wärmeverbrauch aufgeteilt.

Tabelle 12 fasst die Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz im Vergleich zum Quartier Dörpum zusammen. Erwartungsgemäß entfällt ein Großteil des Endenergieverbrauches und des CO₂-Ausstoßes auf den Wärmeverbrauch.

Tabelle 12: Vereinfachte Gesamtenergie- und CO₂-Bilanz.

Endenergieverbrauch	Endenergiebilanz Wärme [MWh]	Endenergiebilanz Strom [MWh]	CO ₂ - Bilanz Wärme [t/a]	CO ₂ - Bilanz Strom [t/a]	Gesamt CO ₂ - Bilanz [t/a]
Kerngemeinde Bordelum 1.500 Einwohner_innen, 602 Haushalte	21.423	3.773	5.271	1.309	6.580
Teilgemeinde Dörpum 500 Einwohner_innen, 120 Haushalte	3.534	1.458	488	653	1.141

VERWENDETE EMISSIONSFAKTOREN

Tabelle 13: Verwendete CO₂-Emissionsfaktoren.

Energiequelle	Emissionsfaktor [g CO ₂ /kWh]	Quelle
Fernwärme (BGA)	0,071	Eigene Berechnung der BGA-Dörpum (vergleichbarer Substratmix)
Fernwärme (MKH) gewichteter Faktor aus Energiemix Biogas & Erdgas	0,1041	Eigene Berechnung auf Basis des Energieflussdiagramms aus dem aktuellen Energieaudit
Heizöl-Kessel	0,3201	GEMIS 5.0 Datenbank: Heizöl Öl-Heizung-DE-2000 (Endenergie)
Erdgas-Kessel	0,2584	GEMIS 5.0 Datenbank: Gas-Heizung-DE-2005 (Endenergie)
Flüssiggas	0,2771	GEMIS 5.0 Datenbank: Flüssiggas (LPG)-Heizung-DE-2000 (Endenergie)
Braunkohlenbriketts	0,4583	GEMIS 5.0 Datenbank: Braunkohle-Brikett-Heizung-DE-rheinisch-2005 (Endenergie)
Holzscheite	0,0192	GEMIS 5.0 Datenbank: Holz-Stücke-Heizung-DE-2005
Strommix Deutschland	0,401	Schätzwert des Umweltbundesamtes für 2019 (Umweltbundesamt, 2019)
Ökostrom Greenpeace Energy (Lieferant Eigenstrombedarf der BGA)	0,0	Greenpeace Energy: Ökostrommix 2019 (kein Strom aus Biomasse)

4.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ WÄRME

Tabella 14: Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen.

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch (Wärme) [kWh]
BGA	582.857
Gewerbe Einzelhandel	358.413
Gewerbe Handwerk	95.386
Landwirtschaft	108.776
Nichtwohngebäude	528.289
Öffentliche Gebäude	744.068
MKH	2.054.992
MKH-BHKW-Eigenversorgung	786.675
Wohngebäude	16.192.891
Summe	21.452.346

Tabella 14 zeigt die Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen. Die größten Einzelverbraucher sind die MKH (Mutter-Kind-Heim) und die BGA. Der Wärmeverbrauch der Klinik teilt sich auf einen Energiemix aus Fernwärme, Öl, Erdgas und Eigenversorgung über ein Erdgas-BHKW auf. Die BGA deckt den Wärmebedarf der Fermenter über die eigens produzierte Wärme. Tabella 15 zeigt die CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen. Tabella 16 zeigt den jeweiligen Anteil der fünf größten Verbrauchstypen am Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß.

Tabella 15: CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen.

Verbrauchstyp	CO ₂ -Ausstoß (Wärmeverbrauch) [t CO ₂ /a]
BGA	41
Gewerbe Einzelhandel	95
Gewerbe Handwerk	7
Landwirtschaft	37
Nichtwohngebäude	136
Wohngebäude	4.588
Öffentliche Gebäude	53
MKH	322
Summe	5.279

Im Vergleich der Tabellen fällt auf, dass die größten Stellschrauben für eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes auf die Wohngebäude und die MKH entfallen. Zusammen verursachen sie knapp 90 % des Wärmeverbrauchs und 93 % des CO₂-Ausstoßes. Besonders hervorzuheben ist dabei, dass der Energieverbrauch der MKH mit ca. 2.800 MWh so hoch ist wie der einer kleinen Ortschaft: der Wärmeverbrauch der MKH entspricht knapp 80% des Wärmeverbrauches der Teilgemeinde Dörpum (500 Einwohner_innen, 120 Haushalte). Die öffentlichen Gebäude verursachen nur 1 % des CO₂-Ausstoßes. Die BGA ist zwar ein großer Einzelverbraucher, hat jedoch aufgrund des niedrigen CO₂-Emissionsfaktors der Fernwärme einen sehr niedrigen Anteil am CO₂-Ausstoß (0,8 %).

Tabelle 16: Anteil der fünf größten Verbrauchstypen am Endenergieverbrauch CO₂-Ausstoß (Wärme).

Verbrauchstyp	Anteil am Endenergieverbrauch (Wärme)	Anteil am CO ₂ -Ausstoß (Wärme)
Wohngebäude	75,5%	86,9%
MKH	13,3%	6,1%
Summe	88,8%	93,0%
Öffentliche Gebäude	3,5%	1,0%
Nichtwohngebäude	2,5%	2,6%
BGA	2,7%	0,8%
Summe	97,5%	97,4%

4.2 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ STROM

Analog zu Tabelle 14 zeigt Tabelle 17 die Endenergiebilanz der Stromversorgung. Auffällig ist hier wieder der hohe Energiebedarf der MKH und der BGA, die die größten Einzelverbraucher im Quartier stellen.

Für die Stromversorgung in Bordelum ist physikalisch davon auszugehen, dass aufgrund der hohen Einspeisung aus EE-Anlagen kaum Graustrom im Netz von Bordelum übertragen wird. Dies gilt auch in Zeiten fehlender Wind- und PV-Einspeisung, da die BGA Bordelum und die BGA Dörpum unabhängig vom Wind und Sonne ausreichend Strom produzieren. Weitaus mehr, als die gesamte Gemeinde benötigt. Da der Strommix in Deutschland aber noch nicht zu 100 % aus erneuerbaren Energien bereitgestellt wird, wurde in der berechneten CO₂-Bilanz dennoch der Emissionsfaktor des deutschen Strommixes für alle Verbraucher zugrunde gelegt, die bilanziell keinen Ökostrom beziehen. Eine Ausnahme ist hier die BGA, die ihren Eigenstrombedarf nachweislich bilanziell zu 100 % über Ökostrom vom Ökostromanbieter Greenpeace Energy (Emissionsfaktor des Strommixes: 0,0 g CO₂/kWh) bezieht.

Tabelle 17: Endenergiebilanz der Stromversorgung.

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch (Strom) [kWh]
BGA	550.000
Gewerbe Einzelhandel	59.720
Gewerbe Handwerk	7.400
Landwirtschaft	83.200
Nichtwohngebäude	20.200
Öffentliche Gebäude	58.451
MKH	382.000
MKH-BHKW-Eigenversorgung	247.000
Wohngebäude	2.369.330
Summe	3.777.301

Tabelle 18 zeigt die CO₂-Bilanz der Stromversorgung. Das MKH bezieht bilanziellen Graustrom aus dem öffentlichen Netz und deckt zudem etwa 40 % ihres Strombedarfs über ein eigenes Erdgas-BHKW.

Tabella 18: CO₂-Bilanz der Stromversorgung.

Verbrauchstyp	CO ₂ -Ausstoß (Stromverbrauch) [t CO ₂ /a]
BGA	0
Gewerbe Einzelhandel	24
Gewerbe Handwerk	3
Landwirtschaft	33
Nichtwohngebäude	8
Öffentliche Gebäude	23
MKH	153
MKH-BHKW-Eigenversorgung	115
Wohngebäude	950
Summe	1.310

Im Vergleich der Energie- und CO₂-Bilanz zeigt sich der große Einfluss des Ökostrombezuges der BGA, die zwar mit 14,6 % des Endenergieverbrauchs einen hohen Anteil stellt, aber bilanziell nicht zum CO₂-Ausstoß des Quartiers beiträgt. Demnach sind die größten Stellschrauben die MKH und die privaten Wohngebäude.

Tabella 19: Anteil der fünf größten Verbrauchstypen am Endenergieverbrauch und CO₂-Ausstoß (Strom).

Verbrauchstyp	Anteil am Endenergieverbrauch (Strom)	Anteil am CO ₂ -Ausstoß (Strom)
Wohngebäude	62,7 %	62,1 %
MKH	16,6 %	17,5 %
BGA	14,6 %	0,0 %
Landwirtschaft	2,2 %	2,2 %
Summe	99,1 %	74,8 %

5 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

Der Gesamtenergiebedarf von Bordelum beträgt 25,23 MWh (exklusive Mobilität), wovon 64 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird.

Der Gebäudebestand von Bordelum ist bezogen auf Sanierungsgrad und spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche in etwa im deutschen Mittel angesiedelt. Ein durchschnittliches Wohngebäude in Deutschland befindet sich mit 150 kWh/m² in der EnEV Klasse E. Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch in Bordelum liegt bei 147 kWh/m².

In Abbildung 6 wird der Gebäudebestand Bordelums nach Energieeffizienzklassen der EnEV aufgeschlüsselt. Die Gebäude der Klasse H haben im Gebäudebestand einen Anteil von 6 %, benötigen allerdings 16 % des Wärmebedarfs. Somit liegt das größte Energieeinsparpotenzial in den EnEV Klassen E bis H. Das Ziel sollte demnach sein, die Bürger_innen in diesen Wohngebäudeklassen gezielt zu informieren und zum Sanieren zu motivieren.

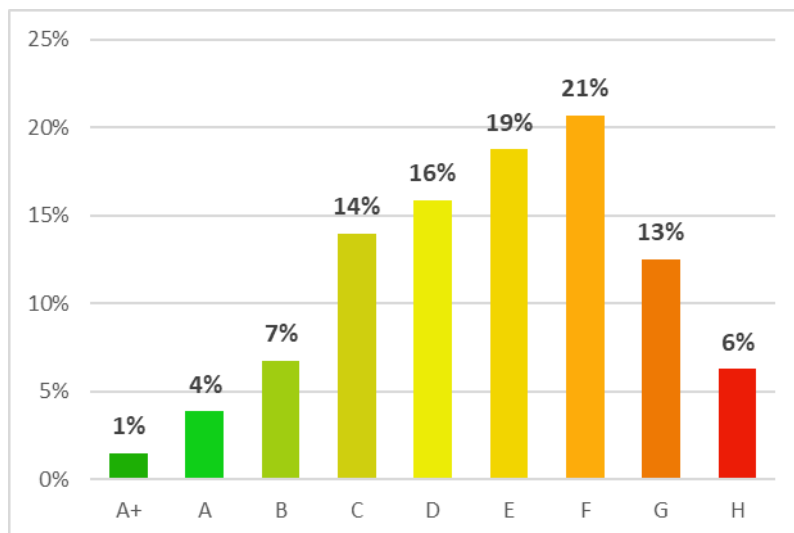


Abbildung 6: Eigene Darstellung - Verteilung der Gebäude in Bordelum auf Energieklassen der EnEV

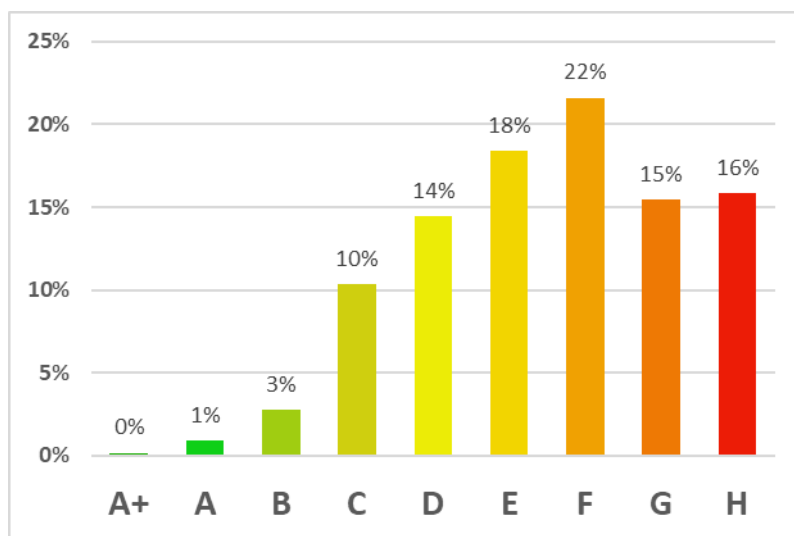


Abbildung 7: Eigene Darstellung - Anteil der Gebäudeklassen am Wohngebäude Wärmebedarf Bordelums

Ein weiteres Potenzial zur Einsparung von CO₂-Emissionen ist, dass der Großteil der Einwohner_innen in Bordelum noch mit fossilen Brennstoffen heizt. 83 % der Wärme in Bordelum wird mit Gas oder Heizöl erzeugt.

Würden diese Heizungen durch effiziente Wärmepumpen ausgetauscht werden, die eine Jahresarbeitszahl von 4 besitzen und das aktuelle CO₂-Äquivalent des Strommix Deutschlands vorausgesetzt wird, wäre eine CO₂-Minderung von 2.865 t/a möglich. Dies entspricht 42 % des gesamten CO₂-Ausstoßes der Kerngemeinde Bordelum über Strom und Wärme.

5.1 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Die Besitzer_innen von Immobilien zu einer energetischen Sanierung zu motivieren, ist immer eine Frage der Wirtschaftlichkeit des Projektes. Eigentümer, die keinen finanziellen Mehrwert bei z.B. dem Austausch der Heizanlage sehen, werden in der Regel keine vorzeitigen Erneuerungsmaßnahmen durchführen und bis zum letztendlichen potenziellen Versagen der Technik abwarten. Durch die Fördermöglichkeiten der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) wird den Bürger_innen ein attraktives Hilfsmittel mit an die Hand gegeben.

5.1.1 WOHNGEBÄUDE

Die Fördermöglichkeiten für Wohngebäude lassen sich in folgenden Förderprogrammen zusammenfassen. (Stand September 2020)

KfW 430 – Energieeffizient Sanieren – Zuschuss Komplettsanierung oder Einzelmaßnahmen

Dieses Programm ist das gängigste Fördermittel für das Sanieren von Wohngebäuden. Einzelmaßnahmen wie die Erneuerung von Dächern oder der Erstanschluss an die Fernwärme werden hier mit bis zu 20 % der förderfähigen Kosten bis maximal 10.000 € gefördert. Wenn auf den KfW-Effizienzhausstandard saniert wird, sind Zuschüsse von 40 % der förderfähigen Kosten bis maximal 48.000 € möglich. Alle Maßnahmen orientieren sich an einem Katalog mit technischen Mindestanforderungen. Um dieses Förderpaket zu erhalten, muss ein Energieeffizienz-Experte in das Vorhaben mit eingebunden werden. Das Honorar von diesem kann durch das Programm KfW 431 gefördert werden.

KfW 431 – Zuschuss Baubegleitung

Der Zuschuss für Baubegleitung fördert die Fachplanung und Baubegleitung eines Experten für Energieeffizienz mit 50 % der Expertenkosten bis maximal 4.000 €. Eine Fachkraft in der Umgebung kann auf www.energie-effizienz-experten.de ermittelt werden.

KfW 151/152 – Energieeffizient Sanieren – Kredit Komplettsanierung oder Einzelmaßnahmen

Bei diesem Fördermittel handelt es sich um einen Kredit mit Tilgungszuschuss, welcher wie KfW 430 sowohl Einzelmaßnahmen als auch die Erreichung des KfW-Effizienzhaus-Standard fördert. Bei einer Einzelmaßnahme kann ein Kredit (KfW 152) von 50.000 € je Wohneinheit mit einem Tilgungszuschuss bis zu 20 % aufgenommen werden. Beim KfW-Effizienzhaus-Standard ist eine Kreditsumme (KfW 151) von bis zu 120.000 € und einem Tilgungszuschuss von bis zu 40 % möglich. Die geförderten Summen

entsprechen genau denen des Programms KfW 430 nur, dass hier eine Verzinsung des Kredits hinzukommt.

KfW 167 – Energieeffizient Sanieren – Ergänzungskredit – Heizen mit erneuerbaren Energien

Dieser Kredit richtet sich an Menschen, die eine Heizungsanlage auf der Basis erneuerbarer Energien errichten oder erweitern wollen. Ähnlich wie bei einer energetischen Einzelmaßnahme wird ein Kredit bis zu 50.000 € mit einem Tilgungszuschuss von bis zu 20 % gewährt. Dieses Förderprogramm ist mit dem Förderprogramm der BAFA „Marktanreizprogramm - Heizen mit erneuerbaren Energien“ kombinierbar.

BAFA: Bundesförderung für effiziente Gebäude

Die BAFA möchte mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude die Menschen bei der Heizungsoptimierung unterstützen. Das Programm fördert unter anderem den Austausch einer Heizungspumpe zu einer hocheffizienten Pumpe, den hydraulischen Abgleich oder voreinstellbare oder digitale Thermostatventile. Rund um die Optimierung einer Heizanlage werden Kosten gefördert. Die Konditionen belaufen sich hier auf 30 % der förderfähigen Investitionskosten bis maximal 25.000 €.

BAFA: Marktanreizprogramm - Heizen mit erneuerbaren Energien

Im Jahr 2020 hat die BAFA die Förderungen für Heizanlagen beinahe gänzlich von der KfW übernommen und vereint sie im Marktanreizprogramm. Die Errichtung und Erweiterung von Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien wird mit bis zu 35 % der förderfähigen Kosten gefördert. Bei der Außerbetriebnahme einer Öl-Heizung werden zusätzliche 10 % gefördert, sodass bis zu 45 % der Kosten gefördert werden können.

BMWi: Zuschuss auf Energieberatung

Dieses Programm des BMWi fördert die Kosten einer Energieberatung vor Ort mit 80 % der Beraterkosten. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern ist der Betrag mit 1.300 € und bei mehr als drei Wohneinheiten mit 1.700 € gedeckelt. Zusätzlich kann die Vorstellung eines Berichts bei einer Versammlung oder Sitzung mit 500 € gefördert werden. Auch Mieter_innen und Pächter_innen können diese Fördermittel in Anspruch nehmen.

5.1.2 NICHT-WOHNGEBÄUDE

KfW 271 – Erneuerbare Energien – Premium

Dieses Förderprogramm richtet sich an Privatpersonen, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen. Gefördert werden vor allem Investitionen in große Anlagen zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien. Bei einem Tilgungszuschuss von bis zu 50 % wird ein Kredit in Höhe von maximal 25 Millionen Euro bei einem effektiven Jahreszins ab 1 % gewährt.

IKK 217 - Energieeffizient Bauen und Sanieren – energiesparende Nichtwohngebäude

Kommunale Gebietskörperschaften, Gemeindeverbände

Mit diesem Förderprogramm können Verbände/Vereinigungen, Kommunen und Unternehmen einen Kredit bis zu 25 Millionen Euro aufnehmen und einen Tilgungszuschuss von bis zu 27,5 % erhalten. Ziel ist es das Erreichen des KfW Effizienzhaus Standards oder eine energetische Einzelmaßnahme zu fördern.

IKU 219 - Energieeffizient Bauen und Sanieren – energiesparende Nichtwohngebäude

Kommunale Unternehmen, Gemeinnützige Unternehmen und Kirchen

Wie IKK 217

BAFA: Bundesförderung für effiziente Gebäude

Siehe 5.1.1

BAFA: Marktanzreizprogramm - Heizen mit erneuerbaren Energien

Siehe 5.1.1

5.1.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD-SEKTOR)

KfW 431

Siehe 5.1.1

KfW 271

Siehe 5.1.2

KfW 276 – Energieeffizient Bauen und Sanieren – Energiekosten im Gewerbegebäude senken

Für den Neubau oder das Sanieren von Gewerbegebäuden können Unternehmen einen Kredit von bis zu 25 Millionen Euro und einen Tilgungszuschuss von bis zu 27,5 % erhalten. Es wird wie bei IKU 219 zwischen KfW-Effizienzhaus Standard und Einzelmaßnahmen unterschieden.

BAFA: Bundesförderung für effiziente Gebäude

Siehe 5.1.1

BAFA: Marktanzreizprogramm - Heizen mit erneuerbaren Energien

Siehe 5.1.1

5.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands in Bordelum Referenzgebäude ausgewählt. Die Auswahl erfolgte nach der Einteilung der erfassten Gebäude in die EnEV-Klassen A+ bis H. Die Wahl wurde mit Blick auf möglichst repräsentative Gebäude für das Quartier getroffen. Zusätzlich spielte die Bereitschaft der Bewohnerschaft eine Rolle, ihr Gebäude als Referenzgebäude nutzen zu dürfen. Als Dank für die Teilnahme wurde den Bewohner_innen ein Energiebedarfsausweises ausgestellt.

Für die Häuser der drei höchsten Energieklassen E bis H wurden in der Theorie beispielhafte Mustersanierungen durchgeführt, die zeigten, dass bei diesen Häusern die größtmögliche Energieeinsparung zu erreichen ist.

Die Mustersanierungen umfassen jeweils drei Maßnahmen:

M1: gering investiv

M2: mittel investiv

M3: hoch investiv

Die Maßnahmen sind immer als Einzelmaßnahmen gerechnet. Bei einer Kumulierung aller Maßnahmen würden die prozentualen Energiegewinne variieren.

Maßnahme 1 - Heizungsoptimierung

Bei allen drei Referenzgebäuden wurde die gering investive Maßnahme der Heizungsanlagenoptimierung angesetzt. Die Maßnahme umfasst das Austauschen der veralteten Thermostate gegen digitale Thermostate. Diese sind in der Lage das Heizverhalten zu steuern und unter anderem bei Nacht die Heizungsanlage runter zu regeln und in den frühen Morgenstunden wieder aufzuheizen. Weiterhin wurde ein hydraulischer Abgleich, zur gleichmäßigen Heizwasserversorgung aller Heizkörper, angesetzt und der Austausch der alten Heizpumpe mit einer hocheffizienten Umwälzpumpe vorgenommen. Bei letzterem besteht ein großer Mehrwert in dem effizienteren Stromverbrauch.

Maßnahme 2 - Einblasdämmung

Die mittel investive Maßnahme beschäftigt sich mit dem nachträglichen Einblasen einer Kerndämmung in ein zweischaliges Mauerwerk, um eine höhere Dämmwirkung zu erzielen. Der Dämmstoff wurde so gewählt, dass die Vorgabe der KfW zum Erhalt einer Förderung mit einem Lambda-Wert von unter 0,035 erfüllt ist. Diese Methode wurde außerdem gewählt, da sie ohne großes Einwirken an der Immobilie umgesetzt werden kann und ein relativ kleines Hemmnis durch eine nur kurzzeitig angesetzte Baustelle besteht.

Maßnahme 3 – Austausch Öl-Heizung gegen Wärmepumpe / Dachsanierung

Die Außerbetriebnahme einer Öl-Heizung wurde in den Gebäuden der EnEV Klassen E und F durchgeführt. Hier ist explizit darauf zu achten, ob in der näheren Zukunft weitere Sanierungsmaßnahmen vorgesehen sind, um einer möglichen Überdimensionierung vorzubeugen. Generell sollte erst die Gebäudehülle saniert werden, bevor die Heizungsanlage erneuert wird. Die Dachsanierung kam beim Gebäude der Klasse H zur Anwendung.

5.2.1 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT ENERGIEEFFIZIENZKLASSE E

Dörpstraat 6

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Gebäude aus dem Jahre 1993 mit einem spezifischen Endenergiebedarf von 143 kWh/(m² a), entsprechend der EnEV in der Klasse E. Die Öl-Heizung wurde zur Erbauung des Gebäudes mit errichtet und seitdem nicht verändert. Zusätzlich zu den drei Beispielmaßnahmen wird hier die Erneuerung von Tür und Fensterdichtungen als Übergangsmaßnahme empfohlen. Zum Vor-Ort-Termin konnten an dieser Stelle Mängel festgestellt werden, die in naher Zukunft durch die Erneuerung der Türen und Fenster beseitigt werden sollen.

Maßnahme 1

Die Optimierung der Heizanlage macht in den meisten Gebäuden Sinn. Ein kontrolliertes und geplantes Heizverhalten über digitale Thermostate trägt zu großen Einsparungen bei. Unnötigem Heizen bei nicht

Benutzung von Räumen oder bei Nacht wird entgegengewirkt. Stromeinsparung durch eine effiziente Umwälzpumpe und die gleichmäßige Verteilung von Heizungswasser können eine Einsparung von bis zu 20 % bewirken.


Maßnahme 2

Die Wärmeverluste bei diesem Gebäude sind bei den Außenwänden am höchsten. Es empfiehlt sich diese nachträglich zu dämmen. Das Aufbringen eines Wärmeverbundsystems ist bei Erhalt der originalen Optik mit hohem Aufwand verbunden. Aus diesem Grund wird das Einblasen einer Kerndämmung angesetzt. Eine Einsparung von 9 % Wärmeenergie wird prognostiziert.

Maßnahme 3

Der bestehende Öl-Kessel ist zur Erstellung des Berichts knapp 27 Jahre alt. Die Bewohner_innen äußerten in einem Gespräch die Befürchtung eines baldigen Versagens des Kessels, weshalb auch hier eine deutliche Empfehlung zur Erneuerung des Wärmeerzeugers ausgesprochen werden kann. Eine Wärmepumpe kann hier die benötigte Energiemenge, je nach Jahresarbeitszahl, deutlich reduzieren. Statt eines fossilen Energieträgers wird Strom benutzt um Wärme zu erzeugen, wodurch die CO₂-Emissionen der Immobilie deutlich gesenkt werden sollten.

Tabelle 20: Sanierungsmaßnahmen - Dörpstraat 6 - Klasse E, 143 kWh/(m²*a) – Bj.: 1993; Bj. Wärmeerzeuger: 1993

		Investition	Förderung BAFA oder KfW	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]
M1		1.160 €	348 €	812 €	20 %	480 €	2
M2		1.972 €	394 €	1.578 €	9 %	152 €	11
M3		18.000 €	8.100 €	9.900 €	10 %	691 €	15

5.2.2 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT ENERGIEEFFIZIENZKLASSE G

Alte Dorfstraße 10

Das Gebäude in der Alten Dorfstraße 10 wurde im Jahre 1978 gebaut und hat einen spezifischen Endenergiebedarf von 200 kWh/(m²*a). Es befindet sich in der EnEV Klasse F und besitzt eine Öl-Heizung aus dem Jahre 1988. Der Wärmeerzeuger befindet sich in einem nicht isolierten Garagenanbau. Im Verlauf des Quartierskonzepts wurde der erste Stock inklusive Dach komplett saniert. Diese neuen Werte sind in die Erstellung des Energiebedarfsausweises mit eingeflossen. Für den Zweck der Mustersanierung wurde jedoch der Endenergiebedarf zum Stand vor der Sanierung genutzt.

Maßnahme 1

Die Optimierung der Heizungsanlage scheint bei dieser Immobilie sinnvoll, da seit ihres über 30 Jahre langen Bestehens keine ganzheitliche Optimierung durchgeführt wurde. Die Thermostate sind veraltet, eine Erneuerung würde das Heizverhalten positiv beeinflussen. Das Baujahr der Heizungspumpe

konnte nicht festgestellt werden. Sie wurde im Verlauf der Jahre bereits ausgetauscht, doch handelte es sich beim momentan installierten Modell nicht um eine hocheffiziente Umwälzpumpe. Der Mehrwert durch den Austausch würde sich hier durch eine jährliche Wärmebedarfseinsparung von 13 % ausdrücken.


Maßnahme 2

Die Außenwanddämmung der Immobilie besteht aus 2 cm Styroporplatten und es ist ein 7 cm Luftspalt vorhanden. Eine nachträgliche Einbringung einer Einblasdämmung würde die thermischen Verluste um 8 % im Jahr senken. Diese Maßnahme wird auch nach den bereits reell vorgenommenen Sanierungsmaßnahmen empfohlen, da die Verluste über die Außenwände laut Energiebedarfsausweis sehr hoch ausfallen. Zusätzlich zu energetischen Einsparungen würde die Behaglichkeit und damit das Raumklima merklich verbessert werden.

Maßnahme 3

Die bestehende Öl-Heizung ist zur Erstellung dieses Berichts 32 Jahre alt. Die Erneuerung des Heizsystems ist mehr als überfällig und liegt nahe. Es würden durch den Ersatz durch eine Wärmepumpe 10 % des jährlichen Energiebedarfs eingespart werden. Das größte Potenzial zur CO₂-Einsparung liegt an dieser Stelle. Die Voraussetzung für einen Erdkollektor ist durch eine große Gartenfläche gegeben.

Tabelle 21: Sanierungsmaßnahmen – Alte Dorfstraße 10 – Klasse F, 200 kWh/(m²*a) – Bj.: 1978; Bj Wärmeerzeuger: 1988

	Investition	Förderung BAFA oder KfW	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]
M1	1.040 €	312 €	728 €	13 %	480 €	2
M2	2.271 €	454 €	1.817 €	8 %	216 €	9
M3	18.000 €	8.100 €	9.900 €	10 %	778 €	13

5.2.3 MUSTERSANIERUNGSKONZEPT ENERGIEEFFIZIENZKLASSE H

Birkenweg 14

Der Birkenweg 14 ist unter allen Referenzgebäude jenes mit dem höchsten Energieeinsparpotential. Es ist im Jahre 1978 erbaut worden, befindet sich in der Klasse H der EnEV und verfügt über eine 2011 installierte Gasheizung. Das Dach ist nicht gedämmt und die oberste Geschosdecke verfügt lediglich über eine zusammengesackte Schicht Mineralwolle. Die Dachbodenluke bildet hier eine große Wärmebrücke. Die Außenwände sind weitestgehend unisoliert. Im Projektverlauf wurde der Kontakt mit einer lokalen Fachkraft für Gebäudeisolation mit Spezialisierung auf ökologische Sanierung hergestellt und es bestand Interesse an einer gemeinsamen Arbeit.

Maßnahme 1

Wie bei den vorangegangenen Referenzgebäuden wird auch hier die Optimierung der Heizungsanlage angesetzt. Ein hydraulischer Abgleich wurde voraussichtlich das letzte Mal zur Installation der Gasheizung durchgeführt und wäre nach 9 Jahren Bestand angebracht. Wie schon in 5.2.1 und 5.2.2 erwähnt fördert die Installation digitaler Thermostate das Heizverhalten und die Energieeinsparungen. Bei der 2011 installierten Pumpe handelt es sich nicht um eine hocheffiziente Pumpe. Diese könnte im Zuge einer Optimierung mit ausgetauscht werden. Die zu erwartenden monetären Ersparnisse fallen hier unerwartet hoch aus.


Maßnahme 2

Die Isolierung der Außenwände sollte bei diesem Gebäude Priorität haben. Eine Einblasdämmung würde eine langanhaltende Baustellensituation vermeiden, was bei den Bewohner_innen des Birkenwegs 14 auf Zuspruch stoßen sollte. Die hier zu erwartende Amortisationszeit ist mit 4 Jahren außerordentlich gut und sollte ausreichender Anreiz zur Durchführung dieser Maßnahme sein.

Maßnahme 3

Da bei diesem Gebäude ein neuer Wärmeerzeuger vorhanden ist, wurde hier von der Erneuerung abgesehen und die Sanierung des Dachs angesetzt. Da die Verluste im Birkenweg 14 so hoch sind sollte erst der Bedarf gesenkt werden, bevor die Erzeugung effizienter gestaltet wird. Maßnahme 3 sieht eine Umfassende Dachsanierung mit Neueindeckung, ohne Dachgauben/Dachflächenfenstern vor. Auch hier ist eine antizipierte Amortisationszeit von 11 Jahren für eine solche Investition als gering zu bewerten. Eine Einsparung von 30 % Wärmebedarf ist zu erwarten.

Tabelle 22: Sanierungsmaßnahmen - Birkenweg 14 - Klasse H, 325 kWh/(m²*a) - Bj. 1973; Bj. Wärmeerzeuger: 2011

	Investition	Förderung BAFA oder KfW	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme in [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]
M1	1.040 €	312 €	728 €	10%	480 €	2
M2	2.280 €	456 €	1.824 €	15%	556 €	4
M3	13.925 €	2.785 €	11.140 €	30%	1.075 €	11

5.3 UMSETZUNGSHEMMNISSE UND MÖGLICHE ÜBERWINDUNG

Erreichen der Hauseigentümer

Um die erklärten Einsparungsziele durch energetische Sanierungsmaßnahmen an den Gebäuden zu erreichen, ist es notwendig die privaten Hauseigentümer für eine energetische Sanierung zu motivieren.

Bei der energetischen Gebäudesanierung ist es in der Regel empfehlenswert, zuerst die Gebäudehülle und die technischen Verbraucher in den Gebäuden zu sanieren, bevor die Heizungsanlage erneuert wird. Hierdurch wird vermieden, dass die Heizungsanlage bei der Erneuerung hinsichtlich des neuen Gebäudestatus überdimensioniert wird, was zu unnötigen Investitions- und Betriebskosten führen würde.

Es wird empfohlen, dass während des Sanierungsmanagements individuelle Energieberatungen in den einzelnen Haushalten stattfinden sollen. Durch die in 5.1.1. vorgestellten Förderprogramme von BMWi („Energieberatung für Wohngebäude“) oder KfW (KfW 431) können private Haushalte eine Förderung für die Energieberatung und Sanierung abrufen. Die Begleitung der Sanierungsmaßnahmen durch einen geförderten Experten könnte den Bewohner_innen die Angst vor dem Umfang der Maßnahmen nehmen. In beiden Förderungsfällen sollten den Bewohner_innen Ansprechpartner aus der Region an die Hand gegeben werden.

Das Dilemma der günstigen Fossilen

Wie im vorhergehenden „Hemmnis“ stehen auch hier die Einsparungsziele durch energetische Sanierungsmaßnahmen im Vordergrund.

Da der Großteil vom Kerngebiet Bordelum mit fossilen Brennstoffen heizt, steht der Preis von Gas und Öl immer in Konkurrenz zu den Investitionen und Betriebskosten von neuen Heizanlagen auf Basis erneuerbarer Energien. Solange es wirtschaftlicher scheint mit Öl oder Gas zu heizen, wird bei einem Großteil der Bevölkerung ein Austausch der Bestandsanlagen fraglich bleiben.

Die Aufgabe ist es hier umfassend über Möglichkeiten zu informieren, bei der Fördermittelakquise zu unterstützen und den Blick der Einwohner_innen für die Zukunft zu schulen. Eine mögliche Kombination von Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen, die für eine Stabilität des Wärmepreises sorgt, wäre hier ein Ansatz sowie die Bereitstellung von WP-Tarifen aus den umliegenden EE-Erzeugungsanlagen. Der WP-Tarif wird später in dem Konzept näher betrachtet. Das Hemmnis ist allerdings, dass für viele Anwohner_innen eine Investition dieser Größenordnung die finanziellen Möglichkeiten sprengt. Der realistischste Weg einer einkommensschwachen Person einen derartigen Lösungsansatz zu präsentieren wäre die Aufnahme eines Kredits und der Bezug der maximalen Förderung. Dennoch ist eine Verschuldung immer negativ behaftet und wird bei vielen auf Widerstand stoßen. Auf Lösungen aus der Politik zu hoffen scheint sich noch nicht ab zu zeichnen, wäre aber gleichzeitig der beste Weg eine flächendeckende Sanierung zu garantieren.

6 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH SEKTORKOPPLUNG

6.1 ENERGIEERZEUGUNG

Die Gemeinde Bordelum weist ein hohes Vorkommen erneuerbarer Energien auf. Abbildung 8 zeigt die Begebenheiten der Energieerzeugung.

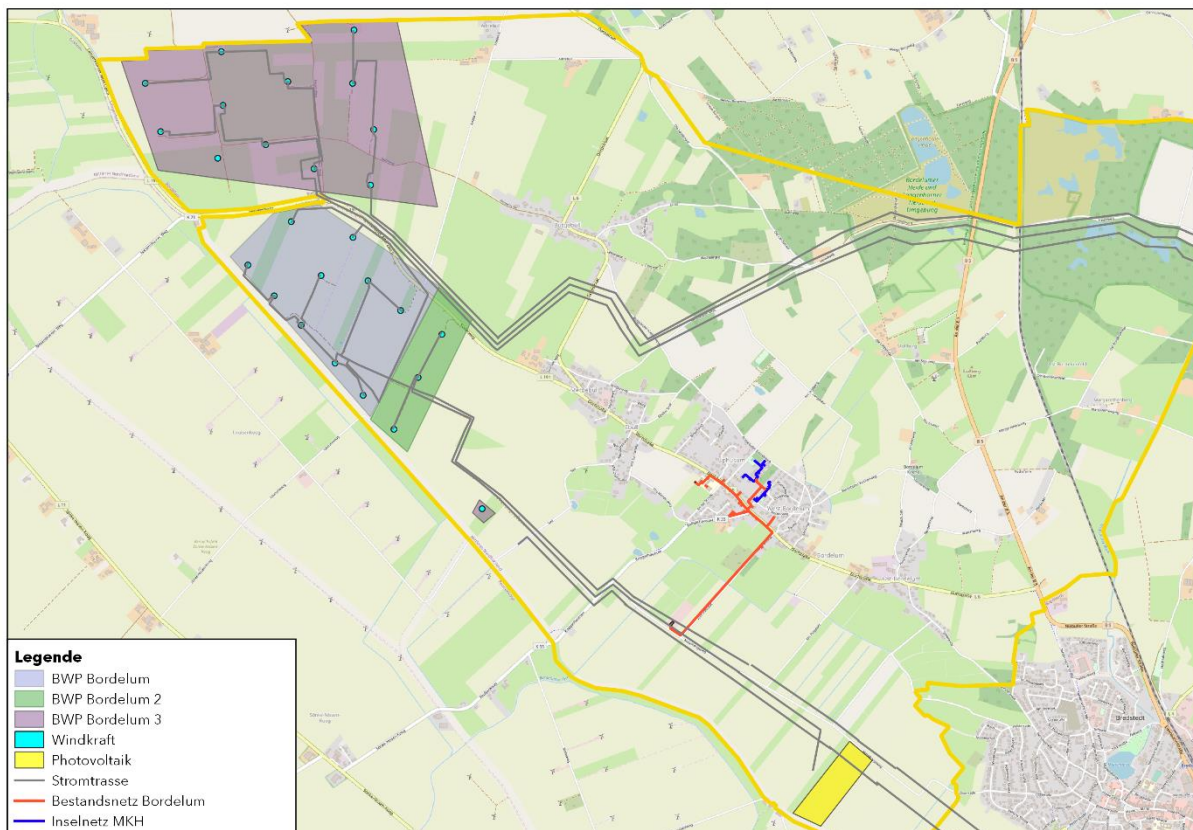


Abbildung 8: Infrastruktur der Energieerzeugung

Im Nordwesten der Gemeinde sind die drei Bürgerwindparks der Gemeinde angesiedelt.

Die drei Bürgerwindparks (BWPs) haben eine aufsummierte Leistung von 87,4 MW. Die installierte Leistung der zehn Anlagen des BWP I (blau) beträgt 25,1 MW. BWP II (grün) verfügt mit seinen drei Anlagen über eine installierte Leistung von 6 MW. Die installierte Leistung des BWPs III (lila) liegt bei 56,3 MW. Der Park ist in die drei Teilgebiete Bordelum Nord (12 WEA, 37,125 MW), Bordelum Süd (1 WEA, 3,050 MW) und Dörpum (6 WEA, 16,125 MW) aufgeteilt. Der Teilbereich Dörpum wurde für die Modellierung ausgeklammert, da die Erzeugung dem Ortsteil Dörpum zugerechnet wird. Die zu berücksichtigende Leistung des BWP Bo III liegt somit bei 40,175 MW. Im Mittel erzeugt BWP I 43.579.543 kWh pro Jahr, BWP II 1.292.302 kWh und BWP III 135.011.259 kWh pro Jahr.

Ein Bürger-Solarpark im Südosten der Gemeinde weist eine installierte Leistung von 2,6 MWp auf. Das BHKW der BGA kann 550 kW elektrische, und 657 kW thermische Energie bereitstellen. Der Satellit der BGA neben der Kindertagesstätte (KiTa) liefert 360 kW_{el} und 345 kW_{th}. Laut MaStR (Marktstammdatenregister) der Bundesnetzagentur sind im Kerngebiet der Gemeinde 51 private PV-Dachanlagen mit insgesamt 969 kWp in Betrieb.

Gefiltert wurden die Daten nach den Parametern: Betriebs-Status „nicht dauerhaft stillgelegt“, Energieträger „Solare Strahlungsenergie“, Gemeinde entspricht „Bordelum“. In Tabelle 23 sind die Informationen nochmals zusammengefasst.

Tabelle 23: Übersicht Erzeugung

Erzeuger	Elektrische Leistung	Thermische Leistung
BWP I	25,1 MW	-
BWP II	6,0 MW	-
BWP III	40,2 MW	-
BGA	550,0 kW	567 kW
Satellit	360,0 kW	345 kW
BSP	2,6 MW	-
Private PV-Dachanlagen	969 kW	-

Außerdem ist in Abbildung 8 der Verlauf der Stromtrassen zu entnehmen. Hier zeigt sich der günstige Verlauf der Trassen von BWP I & II, da sie vor der Einspeisung am Netzverknüpfungspunkt südlich der Gemeinde verlaufen und die BGA passieren, an der perspektivisch Strom-Wärme-Wandler angesiedelt werden können. Auch im Norden verläuft die Trasse des BWP III entlang des Ortsteils Büttjebüll.

Weiterhin ist auf der Abbildung das bestehende Wärmenetz ab BHKW (rot), sowie das Inselnetz am MKH (blau) zu sehen.

6.2 WÄRMEVERSORGUNG

Der folgende Abschnitt befasst sich mit fünf Szenarien zur Wärmeversorgung in der Gemeinde Bordelum. Um einen Ausblick zu geben, wie eine zukünftige Wärmeversorgung aussehen kann und welche Fortschritte hinsichtlich einer Reduzierung der CO₂-Emissionen möglich sind, wurden für das Kerngebiet und den Ortsteil Büttjebüll unterschiedliche Wärmeversorgungskonzepte erstellt.

6.2.1 SZENARIENBESCHREIBUNG



Abbildung 9: Vorgehen Szenarien

Im ersten Schritt wird das Grundszenario mit Entwicklungstrends definiert, worunter zum Beispiel die Entwicklung der Anschlussnehmerquote fällt. Dieses Grundszenario dient als Basis für alle betrachteten Szenarien. Durch die in Abschnitt 3.3 betrachtete Bestandsaufnahme Endenergieverbrauch unter Berücksichtigung der Entwicklungstrends und zukünftiger Energieeinsparungen ist das Grundszenario definiert.

Der zweite Schritt besteht aus der Differenzierung der unterschiedlichen Lasten und Erzeuger. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist in jedem Szenario die wärmeseitige Energieabnahme in den potenziellen Wärmenetzen. Eine nachhaltige, versorgungssichere und kostengünstige Wärmeinfrastruktur steht immer im Vordergrund. Für jedes Szenario werden die relevanten Lasten und Erzeuger identifiziert und zusammengestellt.

Im **dritten Schritt** erfolgt die Detailbetrachtung, bestehend aus der Anwendung des Grundszenarios auf das jeweilige Szenario. Die Szenarien werden mit den relevanten Erzeuger- und Lastprofilen simuliert und ausgewertet.

Im **letzten Schritt** erfolgen, nach dem Vergleich der unterschiedlichen Szenarien, Schlussbetrachtungen. Anhand einer Entscheidungsmatrix werden Handlungsmöglichkeiten in der Umsetzung aufgezeigt und abgewogen.

SZENARIO POST-EEG

Beschreibung

Das Post-EEG-Szenario setzt auf den Weiterbetrieb der Erzeugungsanlagen über die 20 Jahre EEG-Vergütung hinaus. Durch die Integration der Erzeugungsanlagen in die Wärmeversorgung soll eine klimaneutrale Wärme über den Strom der Windenergieanlagen erschlossen, der wirtschaftliche Weiterbetrieb der Anlagen gewährleistet und so ein Rückbau der Anlagen verhindert werden.

In Tabelle 24 ist aufgeführt, wann die erste Anlage in der jeweiligen Erzeugergruppe 20 Jahre Betriebsdauer erreicht hat und somit keine EEG-Vergütung mehr erhält.

Tabelle 24: Ende der EEG-Vergütung

Erzeuger	Ende EEG-Vergütung
BWP I	2028
BWP II	2030
BWP III	2033
BSP	2029
BGA	2027
Satellit	2027

Rechtliche Rahmenbedingungen

Um den Strom konkurrenzfähig in die Wärmeversorgung einbringen zu können, muss ein Versorgungskonzept geschaffen werden, das eine wirtschaftliche Nutzung des Stroms ermöglicht. Bei einer Nutzung des Stroms fallen grundlegend alle Strompreisbestandteile wie EEG-Umlage, Stromsteuer und Netzentgelte an. Um einen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten zu können, muss der Bezugspreis für den Strom zwangsläufig gesenkt werden. Dies ist durch die Reduzierung bzw. den Wegfall der Letztverbraucherabgaben für die Stromnutzung zu erreichen. Das EEG 2017 sieht hierfür zwei Möglichkeiten vor. Zum einen ist laut Gesetzestext die Senkung der EEG-Umlage auf 40 % möglich, zum anderen eine vollständige Befreiung. Um die EEG-Umlage auf 40 % senken zu können, ist eine Personenidentität zwischen dem Anlagenbetreiber der WKA und dem Wärmeerzeuger erforderlich, die viertelstundengenaue Zeitgleichheit in Erzeugung und Verbrauch sowie ein direkter räumlicher Zusammenhang zwischen den Anlagen. Allerdings ist im EEG keine Definition von räumlicher Nähe festgelegt. Im Stromsteuerrecht ist unter §12b Abs. 5 StromStV definiert, dass ein räumlicher Zusammenhang bei 4,5 km für Anlagen bis 2 MW vorliegt. Für das EEG findet dies jedoch keine Anwendung. Auch eine Eigenversorgungslösung ist nicht ohne weiteres möglich.

Die Windenergieanlage soll im Eigenversorgungskonzept sowohl in das öffentliche Stromnetz einspeisen als auch Energie für die Wärmeerzeugung ohne Nutzung des öffentlichen Netzes bereitstellen können. Die stromseitige Wärmeerzeugung hingegen wird ausschließlich ohne Nutzung des öffentlichen Netzes versorgt. Hierdurch soll gemäß § 61a Ziff. 3 EEG 2017 eine Befreiung von der EEG-Umlage, und gemäß § 9 Absatz 1 Ziff. 1 Stromsteuergesetz eine Befreiung von der Stromsteuer

erfolgen. Die Gesetzeslage ist jedoch nicht sonderlich transparent und etwaige Konzepte sind bisher die Ausnahme.

Positiv zu bewerten ist dabei, dass die lokale Nutzung der erzeugten Energie immer mehr in den Fokus der Politik rückt und in den Sektoren Wärme und Mobilität genutzt werden soll. Aktuell wird der Wegfall der EEG-Umlage im Kontext der Nationalen Wasserstoffstrategie diskutiert und mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch umgesetzt.

Technische Rahmenbedingungen

Für die Umlagenbefreiung ist nach derzeitiger Rechtsprechung die Voraussetzung gefordert, dass die Stromversorgungsleitung ausschließlich durch grünen Strom gespeist wird. Ein Strombezug aus dem Netz muss verhindert werden. Für die Realisierung des Konzeptes ist es sinnvoll nur die Anzahl an Anlagen in die Eigenversorgung einzubinden, die tatsächlich für die Strombereitstellung für die Wärmeerzeugung notwendig sind. So ist es sinnvoll alle Anlagen eines Trassenstrangs in die Eigenversorgung einzubinden, um die Verlegung zusätzlicher Leitungen zu verhindern. Die beste Eignung für die Eigenversorgung bietet der BWP II, da hier sowohl die Trassenführung günstig und der geforderte direkte räumliche Zusammenhang noch am ehesten gegeben ist. Eine Verfahrensweise für eine erfolgreiche Umsetzung eines Eigenversorgungskonzeptes, eine Musterlösung, gibt es bisher nicht. Die Studie zeigt das Potenzial für die Umsetzung bei einer erfolgreichen Umsetzung der Eigenversorgung auf. Dies geschieht auf den nächsten Seiten.

SZENARIO EINSMAN-NUTZUNG

Beschreibung

Das Szenario der „EinsMan-Nutzung“ sieht eine Nutzung der ansonsten abgeregelten Windenergie vor Ort vor. Hierdurch wird in der Gemeinde eine zusätzliche physikalische Wertschöpfung und damit verbunden eine Senkung der CO₂-Emissionen generiert. Ein Weiterbetrieb der Anlagen, anstatt diese aufgrund mangelnder Netzkapazitäten abregeln zu müssen, trägt zudem zur Akzeptanz der Windenergie vor Ort bei.

Kerngedanke des Konzepts ist es, die Erzeugungsanlagen vor Ort bei Einspeisemanagement nicht abzuregeln und somit wertvolle erneuerbare Energie „verpuffen“ zu lassen. Stattdessen sollen die Anlagen zwar vom öffentlichen Netz genommen werden, jedoch nicht abgeschaltet werden, sondern als Energiequelle für ein Heizelement für die Wärmeversorgung genutzt werden. Außerdem können die Anlagen des BWP III während Zeiten negativer Strompreise, zu denen sie keine EEG-Vergütung mehr erhalten, durch die Wärmeerzeugung weiterhin Einnahmen generieren. Nach derzeitiger Rechtsprechung entfällt die Vergütung ab durchgängig sechs Stunden negativer Strompreise an der Strombörse. Eine geplante Neuerung des § 51 des EEG soll den Zeitraum auf 15 Minuten durchgängig negativer Strompreise verschärfen, wodurch sich das Potenzial für Sektorenkopplung zu negativen Strompreisen erhöht.

Der Großteil der Abregelungen der Windenergieanlagen fällt in die windreiche Zeit zwischen Herbst und Frühjahr. Dieses Profil deckt sich mit dem der Heizperiode. Demzufolge steht dann, wenn der Energiebedarf des Wärmenetzes am höchsten ist, der Großteil der abgeregelten Energie zur Verfügung, der so zur Deckung des Wärmebedarfs beitragen kann.

Der Strombezug für die Bereitstellung von Wärme aus den Windenergieanlagen ist in diesem Fall teurer als im Szenario des Post-EEG-Betriebs. Der Bezugspreis für den abgeregelten Strom muss über dem der Einspeisevergütung liegen, um dem Anlagenbetreiber einen finanziellen Anreiz für die Strombereitstellung zu geben. Zudem fallen für den Strombezug für die Wärmeversorgung mindestens

40 bis 100 % aller Strompreisbestandteile an, was den Strombezug aus Abschaltzeiten nicht wirtschaftlich tragfähig macht.

Neben den Erlösanforderungen der Anlagenbetreiber birgt die rechtliche Genehmigungsfähigkeit einige Hürden, die eine Wirtschaftlichkeit des Projekts verhindern können.

Rechtliche Vorgehensweise

Die Weiternutzung von Windenergieanlagen im Falle einer Reduktion der Einspeiseleistung durch den Netzbetreiber aufgrund von Netzengpassmanagement, ist im Gesetzestext nicht eindeutig geregelt. Die Nutzung des ansonsten abgeregelten Windstroms kommt einem Eigenversorgungskonzept nach §§ 61a bis 61f EEG 2017 zwar nahe, es bestehen jedoch rechtliche Hemmnisse, die aufgrund der Rechtsunsicherheit unternehmerische Risiken mit sich bringen. Fällt das Vorhaben nicht unter den Schutzschirm der Eigenversorgung, belasten Abgaben und Umlagen den Strombezug mit Mehrkosten, die in eine Gefährdung der Wirtschaftlichkeit des Projektes resultieren. Eine Befreiung von Umlagen und Abgaben der Stromerzeugungsanlagen durch die Realisierung eines Eigenversorgungskonzeptes hat zur Folge, dass für in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeisten Strom keine EEG-Vergütung in Anspruch genommen werden kann. Als Zeitraum für die Regulierung ist ein Kalenderjahr gängig. Da die Rechtsprechung eine Nutzung des abzuregelnden Stroms nicht vorsieht und der Anlagenbetrieb als Eigenversorgungskonzept während des EEG-Förderungszeitraums erhebliche finanzielle Einbußen mit sich bringt, ist die Einspeisung von ansonsten abgeregelter Windenergie in ein Wärmenetz daher als technische Maßnahme zur Abregelung zu handhaben. Hier sind einige Regelungen im Gesetzestext zu beachten. Das Doppelvermarktungsverbot nach § 80 EEG 2017 schreibt vor, dass Strom aus erneuerbaren Energien „nicht mehrfach verkauft, anderweitig überlassen oder entgegen § 56 an eine dritte Person veräußert werden [darf]“. § 56 EEG 2017 regelt die Pflicht des Netzbetreibers, den Strom unverzüglich an den Übertragungsnetzbetreiber weiterzugeben. Nach § 61 EEG 2017 sind die Netzbetreiber darüber hinaus „berechtigt und verpflichtet, die EEG-Umlage von Letztverbrauchern zu verlangen für [...] sonstigen Verbrauch von Strom, der nicht von einem Elektrizitätsversorgungsunternehmen geliefert wird.“ § 60 regelt den Sachverhalt für Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Dies steht einer Alternativnutzung des Stroms in der Wärmeversorgung entgegen, sofern das Konzept nicht als Maßnahme zur Abregelung anerkannt wird. Eine Befreiung von der Stromsteuer kann nach § 9 des Stromsteuergesetzes erfolgen. Hier ist nach § 9 Abs. 1 Nr. 1 geregelt, dass eine Befreiung von der Stromsteuer erfolgt, wenn „Strom, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von mehr als zwei Megawatt aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt und vom Betreiber der Anlage am Ort der Erzeugung zum Selbstverbrauch entnommen wird“. Als Grundlage für eine Reduktion der EEG-Umlage für den Anlagenbetrieb ist nach §§ 61 bis 61l möglich, sofern Personenidentität, Zeitgleichheit zwischen Erzeugung und Verbrauch und ein direkter räumlicher Zusammenhang besteht.

Technische Vorgehensweise

Ein Großteil der Innovation des Vorhabens liegt in der Regelungstechnik der Windenergieanlagen. Das Konzept sieht vor, dass die Anlagen sowohl am Netz der öffentlichen Versorgung als auch ohne Einbezug des Netzes Strom erzeugen können. Im Fall einer Abregelung der Erzeugungsanlage sollen diese ohne Einspeisung in das öffentliche Stromnetz als Erzeugungsanlagen für das Wärmenetz weiterbetrieben werden können. Die Anforderung an die Regelungstechnik ist es daher, dass beim Erhalt eines Abschaltsignals durch den Netzbetreiber automatisch auf „Eigenversorgung“, also die Speisung der Wärmeerzeugungsanlagen statt Netzbetrieb, umschaltet wird. Dies muss zwingend vor dem Netzverknüpfungspunkt zum öffentlichen Stromnetz geschehen, sodass kein Strom in das öffentliche Netz abgegeben wird. Eine Direktleitung von der Windenergie zu Strom-Wärme-Wandlern

kann so die ansonsten abgeregelte Windenergie nutzen, ohne dass die Frequenz im öffentlichen Stromnetz steigt.

Modellvorhaben wie der Windwärmespeicher Nechlin und die Energiezukunft Fuchstal zeigen, dass die Nutzung von ansonsten abgeregelter Windenergie bereits in die Praxis umgesetzt werden kann. Zu erwähnen ist, dass diese Vorhaben speziell gefördert sind.

Eine Realisation des Konzeptes ist systemdienlich für das Stromnetz, erhöht den Nutzungsgrad Erneuerbarer Energien und optimiert die gesamtwirtschaftlichen Kosten, da weniger Entschädigungszahlungen für abgeregelte Energie anfallen. Zudem generiert die Realisation weitere lokale Wertschöpfung.

Auf den Punkt.

- Infrastruktur der Stromerzeugung günstig für Sektorkopplung.
- Außerdem großes energetisches Potenzial durch hohe EE-Erzeugung, dass für Sektorkopplung genutzt werden kann.
- Sektorkopplung durch Integration der Windenergie in die Wärmeversorgung kann durch die Nutzbarmachung von Abschaltzeiten und die Post-EEG Nutzung der Windenergie erfolgen.
- Rechtsrahmen für eine wirtschaftliche Nutzung von Abschaltzeiten jedoch noch nicht geschaffen.
- Post-EEG Integration der Windenergie über Eigenversorgungskonzept mit Überschusseinspeisung prinzipiell möglich.

WÄRMESENKEN

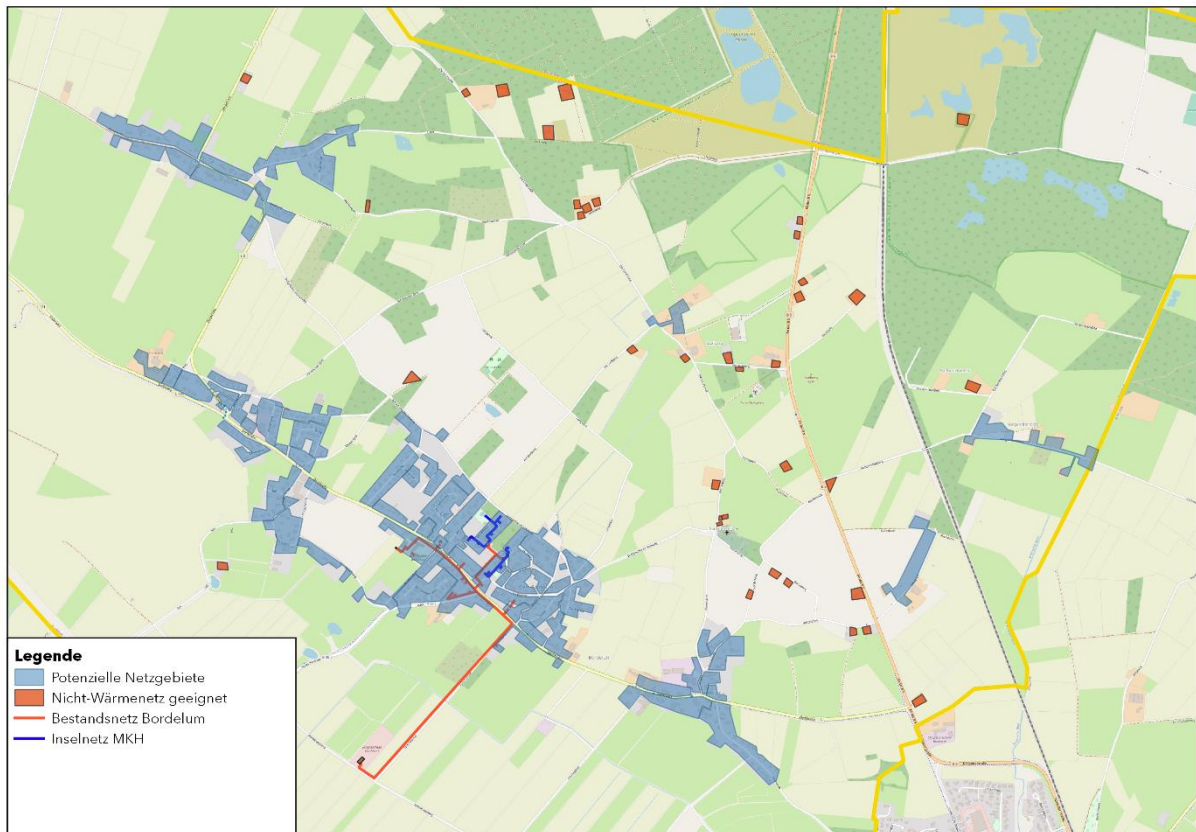


Abbildung 10: Wärmesenke

In Abbildung 10 sind die Gebiete in blau dargestellt, die sich potenziell für die Errichtung eines Wärmenetzes eignen. In Rot wurden die Wärmesenken hinterlegt, die nicht für den Anschluss an ein Wärmenetz geeignet sind. In einer Detailbetrachtung wurden zwei Ortsteile untersucht, die in einer ersten Grobbetrachtung aufgrund ihrer Besiedlungsstruktur für ein Wärmenetz geeignet erschienen. Zum einen gilt dies für eine Erweiterung des Bestandsnetzes im Kerngebiet, sowie zum anderen für den Ortsteil Büttjebüll. Hier wurden jeweils alle potenziellen Anschlussnehmer über ein fiktives Wärmenetz erschlossen, um hieraus die grundlegende Charakteristik der Netze bestimmen zu können. Anhand dieser wurden die für die Modellierung und Wirtschaftlichkeitsberechnungen wichtigen Charakteristiken wie Leitungslängen, damit verbundene Leitungsverluste, die Liniendichte (kWh/m*a) und generell resultierende Kosten abgeleitet.

Kerngebiet

Angefangen beim Bestandsnetz wird die vorhandene Infrastruktur kontinuierlich erweitert. Das Bestandsnetz als „Keimzelle“ wird immer weitreichender ausgebaut und erstreckt sich letztendlich von Ost-Bordelum bis Sterdebüll. Die Haupttrasse des fiktiven Netzes beläuft sich auf 14 km. Mit zusätzlichen 8 km Hausanschlusslängen beläuft sich die Gesamttrasse auf 22 km. Weiterhin werden Post-EEG Anlagen in die Erzeugungsinfrastruktur unterstützend zur BGA integriert. Über die Implementierung eines Elektrodenheizers (Heizstab) und von Wärmepumpen können die Stromerzeugungsanlagen in die Wärmeversorgung integriert werden. Die vorhandene Infrastruktur wird so optimal genutzt und erweitert.

Büttjebüll

Für das Post-EEG Szenario für Büttjebüll kommen die Anlagen des BWP III in Frage. Da die erste Anlage des Windparks jedoch erst 2033 aus der EEG-Vergütung fällt, ist eine Überbrückungstechnologie notwendig. Da für die Integration der Windenergie in die Wärmeversorgung Strom-Wärme-Wandler wie Wärmepumpe oder Heizstab notwendig werden, ist eine Erzeugungsinfrastruktur für die Überbrückung bis 2033 die ebenfalls auf Strom-Wärme-Wandlung setzt sinnvoll, um die Infrastruktur sowohl für den Überbrückungszeitraum als auch bei der Post-EEG Versorgung nutzen zu können. Die sich hierfür anbietende Technologie ist das Biomethan-BHKW. Da im Ortsteil Büttjebüll jedoch kein Gasnetz liegt, steht diese Option nicht zur Verfügung. Deshalb wird als möglichst nachhaltige Interimslösung auf den Einsatz einer Holzhackschnitzelanlage gesetzt. 2033 wird diese durch die Strom-Wärme-Wandlung abgelöst und kann je nach Zustand weiterhin als Redundanz genutzt werden. Die Gesamtleitungslänge des fiktiven Wärmenetzes von 3,5 km setzt sich aus 2,5 km Haupttrasse plus 1 km Hausanschlusslängen zusammen.

Tabelle 25: Netzinformationen

Ortsteil	Anschlussnehmer_innen	Wärmebedarf
Kerngebiet	526	13.398.543 kWh
Büttjebüll	69	1.422.510 kWh

Wie die Wärmeversorgung der Gebiete in Anpassung an die sich ändernden Begebenheiten erfolgen kann zeigen die zwei nachfolgenden Prinzipschemata.

PRINZIPSCHEMATA

Nachfolgend werden die einzelnen Szenarien für die Dekarbonisierung des Wärmesektors betrachtet. Zur ersten Übersicht dienen die beiden Prinzipschemata in den nächsten zwei Abbildungen.

Abbildung 11 zeigt die Infrastruktur der Wärmeversorgung im Szenario 2025 in der oberen Hälfte der Darstellung und die Versorgungsoptionen im zweiten und dritten Szenario in der unteren Hälfte.

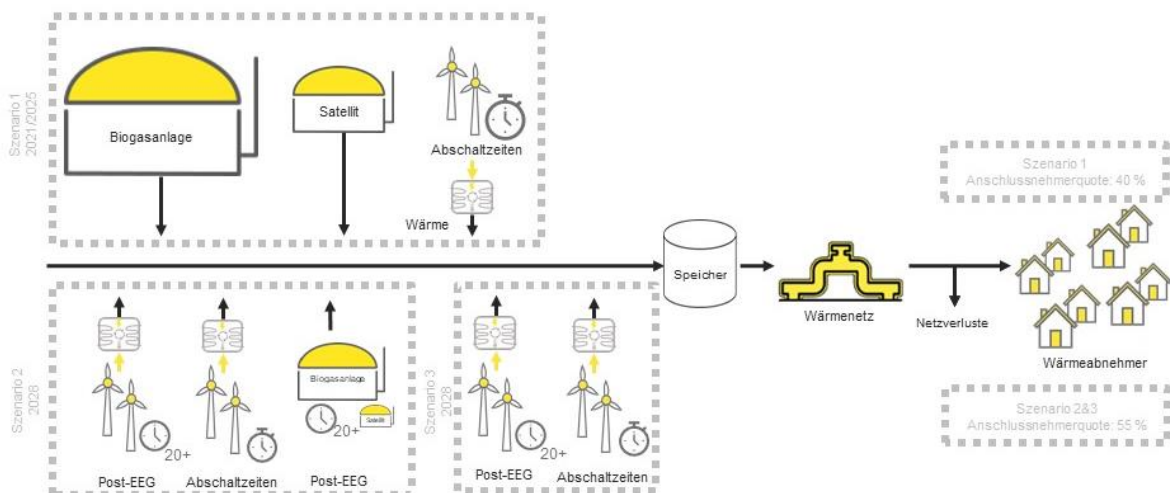


Abbildung 11: Prinzipschema Kerngebiet

Die Abbildung 12 zeigt die Wärmeerzeugung in den Jahren 2025 und 2033 von Büttjebüll.

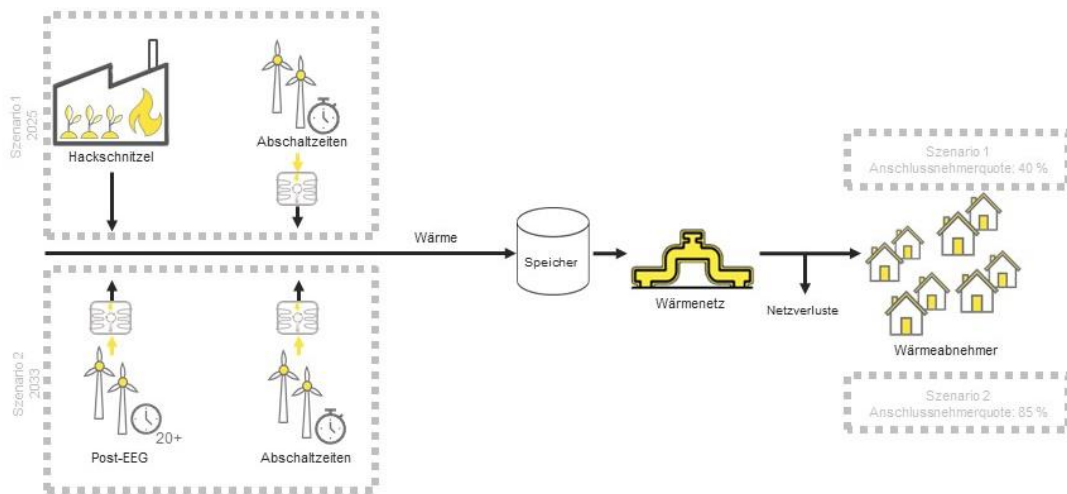


Abbildung 12: Prinzipschema Büttjebüll 2021/2025

Wie die Versorgung im Detail erfolgt, zeigen die nächsten Abschnitte.

6.2.2 ERWEITERUNG DES BESTANDWÄRMENETZES

Als erstes erfolgt eine Analyse über die Möglichkeit der Erweiterung des Bestandsnetzes. Die Analyse hat zum Zweck die Kapazitäten der Wärmeerzeugung der BGA voll auszuschöpfen. Eine Erweiterung des Bestandsnetzes mittels erhöhten Nutzungsgrads der BGA bietet eine gute Möglichkeit die Wärmeversorgung der Gemeinde direkt und zeitnah nachhaltiger zu gestalten.

Das aktuelle Wärmenetz in Bordelum hat eine Länge von 2.989 m und versorgt 31 Anschlussnehmer_innen. Der Gesamtbedarf liegt aktuell bei etwa 2.975 MWh/a. Mit der Annahme von 15 Watt pro Meter Wärmeübertragungsverluste teilt sich der Gesamtbedarf in 2.582 MWh/a Wärmebedarf der Liegenschaften und 393 MWh/a Wärmeverluste auf. Der Wärmebedarf (gelb) als auch die Wärmeverluste (schwarz) für den Bestand sind in Abbildung 13 dargestellt.

Für die Erweiterung des Wärmenetzes wurde angenommen:

- Liniendichte von 500 kWh/m*a
- Wärmebedarf von 22.500 kW/a pro Anschlussnehmer_innen
- Wärmeerzeugung aus:
 - Satelliten BHKW mit 345 kW
 - BGA mit 567 kW
 - Spitzenlastkessel 500 kW

Die Wärmeerzeugerkonstellation ermöglicht die weitere Hinzunahme von 65 Anschlüssen mit einem zusätzlichen Gesamtwärmebedarf von 1.847 MWh/a. Dieser zusätzliche Gesamtwärmebedarf teilt sich auf in 1.463 MWh/a Wärmebedarf der Liegenschaften und 384 MWh/a Wärmeverluste der 2.925 m langen Trassenerweiterung. Um die 65 zusätzlichen Hausanschlüsse vollumfänglich versorgen zu können, ist die Installation des Spitzenlastkessels mit 500 kW zur Abdeckung der Lastspitzen erforderlich. Der Wärmebedarf (grün) und die Wärmeverluste (grau) für die Erweiterung sind in Abbildung 13 dargestellt.

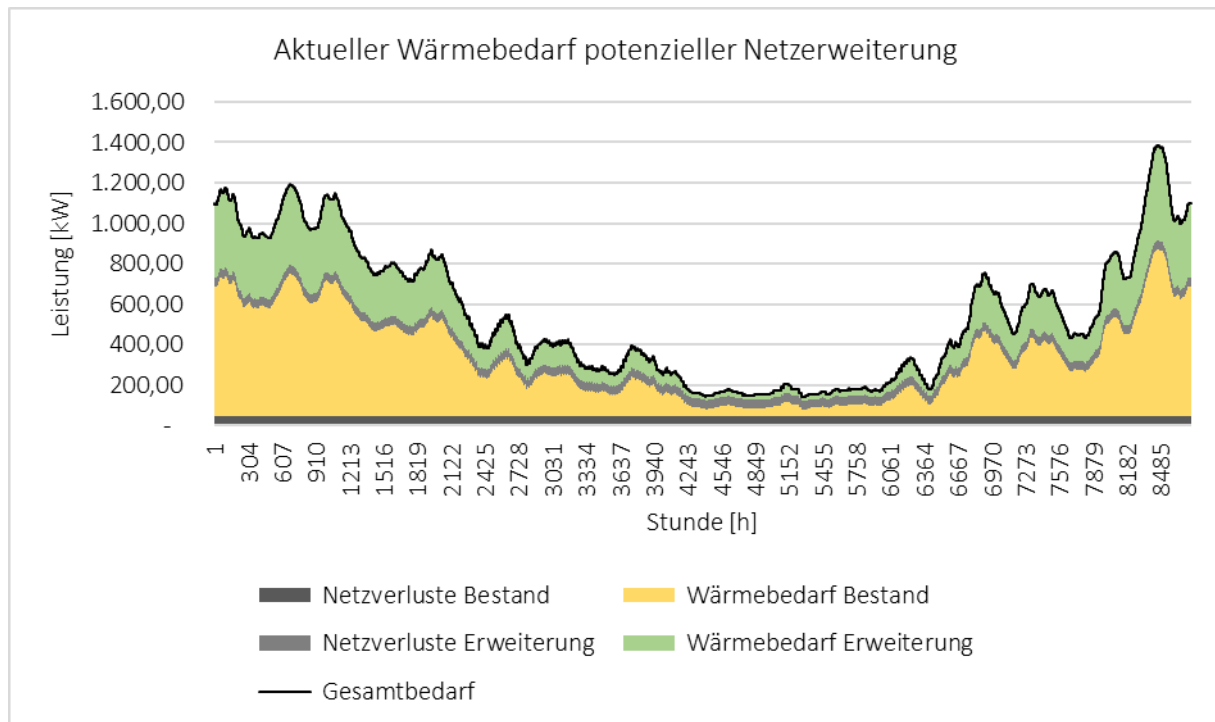


Abbildung 13: Aktueller Wärmebedarf und Wärmebedarf einer Erweiterung

Insgesamt steigt der jährliche Gesamtbedarf auf 4.822 MWh/a an. Die Wärmedeckung des Bestandes sowie für die Erweiterung ist als Jahrgang in Abbildung 14 dargestellt.

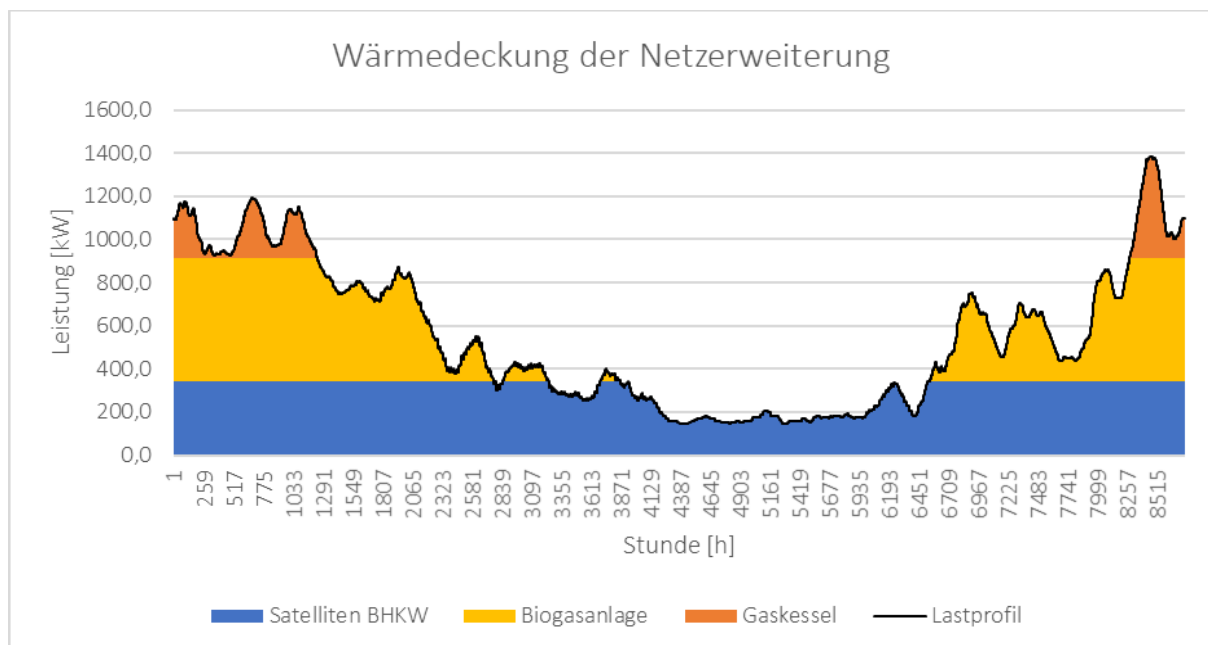


Abbildung 14: Wärmeerzeugung mit einer Wärmenetzerweiterung

Von den 4.822 MWh/a Gesamtwärmebedarf können 2.607 MWh/a (54,1 %) durch das Satelliten BHKW, 1.931 MWh/a (40,0 %) durch die BGA und 284 MWh/a (5,9 %) durch den Spitzenlastkessel abgedeckt werden.

6.2.3 KERNGEBIET – SZENARIO I 2025

Im folgenden Szenario wird das Bestandswärmenetz inklusive einer Erweiterung mit einer Anschlussquote von 40 % betrachtet. Eine Kurzbeschreibung für Szenario I ist in der folgenden Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Kurzbeschreibung Szenario I für das Kerngebiet 2025

Kerngebiet – Szenario I 2025	
Jahr	2025
Ortsteile	West-Bordelum, Ost-Bordelum, Uphusum, Ebüll, Sterdebüll
Anschlussquote [%]	40
Bestandsnetz [MWh/a]	2.689
Erweiterung [MWh/a]	3.769
Gesamtbedarf [MWh/a]	6.458

Neben der Wärme von der BGA und dem Satelliten BHKW ist in diesem Szenario die Nutzung des Stroms aus dem Bürgersolarpark mit 2,6 MWp und des Bürgerwindparks 1 (BWP I) mit einer Gesamtleistung von 31 MWel beabsichtigt. Da die Anlagen des BWP I im Januar 2008 errichtet wurden, fallen sie noch bis in Jahr 2028 unter die Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Um diese Anlagen zu berücksichtigen wird das vorhandene Strompotenzial während einspeisemanagement-bedingter Abschaltungen genutzt. Die Zusammensetzung der benötigten Wärme ist in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Wärmeerzeugung im Szenario I für das Kerngebiet 2025

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
BGA	567	2.994.734	5.282	38
Satelliten BHKW	345	2.932.373	8.500	37
Wärmepumpe	814	1.827.081	2.244	22
Heizstab	719	230.540	321	3
Wärme gesamt	2.445	7.984.729	3.265	100

Um die fluktuierende Stromerzeugung des Solar- und des Windparks für die Wärmeversorgung nutzen zu können wird ein 192 m³ großer Pufferspeicher genutzt.

Die Grund- sowie ein Großteil der Mittellast werden durch das Satelliten Blockheizkraftwerk (BHKW) und die BGA gedeckt. Die restliche Mittellast wird durch die Wärmepumpe und die Spitzenlast durch den Heizstab versorgt. Durch die unregelmäßige Strombereitstellung wird ersichtlich, dass die Wärmepumpe als auch der Heizstab über den Bedarf hinaus produzieren, um den Pufferspeicher für Phasen ohne Stromerzeugung zu beladen. Eine Darstellung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in der folgenden Abbildung 15 gegeben.

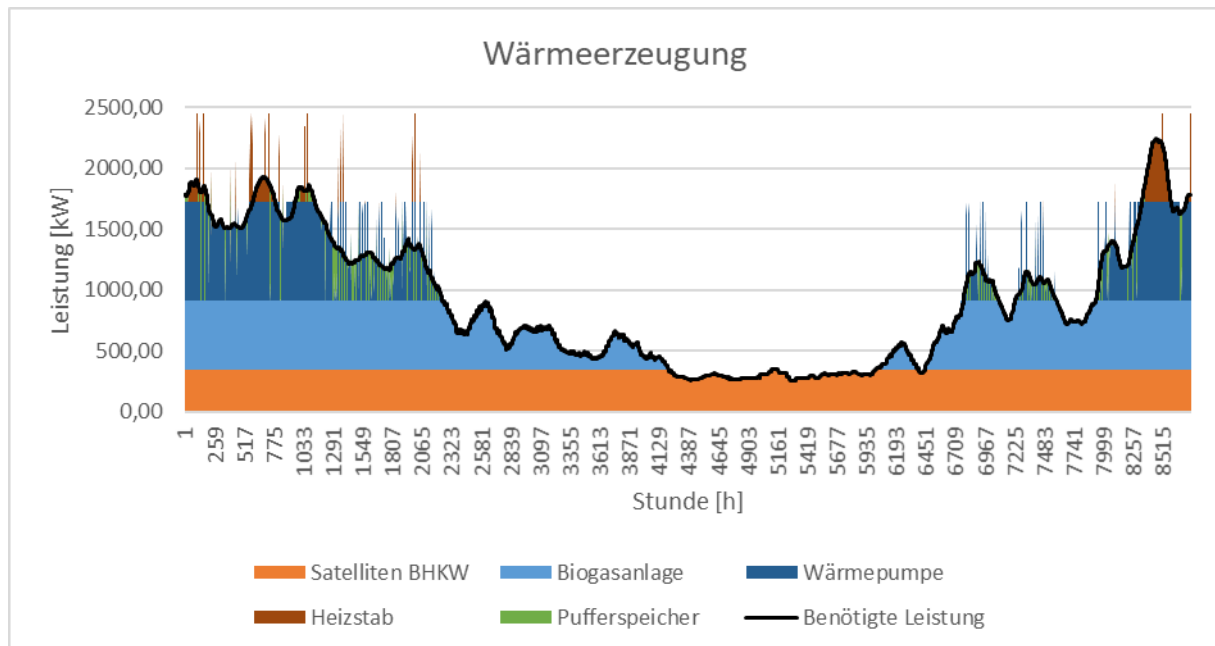


Abbildung 15: Wärmeversorgung im Szenario I für das Kerngebiet 2025

6.2.4 KERNGEBIET – SZENARIO II 2028

Im folgenden Szenario wird das Bestandswärmenetz inklusive einer Erweiterung mit einer Anschlussquote von 55 % betrachtet. Eine Kurzbeschreibung für Szenario II ist in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Kurzbeschreibung Szenario II für das Kerngebiet 2028

Kerngebiet – Szenario II 2028	
Jahr	2028
Ortsteile	West-Bordelum, Ost-Bordelum, Uphusum, Ebüll, Sterdebüll
Anschlussquote [%]	55
Bestandsnetz [MWh/a]	2.531
Erweiterung [MWh/a]	4.877
Gesamtbedarf [MWh/a]	7.408

Im Gegensatz zu Szenario I wird in diesem Fall der Strom primär aus den Post-EEG Anlagen des Bürgerwindparks 1 zur Wärmeerzeugung genutzt. Neben den Windkraftanlagen wird auch weiterhin der Bürgersolarpark mit 2,6 MWp berücksichtigt.

Darüber hinaus werden die BGA und das Satelliten BHKW genutzt. Diese dienen vor allem zur Deckung des Wärmebedarfs, wenn eine ausreichende Stromversorgung zur Wärmedeckung durch die erneuerbaren Erzeugungsanlagen nicht möglich ist. Die gesamte Wärmeerzeugung ist in Tabelle 29 aufgelistet.

Tabelle 29: Wärmeerzeugung im Szenario II für das Kerngebiet 2028

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
BGA	567	697.863	1.231	8
Satelliten BHKW	345	479.548	1.390	5
Wärmepumpe	1.422	6.819.442	4.796	75
Heizstab	1.408	1.053.662	748	12
Wärme gesamt	3.742	9.050.515	2.419	100

Wie in Szenario I wird durch die fluktuierende Stromerzeugung des Solar- und des Windparks ein Pufferspeicher notwendig. Durch den höheren Wärmebedarf vergrößert sich dieser auf eine Kapazität von 200 m³.

Die Grundlast wird zum größten Teil durch die Wärmepumpe abgedeckt. In den auftretenden Dunkelflauten wird die notwendige Wärme durch die BGA und das Satelliten BHKW bereitgestellt. Zusätzlich können durch den Pufferspeicher weitere Versorgungsengpässe aufgefangen werden. Für die Spitzenlast ist die Nutzung des Wind- und PV-Stroms durch einen Elektroheizstab vorgesehen. Durch die im Verhältnis geringe Wärmemenge zur benötigten Leistung eignet sich der Heizstab durch seine geringen Investitionskosten ideal als Spitzenlasterzeuger. Eine Darstellung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in der folgenden Abbildung 16 gegeben.

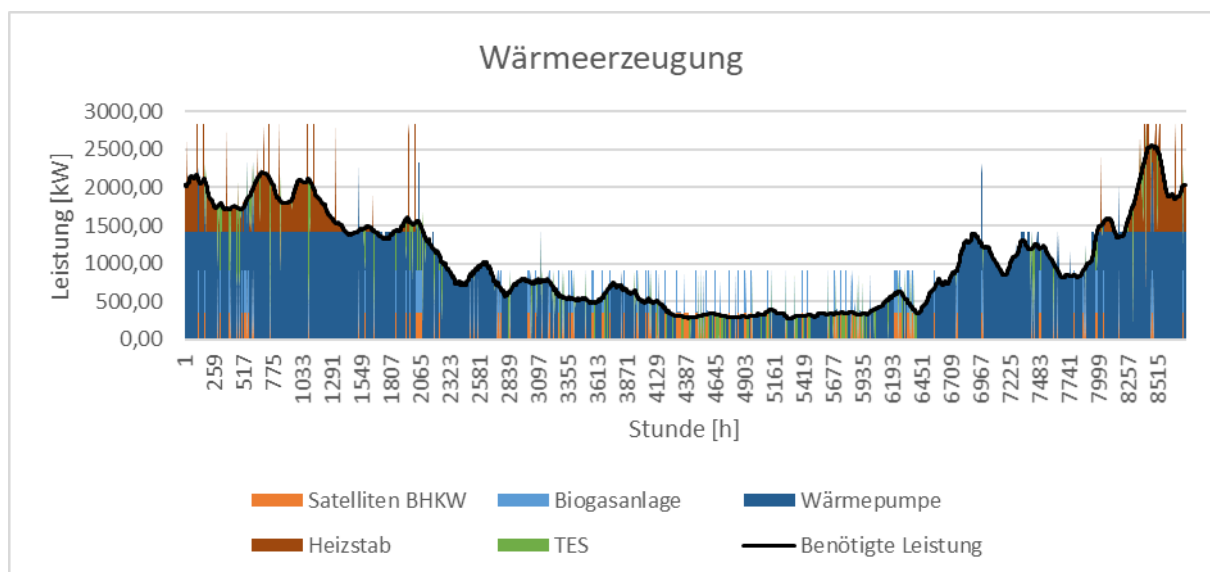


Abbildung 16: Wärmeverversorgung im Szenario II für Kerngebiet 2028

6.2.5 KERNGEBIET – SZENARIO III 2028

Im folgenden Szenario wird das Bestandswärmenetz inklusive einer Erweiterung mit einer Anschlussquote von 55 % betrachtet. Eine Kurzbeschreibung für Szenario III ist in der folgenden Tabelle 30 dargestellt.

Tabelle 30: Kurzbeschreibung Szenario III für das Kerngebiet 2028

Kerngebiet – Szenario III 2028	
Jahr	2028
Ortsteile	West-Bordelum, Ost-Bordelum, Uphusum, Ebüll, Sterdebüll
Anschlussquote [%]	55
Bestandsnetz [MWh/a]	2.531
Erweiterung [MWh/a]	4.877
Gesamtbedarf [MWh/a]	7.408

Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Szenarien I und II wird in Szenario III auf die Wärme von der BGA und dem Satelliten BHKW verzichtet. Somit wird in diesem Szenario einzig die Nutzung des Stroms aus dem Bürgersolarpark mit 2,6 MWp und des Bürgerwindparks 1 mit einer Gesamtleistung von 31 MW zur Wärmeerzeugung beabsichtigt. Eine Übersicht der Wärmeerzeugung ist in Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 31: Wärmeerzeugung im Szenario III für das Kerngebiet 2028

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
Wärmepumpe	1.639	8.304.628	5.068	92
Heizstab	1.327	742.902	560	8
Wärme gesamt	2.966	9.047.530	3.051	100

Durch die 100 prozentige Nutzung von Sonne und Wind zur Wärmeerzeugung und den Verzicht auf redundante Erzeuger wie die BGA und das Satelliten BHKW, besteht die Herausforderung darin Versorgungsengpässe durch Dunkelflauten auffangen zu können. Durch die somit fluktuierende Stromerzeugung des Solar- und Windparks für die Wärmeversorgung, vergrößert sich die Speicherkapazität des Pufferspeichers auf 253 m³.

Die Grund- und Mittellast werden hauptsächlich durch die Wärmepumpe bereitgestellt. Für einzelne Versorgungsengpässe durch Dunkelflauten wird der Pufferspeicher zu Überbrückung genutzt. Wie auch in Szenario II wird der Elektroheizstab für die Abdeckung von Spitzenlasten in der Heizperiode genutzt. Eine Darstellung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in der folgenden Abbildung 17 gegeben.

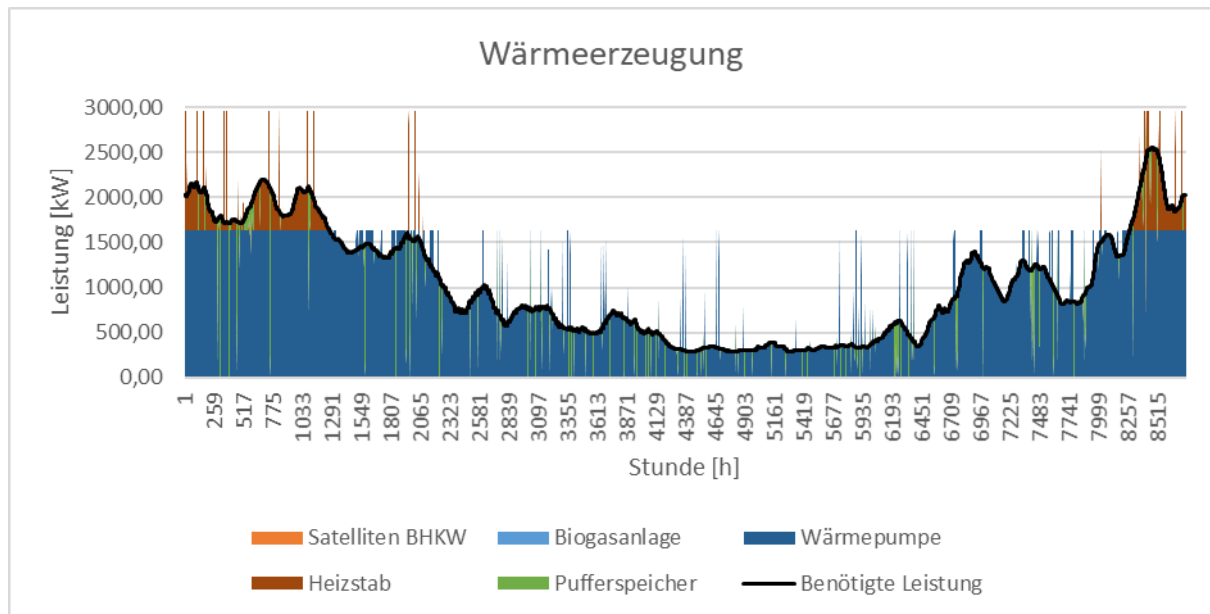


Abbildung 17: Wärmeversorgung im Szenario III für das Kerngebiet 2028

6.2.6 BÜTTJEBÜLL – SZENARIO I 2021/2025

Im folgenden Szenario wird der Ort Büttjebüll im Jahr 2025 mit einer Anschlussquote von 40 % betrachtet. Eine Kurzbeschreibung für Szenario I ist in der folgenden Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 32: Kurzbeschreibung Szenario I für Büttjebüll 2025

Büttjebüll – Szenario I 2025	
Jahr	2025
Ortsteile	Büttjebüll
Anschlussquote [%]	40
Gesamtbedarf [MWh/a]	514

Im Gegensatz zum Kerngebiet ist in Büttjebüll weder ein Bestandwärmenetz noch die Möglichkeit Wärme aus einer BGA oder einem Satelliten BHKW zu nutzen, vorhanden. In diesem Szenario ist die Nutzung des Stroms aus dem Bürgerwindpark 1 mit einer Gesamtleistung von 31 MW vorgesehen. Da die Anlagen des BWP I im Januar 2008 errichtet wurden, fallen sie noch bis ins Jahr 2028 unter die Förderung durch das EEG. Für die Nutzung des Windstrom wird das vorhandene Strompotenzial während einspeisemanagementbedingter Abschaltungen genutzt. Als weiterer Erzeuger zur Sicherung der Grundlast ist eine Hackgutanlage vorgesehen. Die gesamte Wärmeerzeugung ist in Tabelle 33 dargestellt.

Tabelle 33: Wärmeerzeugung im Szenario I für Büttjebüll 2025

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
Hackgutkessel	157	692.625	4.417	91
Wärmepumpe	18	33.179	1.887	5
Heizstab	18	32.782	1.790	4
Wärme gesamt	193	758.586	3.937	100

Da im Gegensatz zum Kerngebiet die Strombereitstellung nur auf den Windpark während der Abschaltzeiten beschränkt ist, ist keine strombasierte Wärmeerzeugung möglich. Mit einem Anteil von 91 % wird der größte Anteil durch die Hackgutanlage bereitgestellt. Die restlichen 9 % teilen sich auf in die Erzeugung durch die Wärmepumpe und den Elektroheizstab. Eine Darstellung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in der folgenden Abbildung 18 gegeben.

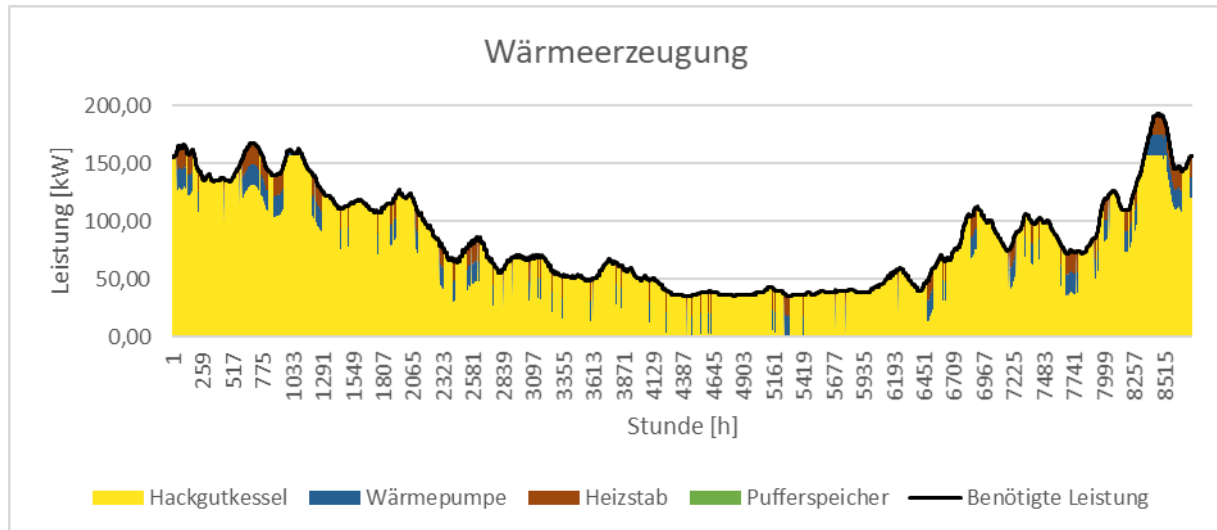


Abbildung 18: Wärmeversorgung im Szenario I für Büttjebüll 2025

6.2.7 BÜTTJEBÜLL – SZENARIO II 2033

Im folgenden Szenario wird der Ort Büttjebüll im Jahr 2033 mit einer Anschlussquote von 85 % betrachtet. Eine Kurzbeschreibung für Szenario II ist in der folgenden Tabelle 34 dargestellt.

Tabelle 34: Kurzbeschreibung Szenario II für Büttjebüll 2033

Büttjebüll – Szenario II 2033	
Jahr	2033
Ortsteile	Büttjebüll
Anschlussquote [%]	85
Gesamtbedarf [MWh/a]	930

Im Gegensatz zum vorherigen Szenario wird ausschließlich Strom, aus dem BWP I mit einer Gesamtleistung von 31 MW, zur Wärmeerzeugung genutzt. Da die Anlagen im Jahr 2033 nicht mehr durch das EEG gefördert werden, ist die fluktuierende Stromerzeugung der einzige limitierende Faktor für die Wärmeversorgung, welche in Tabelle 35 aufgelistet ist.

Tabelle 35: Wärmeerzeugung im Szenario II für Büttjebüll 2033

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
Wärmepumpe	196	1.079.301	5.501	88
Heizstab	173	147.015	851	12
Wärme gesamt	369	1.226.317	3.323	100

Die Grund- und Mittellast der Wärme wird durch die Wärmepumpe bereitgestellt. Der zusätzliche Elektroheizstab deckt die Spitzenlasten in der Heizperiode ab. Für einzelne Versorgungsengpässe durch Dunkelflaute speichert der Heizstab genügend Wärmeenergie im Pufferspeicher, der eine

Kapazität von 47 m³ hat, zwischen. Eine Darstellung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in der folgenden Abbildung 19 gegeben.

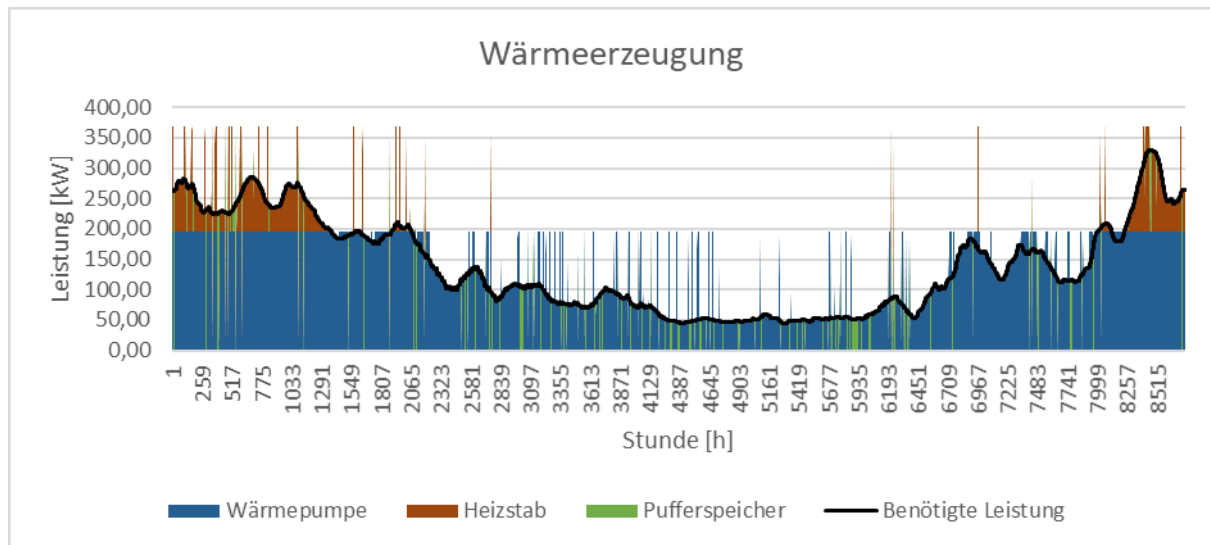


Abbildung 19: Wärmeversorgung im Szenario II für Büttjebüll 2033

6.2.8 CO₂ – REDUZIERUNG IN DEN WÄRMESZENARIEN

Für die Berechnung des CO₂-Einsparpotenzials wurden die Emissionswerte aus Tabelle 36 zur Berechnung der CO₂-Emissionen genutzt.

Tabelle 36: CO₂-Emissionsfaktoren

Energieträger	CO ₂ -Emissionen [g/kWh]
Fernwärme	341
Gas	252
Öl	315
Holz	18
Deutscher Strommix	485
Biogas	71
Hackschnitzel	58
Holzpellets	58
Wind (Onshore)	10
Photovoltaik Strom	50
Bordelumer Strommix	15
Solarthermie	25
Umweltwärme	0

Für die Berechnung der aktuellen Emissionswerte wurde, auf Grundlage der Daten, ermittelt, wie die verschiedenen Energieträger sich auf die Gesamtwärmeerzeugung verteilen. Eine Übersicht hierfür ist in Tabelle 37 dargestellt.

Tabelle 37: Verteilung der Energieträger zur Wärmeerzeugung

Energieträger	Kerngebiet	Büttjebüll
Fernwärme	5 %	0,0 %
Gas	44 %	14,7 %
Öl	44 %	59,5 %
Holz	1 %	0,7 %
Strom	3 %	13,5 %
Andere	3 %	11,6 %
Gesamt	100 %	100 %

Im ersten Schritt wurden in der folgenden Tabelle 38, für die drei Szenarien im Kerngebiet und die zwei Szenarien in Büttjebüll, auf Grundlage der aktuellen Heizsysteme und Wärmeverbräuche die CO₂-Emissionen berechnet.

Im zweiten Schritt wurden für die Szenarien 6.2.3 – 6.2.7 die CO₂-Emissionen mit der zukünftigen Wärmeversorgung ermittelt.

Die Differenz aus dem aktuellen und dem potenziellen CO₂ für die zukünftige Wärmeversorgung stellt das Einsparpotenzial dar.

Tabelle 38: CO₂-Einsparung in den verschiedenen Wärmeszenarien

Energieträger	Kerngebiet						Büttjebüll			
	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3		Szenario 1		Szenario 2	
	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]
Fernwärme	431.274	147	525.637	179	525.637	179	-	-	-	-
Gas	3.911.551	986	4.767.403	1.201	4.767.403	1.201	103.414	26	219.754	55
Öl	3.851.389	1.213	4.694.077	1.479	4.694.077	1.479	417.589	132	887.376	280
Holz	63.038	1	76.831	1	76.831	1	5.145	0	10.934	0
Strom	300.147	156	365.819	190	365.819	190	94.597	49	201.019	105
Andere	261.225	77	318.381	94	318.381	94	81.474	24	173.132	51
Wärmebedarf	8.818.624	2.580	10.748.149	3.145	10.748.149	3.145	702.219	231	1.492.215	491
Biogas	5.248.210	373	1.100.371	78	-	-	-	-	-	-
Hackschnitzel	-	-	-	-	-	-	192.715	11	-	-
Windstrom	1.077.714	10	4.437.254	40	4.760.122	43	228.401	2	691.101	6
Umweltwärme	854.250	-	3.267.890	-	4.006.749	-	154.071	-	524.194	-
Fernwärmebedarf + Wärmeverluste	7.180.173	382	8.805.515	118	8.766.872	43	575.187	13	1.215.295	6
CO₂ Reduzierung	2.198		3.027		3.102		218		485	

Mit einer Reduzierung von 2.580 auf 382 Tonnen CO₂ können im Szenario 1 in Bordelum knapp 2.200 Tonnen CO₂ jährlich eingespart werden. Durch die Hinzunahme von weiteren Anschlussnehmer_innen können die Emissionen in den Szenarien II und III auf 118 t bzw. 43 t gesenkt werden, was einer jährlichen Reduktion von bis zu 3.100 Tonnen CO₂ entspricht.

Im Szenario I in Büttjebüll ist eine Minderung von 231 Tonnen CO₂ um 218 auf 13 Tonnen jährlich möglich. Mit einer höheren Anschlussnehmerzahl können wiederum 485 von 491 Tonnen CO₂ jährlich eingespart werden, was einem Ausstoß von 6 Tonnen jährlich entspricht.

6.2.9 EINZELVERBRAUCHER

Basierend auf der Wärmeliniedichte ist es, für den Großteil der Bordelumer Liegenschaften im Kerngebiet, aus wirtschaftlicher Sicht möglich an eine kommunale Wärmeversorgung angebunden zu werden. Für Liegenschaften außerhalb der Hauptsiedlungsbereiche ist die Anbindung, auf Grund der größeren Distanzen und den damit verbundenen höheren Investitionskosten und Wärmeübertragungsverlusten, nicht wirtschaftlich. Hiervon betroffen sind 148 Wohnhäuser, die insgesamt einen Wärmebedarf von 3.886 MWh/a haben, was einem durchschnittlichen Wärmebedarf pro Haus von ca. 26 MWh/a entspricht. Eine Übersicht der Aufteilung des Wärmebedarf in die einzelnen Ortsteile ist in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Wärmebedarf der Einzelverbraucher außerhalb der Fernwärmeversorgung

Wärmeabnehmer Außerhalb	Anschlussnehmer_innen	Wärmebedarf [kWh/a]	Durchschnittlicher Wärmebedarf [kWh/a]
Addebüll	5	136.293	27.259
Büttjebüll	69	1.755.548	25.443
Margarethenberg	14	423.829	30.273
Ost-Bordelumfeld	15	315.206	21.014
Stollberg	4	190.107	47.527
Außerhalb	41	1.064.863	25.972
Gesamt	148	3.885.846	26.256

Zur Ermittlung der gesamten CO₂-Emissionen der Einzelverbraucher wurde in Tabelle 40 die Verteilung der einzelnen Heizsysteme und deren Energieträger dargestellt.

Tabelle 40: Energieträger der Heizsystem der Einzelverbraucher

Energieträger	Addebüll	Büttjebüll	Margarethen- berg	Ost- Bordelum- feld	Stollberg	Außerhalb	Gesamt
Erdgas		10	13	8		16	47
Heizöl		37	1	7	4	20	69
Strom	5	22				5	32
Gesamt	5	69	14	15	4	41	148

Um abseits des Fernwärmeversorgungsgebietes auch das CO₂-Einsparpotenzial der übrigen Liegenschaften zu ermitteln, werden im folgenden Abschnitt exemplarisch drei Musterhäuser aus der Gemeinde herangezogen, die in einer Übersicht in Tabelle 41 dargestellt sind.

Tabelle 41: Übersicht der drei Musterhäuser

Musterhaus	Birkenweg 14	Boy-Jacobsen-Weg 15	Dörpstraat 6
Typ	Wohngebäude	Wohngebäude	Wohngebäude
Baujahr	1973	1996	1993
Wohnfläche [m ²]	140	138	145
Spez. Wärmebedarf [kWh/m ² *a]	249	129	152
Energieeffizienzklasse	G	D	E
Personen	5	2	3
Letzte Sanierung	2018	-	-
Heizungstyp	Gas	Gas	Öl
Baujahr Heizung	2011	1996	1993
Wärmeverbrauch Heizung [kWh/a]	28.000	12.600	22.000
Wärmeverbrauch Holz [kWh/a]	6.844	5.133	-
Wärmeverbrauch gesamt [kWh/a]	34.844	17.733	22.000
CO ₂ -Emissionen [t/a]	7,18	3,27	6,93

Im ersten Beispiel wurde für das Musterhaus im Birkenweg 14 die Gasheizung und Holzheizung durch eine Holzpelletanlage ersetzt und um eine 10 m² große Solarthermieanlage ergänzt. Mit einem Anteil von 4.035 kWh/a (12 %) aus der Solarthermie, beziffert sich der Wärmebedarf basierend auf Holzpellets auf 30.377 kWh/a (88 %).

Durch die Nutzung von Holzpellets und der Solarthermieanlage verringern sich die CO₂-Emissionen um etwa 74 % von 7,18 auf 1,86 t/a. Eine Abbildung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in Abbildung 20 dargestellt.

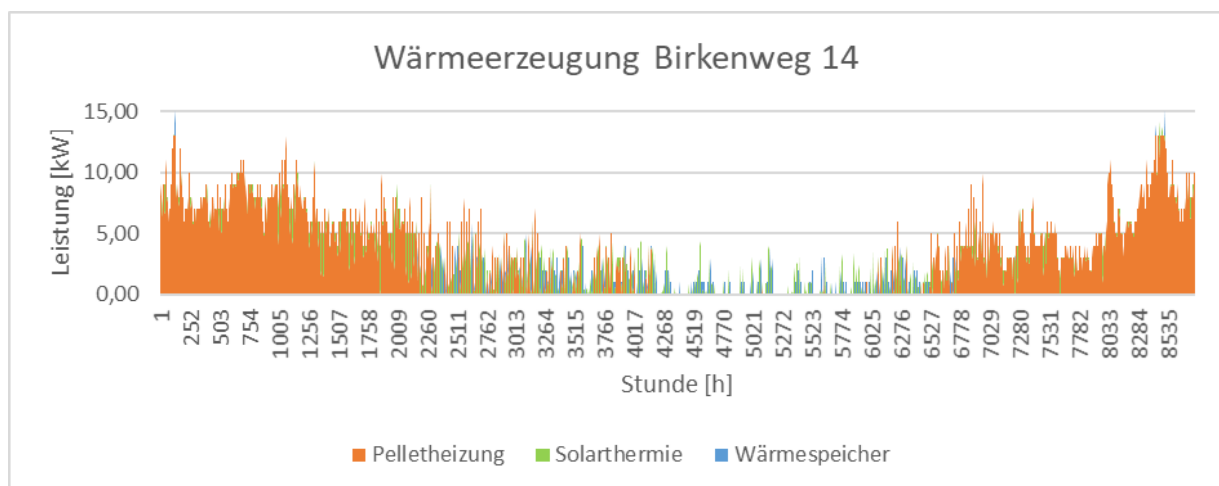


Abbildung 20: Wärmeerzeugung Birkenweg 14

Für das zweite Musterhaus im Boy-Jacobsen-Weg 15 wurde die Gasheizung durch eine Wärmepumpe ersetzt und um eine 10 m² große Solarthermieanlage ergänzt. Mit weiterhin 5.133 kWh/a (29 %) aus Holz und einem Anteil von 3.832 kWh/a (22 %) aus der Solarthermie, errechnet sich ein Wärmebedarf, für den Anteil aus der Wärmepumpe, von 8.768 kWh/a (49 %). Bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 3 beträgt der Strombedarf somit 2.922 kWh/a.

Durch die Installation der Wärmepumpe und Solarthermieanlage werden die CO₂-Emissionen, mit der Nutzung des deutschen Strommix, um knapp 51 % von 3,27 auf 1,61 t/a gesenkt. Wird anstatt des deutschen Strommix ein Strommix aus dem Bordelumer Bürgersolar- und Bürgerwindpark genommen, so verringern sich die CO₂-Emissionen um knapp 93 % von 3,27 auf 0,23 t/a. Eine Abbildung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in Abbildung 21 dargestellt.

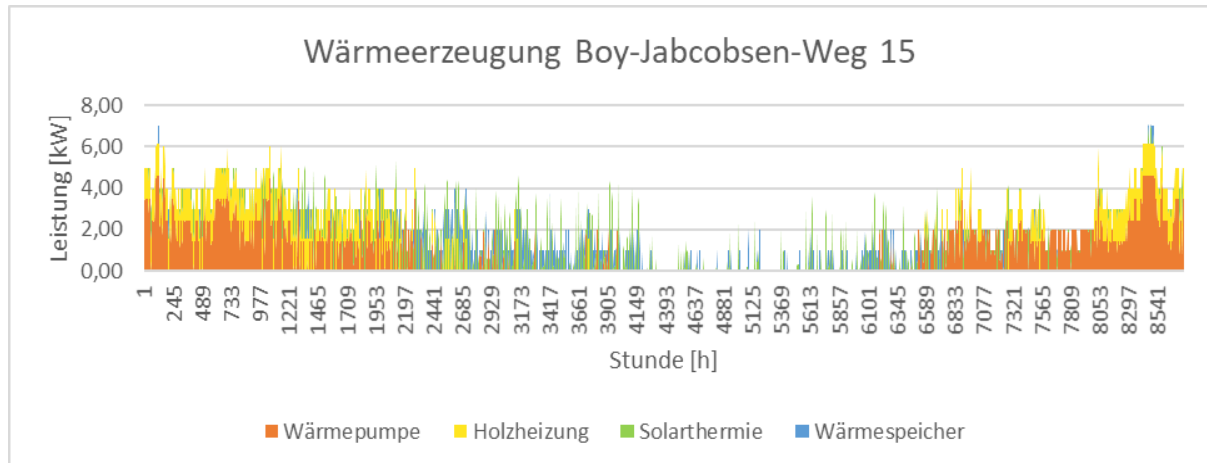


Abbildung 21: Wärmeerzeugung Boy-Jacobsen-Weg 15

Das dritte Musterhaus in der Dörpstraat 6 erzeugt seine kompletten 22.000 kWh/a mit einer Ölheizung. Um das CO₂-Einsparpotenzial durch eine Modernisierung der Heizungsanlage aufzuzeigen, wurde die Ölheizung durch eine Holzpelletsheizung und eine 10 m² Solarthermieanlage ersetzt. Anstelle der 22.000 kWh/a aus Öl, werden nun 18.170 kWh (82 %) aus Holzpellets erzeugt, während die übrigen 3.830 kWh/a (18 %) von der Solarthermieanlage bereitgestellt werden.

Durch die Nutzung einer Pelletheizung und einer Solarthermieanlage verringern sich die CO₂-Emissionen um knapp 84 % von 6,93 auf 1,15 t/a. Eine Abbildung der Wärmeerzeugung als Jahresgang ist in Abbildung 22 dargestellt.

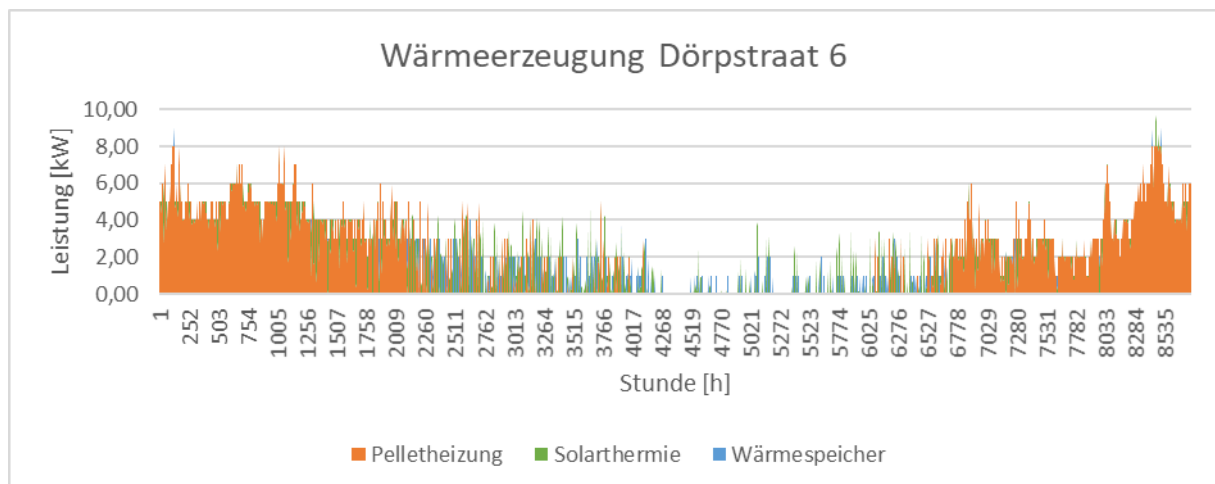


Abbildung 22: Wärmeerzeugung Dörpstraat 6

Weiterhin ist anzumerken, dass Wohngebäude, die nach KfW Standard 40 / 40 Plus saniert werden durch einen eigens geschaffenen Wärmepumpentarif die Möglichkeit für eine bilanzielle Versorgung mit Energie aus der Gemeinde bekommen können. Hierdurch kann eine nachhaltige Versorgung mit

Energie aus der Gemeinde geschaffen werden und der Nutzungsgrad der erneuerbaren Energien vor Ort erhöht werden. Näheres zu bilanziellen Stromtarifen ist in Abschnitt 6.3.1 zu finden.

6.2.10 CO₂ – REDUZIERUNG DER EINZELVERBRAUCHER

Anhand dieser drei Musterhäuser wird abgeleitet wie, unabhängig von den Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudestruktur, eine Reduzierung der CO₂-Emissionen der Einzelverbraucher außerhalb der Fernwärmeversorgungsstruktur mit Modernisierungsmaßnahmen der Heizsysteme erzielt werden kann.

Die fünf Liegenschaften in Addebüll verfügen über strombetriebene Heizsysteme. Ausgehend von Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 3 wird für die Berechnung der Reduzierung der CO₂-Emissionen ein Wechsel vom deutschen Strommix zum Strommix der Bordelumer Energieerzeugungsanlagen angenommen. Zusätzlich wird für 60 % der Gebäude eine Solarthermieanlage mit einem Anteil von 15 % an der Wärmeerzeugung mitberücksichtigt.

Im Büttjebüll verfügen 22 Gebäude bereits über strombetriebene Heizanlagen. Die übrigen 47 Häuser werden aktuell durch Gas- oder Ölheizungen versorgt. Hiervon werden 27 Häuser auf Holzpelletheizungen und 20 Häuser auf Wärmepumpen umgerüstet. Für zwei Drittel der Gebäude wird eine Solarthermieanlage berücksichtigt.

Im Ortsteil Margarethenberg wird angenommen, dass sechs Liegenschaften auf Wärmepumpe umrüsten und die acht übrigen Liegenschaften auf eine Holzpelletheizung umgerüstet werden. Insgesamt wird für 50 % der Gebäude eine Solarthermieanlage mit einem Anteil von 15 % an der Wärmeerzeugung berücksichtigt.

In Ostbordelumfeld rüsten die sieben Haushalte mit ölbetriebenen Heizungen auf Holzpelletheizungen um. Von den bisherigen Gasheizungen rüsten zwei auf Holzpelletheizungen um und die übrigen sechs Anlagen werden durch Wärmepumpen ersetzt. Neun der 15 Liegenschaften werden mit einem Anteil von 15 % an der Wärmeversorgung durch Solarthermieanlagen versorgt.

Für die vier Liegenschaften in Stollberg wird die Umrüstung von heizölbetriebene auf Holzpelletanlagen angenommen. Zusätzlich werden sämtliche Gebäude um eine Solarthermieanlage, mit einem Anteil von 15 % an der Wärmeerzeugung, ergänzt.

Im Außenbereich werden sämtliche (20) ölbetriebene Heizungen auf Holzpelletanlagen umgerüstet. Von den bisher 16 gasbetriebenen Haushalten werden sechs ebenfalls auf Holzpelletanlagen umgerüstet, während die übrigen zehn mit einer Wärmepumpe versorgt werden, womit insgesamt 15 Liegenschaften über strombetriebene Heizsysteme verfügen. Für 20 der 41 Haushalte wird eine Solarthermieanlage mit einem Deckungsanteil von 15 % berücksichtigt.

Eine Übersicht der neuen, angenommenen Verteilung der Heizsysteme ist in Tabelle 42 dargestellt.

Tabelle 42: Übersicht der modernisierten Heizsystem der Einzelverbraucher

Energie-träger	Adde-büll	Büttje-büll	Marga-rethenberg	Ost-Borde-lumfeld	Stollberg	Außerhalb	Gesamt
Holzpellets		9	4	3		13	30
Holzpellets + Solarthermie		18	4	6		13	40
Strom	2	14	3	3		8	28
Strom + Solarthermie	3	28	3	3	4	7	50
Gesamt	5	69	14	15	4	41	79

Eine Übersicht der bisherigen und der abgeleiteten, zukünftigen CO2-Emissionen ist in Tabelle 43 dargestellt.

Tabelle 43: CO₂ Einsparung der Einzelverbraucher

Ortsteil	Addebüll		Büttjebüll		Margarethenberg		Ost-Bordelumfeld		Stollberg		Außerhalb		Gesamt	
Energieträger	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]	Wärmemenge [kWh/a]	CO ₂ - Emissionen [t/a]
Öl	-	-	941.381	297	30.273	10	147.098	46	190.108	60	519.440	164	1.828.300	576
Gas	-	-	254.427	64	393.549	99	168.112	42	-	-	415.552	105	1.231.640	310
Strom	45.431	14	186.580	59	-	-	-	-	-	-	43.287	14	275.298	87
Umweltwärme	90.862	-	373.160	-	-	-	-	-	-	-	86.573	-	550.595	-
Wärmebedarf	136.293	14	1.755.548	419	423.822	109	315.210	89	190.108	60	1.064.852	282	3.885.833	973
Holzpellets	-	-	618.258	36	226.291	13	170.213	10	161.592	9	628.522	36	1.804.876	105
Solarthermie	12.267	0	175.555	4	31.787	1	28.369	1	28.516	1	77.916	2	354.409	9
Strom	41.342	1	320.578	4	55.248	1	38.876	1	-	-	119.471	2	575.516	8
Umweltwärme	82.684	-	641.157	-	110.496	-	77.752	-	-	-	238.942	-	1.151.032	-
Wärmebedarf	136.293	1	1.755.548	45	423.822	15	315.210	11	190.108	10	1.064.852	40	3.885.833	122
CO₂ Minderung		13		375		94		78		50		242		851

Mit den Heizsystemmodernisierungen der Einzelverbraucher können die jährlichen CO₂-Emissionen um 851 Tonnen, von 973 auf 122 gesenkt werden, was einer Reduzierung von 88 % entspricht.

6.3 STROMVERSORGUNG

Der folgende Abschnitt befasst sich mit zwei Szenarien zur Stromversorgung in der Gemeinde Bordelum. Um einen Ausblick zu geben, wie die zukünftige Stromversorgung aussehen kann, wurden für Gesamt Bordelum Szenarien zur Stromversorgung im Jahr 2028 und 2050 erstellt.

6.3.1 BILANZIELLE STROMPRODUKTE

Bilanzielle Stromprodukte dienen dem Zusammenführen regionaler Erzeugung und regionalen Verbrauchs von lokal produzierten erneuerbaren Strom. Über einen Direktvermarkter wird so der bilanzielle Stromverbrauch von Kunden dem regional produzierten grünen Strom zugeordnet. Die Zusammensetzung des physikalisch gelieferten Stroms beim Endkunden ändert sich dabei nicht. Bei der Produktion von Strom aus Erneuerbaren Energien werden Herkunftsnachweise für jede kWh aus der entsprechenden Erzeugungsanlage/Bilanzkreis generiert, die keine Zahlung nach dem EEG in Anspruch nehmen. Das Doppelvermarktungsverbot nach § 80 EEG 2017 regelt die „mehrfache kommerzielle Nutzung der Grünstromeigenschaft“ des erzeugten Stroms. Die Grünstromeigenschaft wird bereits durch die EEG-Vergütung bzw. Marktprämie gefördert, weshalb die „positive Eigenschaft“ des regenerativen Stroms kein zweites Mal verkauft werden darf. Eine 1:1 Beziehung zwischen Einspeisung und Verbrauch ist folglich während der EEG-Förderung nicht möglich. Über den Direktvermarkter erfolgt die Bilanzierung und Auflösung des Zertifikates bei dem Verbrauch der Kilowattstunde beim Stromkunden. Die Detailschärfe geht hierbei nicht bis hin zur Dokumentation welche Kilowattstunde wann erzeugt wurde und wann der Verbrauch exakt dieser Kilowattstunde erfolgt. Durch die Schaffung und Nutzung bilanzieller „vor Ort“ Stromtarife wird zwar nicht der physikalische Strombezug aus 100 % EE aus der Gemeinde gewährleistet, jedoch erfolgt eine bilanzielle nachhaltige Versorgungsvariante und die regionale Wertschöpfung wird gestärkt. Über bilanzielle Stromtarife können sich bei entsprechender Tarifgestaltung zusätzliche wirtschaftliche Vorteile für den Kunden ergeben.

Im ersten Schritt ist zu entscheiden, wer die Versorgung übernimmt. Dies kann zum einen über einen Direktvermarkter als auch ein eigens gegründetes Gemeindewerk erfolgen. Hier sind im Zuge des Quartierskonzeptes vom Ortsteil Dörpum bereits Aktivitäten im Gange deren Ziel ein Bürgerenergiewerk ist. Da der Status eines Energieversorgers Pflichten mit sich bringt, deren Einhaltung komplex und Verstöße gegen diese Pflichten schwerwiegend sind, ist es sinnvoll, die Prozesse über einen Direktvermarkter laufen zu lassen. Das Bürgerenergiewerk kann als Energieversorger auftreten, die energiewirtschaftlichen Prozesse wie der Abschluss und das Management von Lieferantenverträgen, die Abrechnung der Stromsteuer und abwicklungstechnisch Konsequenzen liegen beim Direktvermarkter.

Steht das Versorgungskonstrukt fest, ist der nächste Schritt die Schaffung der unterschiedlichen Stromtarife. Unterscheiden werden sich die Tarife vor allem in den Preiskonditionen. Während der klassische Versorgungstarif für den Strombedarf der privaten Haushalte bis auf die Marge wenig Spielraum in der Ausgestaltung hat, ergeben sich für den Wärmepumpentarif und den Mobilitätstarif attraktive Möglichkeiten. Der Mobilitätstarif kann zum Laden von Elektrofahrzeugen zu Hause genutzt werden, näheres zur Mobilität in Abschnitt 6.3.5 Mobilität. Der anzuwendende Passus zu abschaltbaren Leistungen in den Preisblättern zu den vorläufigen Netzentgelten Strom der SH Netz ist das 5a Preisblatt sVE - Netzentgelte für steuerbare Verbrauchseinrichtungen gemäß § 14 a EnWG. In der Niederspannung. Zu steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, von denen im Preisblatt die Rede ist, gehören u. a. Elektro-Speicherheizungen, Elektro- Wärmepumpen, gesteuerte Elektro-Warmwasserspeicher und Elektromobile. Die SH Netz behält sich vor Verbrauchseinrichtungen, die

über diesen Passus betrieben werden, abzuschalten. Dafür wird kein Grundpreis pro Jahr für die Netznutzung erhoben und der Arbeitspreis liegt im Jahr 2020 bei günstigeren 4,44 ct/kWh brutto. Die Netzentgelte für Entnahmestellen ohne Leistungsmessung liegen bei einem Grundpreis von 82,75 € brutto pro Jahr und einem Arbeitspreis von 11,17 ct/kWh brutto. Hierdurch besteht die Möglichkeit Tarife anzubieten, die unter dem Standard-Haushaltstarif liegen. Realistisch sind nach Aussage eines lokalen Direktvermarkters Konditionen, die ca. 2 bis 3 Cent unter dem Normaltarif liegen. Da der Strombedarf im Wärmetarif über die Temperaturprognosen besser zu prognostizieren ist als der Bedarf im Mobilitätstarif, können die Tarifkonditionen des Wärmetarifes unter dem des Mobilitätstarifs liegen. Für die Realisierung muss von einem Elektriker ein zweiter Zähler mit Abschaltbox installiert werden, über den der Strom des Tarifs abgerechnet wird.

Auf den Punkt.

- Bilanzielle Stromprodukte bieten die Möglichkeit Energiepotenziale, die physikalisch nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand (Übernahme des Stromnetzes, Erweiterung des Wärmenetzes auf die gesamte Gemeinde, ...) bilanziell nutzbar zu machen.
- Die Deckung des Strombedarfs für Haushaltsstrom, Wärme (durch Wärmepumpen) oder Mobilität (Laden von Elektroautos) erfolgt zwar über das öffentliche Stromnetz, es wird jedoch trotzdem Wertschöpfung in der Gemeinde und attraktive Angebote für Bürger_innen generiert.
- Der Passus des Preisblatts 5a sVE - Netzentgelte für steuerbare Verbrauchseinrichtungen gemäß § 14 a EnWG der SH Netz schafft die Möglichkeit Stromtarife für Wärmepumpe und E-Mobilität anzubieten, die zwei bis drei Cent unter dem Standard liegen.
- Hierfür ist die Gründung eines Bürgerenergiewerks ratsam.

6.3.2 BORDELUM – SZENARIO I 2028

Im folgenden Szenario wird die Stromversorgung für Gesamt Bordelum im Jahr 2028 betrachtet. Für die zukünftige Bedarfsdeckung wird eine Versorgung des Strombedarfs der Haushalte, des Strombedarfs der Wärmeerzeuger und der Strom für die Ladeinfrastruktur notwendig. Eine Kurzbeschreibung für Szenario I ist in der folgenden Tabelle 44 dargestellt.

Tabelle 44: Kurzbeschreibung Szenario I für Bordelum 2028

Bordelum – Szenario I 2028	
Jahr	2028
Ortsteile	Bordelum gesamt
Strombedarf [MWh/a]	2.976
Strom für Wärmeerzeugung [MWh/a]	4.643
Strom für Ladeinfrastruktur [MWh/a]	94
Gesamtbedarf [MWh/a]	7.713

In Zukunft ist davon auszugehen, dass der bisherige Strombedarf für die Haushalte von dem Strombedarf für die Wärmeerzeugung übertroffen wird. Mit 94 MWh im Jahr wird auch der steigende Anteil für das Laden von Elektrofahrzeugen mitberücksichtigt. Der Strombedarf als Jahresgang ist in Abbildung 23 dargestellt.

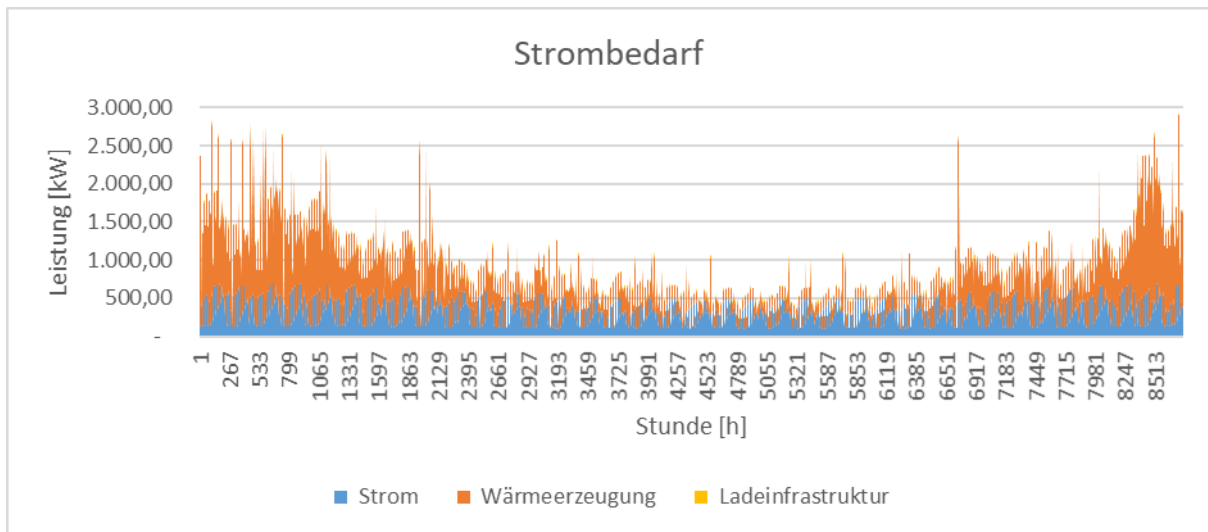


Abbildung 23: Strombedarf im Szenario I für Bordelum 2028

In der folgenden Tabelle 45 ist eine Übersicht zur Zusammensetzung der Stromerzeugung für das Jahr 2028 dargestellt.

Tabelle 45: Stromerzeugung im Szenario I für Bordelum 2028

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
Windenergie	3.198	5.814.414	1.818	75
Photovoltaik	1.491	1.108.904	744	15
Netzstrom	2.230	790.997	355	10
Strom gesamt	2.306	7.714.315	3.345	100

Der Strombedarf im Jahr 2028 kann zu 90 % aus Wind- und Photovoltaikstrom gedeckt werden. Durch einen 270 kWh großen Stromspeicher können einzelne Unterbrechungen in der Stromversorgung aufgefangen werden, so dass der Strombezug aus dem allgemeinen Versorgungsnetz lediglich 10 % beträgt. Die Stromversorgung als Jahresgang ist in Abbildung 24 dargestellt.

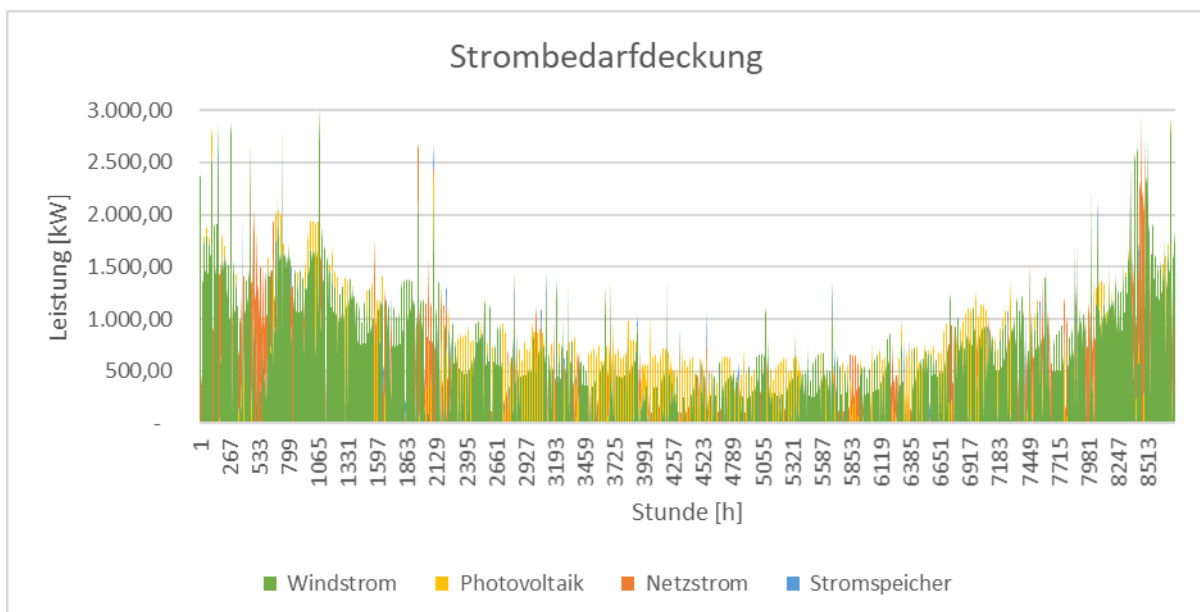


Abbildung 24: Stromversorgung im Szenario I für Bordelum 2028

6.3.3 BORDELUM – SZENARIO II 2050

Im folgenden Szenario wird die Stromversorgung für Gesamt Bordelum im Jahr 2050 betrachtet. Für die zukünftige Bedarfsdeckung wird eine Versorgung des Strombedarfs der Haushalte, des Strombedarfs der Wärmeerzeuger und der Strom für die Ladeinfrastruktur notwendig. Eine Kurzbeschreibung für Szenario II ist in der folgenden Tabelle 46 dargestellt.

Tabelle 46: Kurzbeschreibung Szenario II für Bordelum 2050

Bordelum – Szenario II 2050	
Jahr	2050
Ortsteile	Bordelum gesamt
Strombedarf [MWh/a]	3.225
Strom für Wärmeerzeugung [MWh/a]	7.516
Strom für Ladeinfrastruktur [MWh/a]	1.311
Gesamtbedarf [MWh/a]	12.052

Insgesamt steigt der Strombedarf 2050 gegenüber 2028 an. Neben dem steigenden Strombedarf für die Haushalte und für die Ladeinfrastruktur ist beim Strombedarf für die Wärmeerzeugung der größte Zuwachs zu erkennen. Durch die Annahme einer Anschlussquote von 100 % an die kommunale Wärmeversorgung durch das Fernwärmenetz und eine ausschließliche Versorgung durch regenerativen Strom ist der Strombedarf derart gestiegen. Der Strombedarf als Jahressgang ist in Abbildung 25 dargestellt.

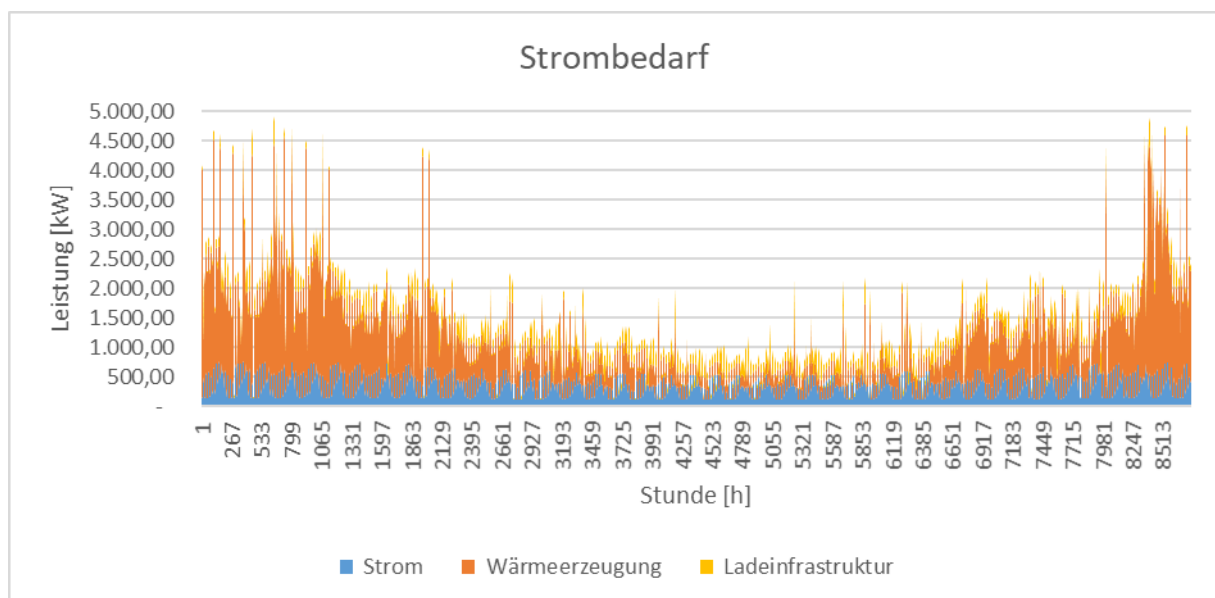


Abbildung 25: Strombedarf im Szenario II für Bordelum 2050

In der folgenden Tabelle 47 ist eine Übersicht der Zusammensetzung der Stromerzeugung für das Jahr 2050 dargestellt.

Tabelle 47: Stromerzeugung im Szenario II für Bordelum 2050

Anlage	Leistung [kW]	Menge [kWh]	Volllaststunden [h]	Anteil [%]
Windenergie	5.270	9.094.395	1.726	75
Photovoltaik	1.784	1.394.727	782	12
Netzstrom	3.960	1.564.677	395	13
Strom gesamt	11.014	12.053.799	3.283	100

Der Strombedarf im Jahr 2050 kann mit einem Anteil von 87 % aus Wind- und Photovoltaikstrom gedeckt werden. Durch einen 373 kWh großen Stromspeicher können einzelne Unterbrechungen in der Stromversorgung aufgefangen werden, sodass der Strombezug aus dem allgemeinen Versorgungsnetz lediglich 13 % beträgt. Die Stromversorgung als Jahresgang ist in Abbildung 26 dargestellt.

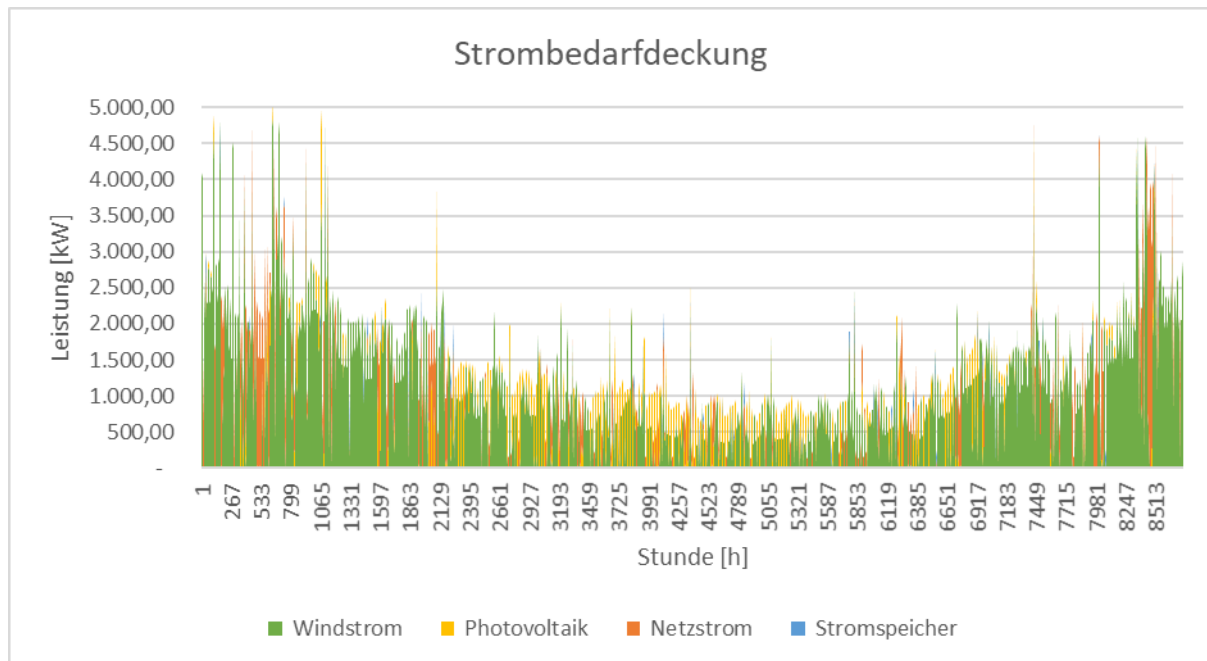


Abbildung 26: Stromversorgung im Szenario II für Bordelum 2050

6.3.4 ZUSÄTZLICHE VERBRAUCHER

Elektrolyseur

Eine zusätzliche Stromsenke, die den Eigennutzungsgrad des lokal erzeugten Stroms erhöht ist die Integration eines Elektrolyseurs in das Versorgungskonzept.

Der produzierte Wasserstoff kann über eine Wasserstofftankstelle und Wasserstofffahrzeuge in der Gemeinde die Emissionen im Verkehrssektor zusätzlich senken. Der durch vermiedene Abregelungen der Windkraftanlage und/oder im Post-EEG-Betrieb der Anlage erzeugte Wasserstoff des Elektrolyseurs wird in Drucktanks zwischengespeichert, um dann über Wasserstofftankstellen der Verwendung als Brennstoff für Wasserstofffahrzeuge zugeführt zu werden. Die bei der Elektrolyse anfallende Abwärme wird mittels Wärmetauscher in das Wärmenetz eingespeist und somit die Energieeffizienz zusätzlich gesteigert. Bei einer nominellen Leistung des Elektrolyseurs von 225 kW und

einem Systemwirkungsgrad von 74 % stehen etwa 55 kW Wärmeleistung dauerhaft zur Verfügung. Als Standort bietet sich die Wärmeerzeugungsinfrastruktur an der BGA an.

Grüne Rechenzentren

Derzeit entfallen ca. 7 % des weltweiten Energieverbrauchs auf die Aufrechterhaltung des Internets, Tendenz steigend. Allein für das Videostreaming wird so viel Strom verbraucht, wie für alle Haushalte Deutschlands, Italiens und Polens zusammen. Eine Maßnahme die Umweltauswirkungen dieses Energiebedarfs zu verringern ist der Betrieb von Rechenzentren, die mit Erneuerbaren Energien versorgt werden. Gerade die Westküste Schleswig-Holsteins bietet sich durch das hohe Windvorkommen und die gute digitale Infrastruktur (Glasfaser-Kabel) für den Betrieb grüner Rechenzentren an. So betreibt etwa die Firma Windcloud 4.0 GmbH aus Enge-Sande bereits Rechenzentren in der Region. Auch andere innovative Firmen haben hieran Interesse und stehen bereits im Kontakt mit den Windparkbetreibern vor Ort. So wird derzeit geplant in direkter räumlicher Nähe zum Windpark ein Rechenzentrum aufzubauen und die Abwärme mittels Fernwärmeleitung zur BGA zu transportieren. Hier muss sie auf ein höheres Temperaturniveau gehoben werden. Beim Betrieb des Rechenzentrums fallen ca. 60 % Abwärme an, die über eine Wasserkühlung der Server direkt zum Wärmenetz abtransportiert werden kann. Bei einer geplanten elektrischen Leistung des Rechenzentrums von 1 MW stehen somit pro Jahr ca. 5.256 MWh Abwärme, allerdings nicht auf dem richtigen Temperaturniveau, zur Verfügung. Je nach Vorlauftemperatur und der Temperaturabsenkung des Abwärmestroms des Rechenzentrums fällt die nutzbare Energie deutlich geringer aus.

Die Integration eines grünen Rechenzentrums bietet sich für Bordelum an, da so zusätzliche lokale Wertschöpfung generiert wird, der Eigennutzungsgrad der vor Ort erzeugten Energie gesteigert wird und die Abwärme des Rechenzentrums für das Wärmenetz genutzt werden kann.

Stromtankstelle

Ein zusätzliches Angebot im Mobilitätsbereich, das auch in den entsprechenden Szenarien berücksichtigt wurde, ist die Stromtankstelle. Diese mit DC-Schnellladern ausgestattete Tankstelle kann an stark frequentierten Straßen wie der Dörpstraat angesiedelt werden. Auch Einkaufsläden bieten sich als möglicher Standort an, da die Kunden hier ohnehin zum Einkaufen das Auto stehen lassen. Über eine Direktleitung von der Windenergie und mit einem Stromspeicher kann hier Strombedarf in der Mobilität direkt über physisch vor Ort erzeugten Strom gedeckt werden. Für einen Preisvorteil gegenüber dem Durchschnitt muss eine Reduktion der abzugebenden Umlagen erreicht werden. Die Reduktion der zu zahlenden EEG-Umlage auf 40 % durch direkten räumlichen Zusammenhang, Personenidentität zwischen Erzeuger- und Verbraucheranlage und Zeitgleichheit bei Erzeugung und Verbrauch stellt die beste Option dar. Allerdings wird eine Ansiedlung der Stromtankstelle im Ort und eine Erzeugung außerhalb des Ortes nicht als räumlicher Zusammenhang gewertet können. Generell ist vor dieser Maßnahme eine Interessensabfrage in der Gemeinde zu erheben.

6.3.5 MOBILITÄT

Nachhaltige individuelle Mobilität wird derzeit hauptsächlich über Elektromobilität erschlossen. Daher wird in der Studie ausschließlich diese berücksichtigt. Sie kann sowohl über private Fahrzeuge als auch über öffentliche Angebote erschlossen werden, wie es mit dem Carsharing in der Gemeinde der Fall ist. In der Haushaltsbefragung gaben lediglich 5 % der Teilnehmer an das Dörpsmobil bereits genutzt zu haben. E-Carsharing bietet Haushalten, für die die Erschließung von E-Mobilität über ein eigenes Fahrzeug nicht in Frage kommt, die Möglichkeit, trotzdem klimaneutral mobil zu sein. Außerdem ist

Carsharing durch den erhöhten Nutzungsgrad der Autos und die Vermeidung langer Stillstandzeiten generell eine nachhaltige Form der individuellen Mobilität. Durch eine verstärkte Nutzung des bereits vorhandenen Angebots lassen sich somit effizient Treibhausgaseinsparungen im Mobilitätssektor erzielen.

In Abschnitt 6.3 wurden zwei Szenarien zur zukünftigen Mobilität für den Strombedarf berücksichtigt.

Tabelle 48 zeigt eine Übersicht über die getroffenen Annahmen in den Mobilitätsszenarien, die nachgehend beschrieben werden.

Tabelle 48: Annahmen Elektromobilität

Annahmen	
HH mind. 1 KFZ	86 %
Zweitwagen	37 %
Fahrleistung	51 km/Tag
Energieverbrauch	18 kWh/100km
Laden zu Hause	80 %

Abbildung 27 zeigt den täglichen Lastgang des Ladeverhaltens. Der blaue Graf zeigt das Ladeverhalten der Bürger_innen beim Laden des Elektroautos zu Hause. Hier ist die Lastspitze am Nachmittag/Abend bei der Heimkehr von der Arbeit zu erkennen. Bei der Nutzung der Stromtankstelle ist die Ladecharakteristik weiter über den Tag verteilt. Hier ist mit einer Lastspitze am Vormittag und einer am Nachmittag zu rechnen. Zur Senkung der Lastspitzen ist ein Lademanagementsystem sinnvoll, das die abendliche Spitze beim Laden zu Hause durch das Verschieben von Ladevorgängen in die Nacht reduziert. Da es sich jedoch um private Ladepunkte handelt, gestaltet sich die Umsetzung schwierig.

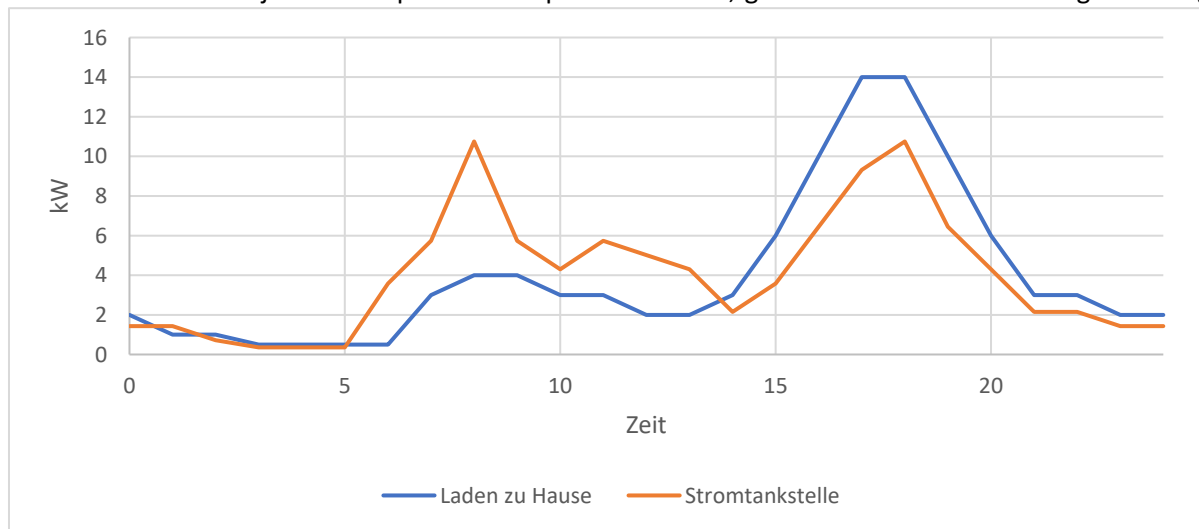


Abbildung 27 Tageslastgang Mobilität

Im Stromszenario I für das Jahr 2028 wird mit einem Elektrofahrzeuganteil von 3,5 % gerechnet. Bei einer angenommenen Anzahl von 1.000 PKW in Bordelum entspricht dies 35 Fahrzeugen. Mit einem durchschnittlichen Mobilitätsbedarf von 51 km/Tag und einem mittleren Strombedarf von 18 kWh/100 km beträgt der tägliche Energiebedarf pro Elektrofahrzeug 9,18 kWh/Tag. Somit beträgt der tägliche Bedarf an Energie für 35 Elektrofahrzeuge 321 kWh und für das ganze Jahr 117 MWh. Für diese 117

MWh/a wird angenommen, dass 20 % auswärts und 80 % innerhalb der Gemeinde Bordelum geladen wird. Die für die Elektromobilität zur Verfügung zu stellende Strommenge beträgt demzufolge 94 MWh im Jahr.

Im Stromszenario II für das Jahr 2050 beträgt der angenommene Anteil an Elektroautos knapp 49 %. Bei wiederum 1.000 PKW in der Gemeinde entspricht dies einer Gesamtanzahl von 489 Fahrzeugen. Mit einem Energiebedarf von 9,18 kWh/Tag pro Elektrofahrzeug steigt der tägliche Bedarf auf 4.489 kWh/d und jährlich auf 1.639 MWh/a. Da das Verhältnis von auswärtigem Laden gegenüber dem Laden vor Ort beibehalten wird, müssen in der Gemeinde jährlich 1.311 MWh für die Elektromobilität berücksichtigt werden.

6.3.6 CO₂ – REDUZIERUNG DURCH E-MOBILITÄT

Um die Einsparung der CO₂-Emissionen durch die E-Mobilität zu berechnen, wird angenommen das der Mobilitätsbedarf der 35 Elektrofahrzeuge im Stromszenario I und der 489 Elektrofahrzeuge im Stromszenario II aktuell durch Fahrzeuge mit fossilbetriebenen Verbrennungsmotoren bereitgestellt wird. Die Berechnung der aktuellen CO₂-Emissionen als auch die zukünftigen CO₂-Emissionen zur Ermittlung des Einsparpotenzials ist in Tabelle 49 dargestellt.

Tabelle 49: CO₂-Einsparung durch E-Mobilität in den beiden Stromszenarien

Bordelum 2028		Bordelum 2050	
Fahrzeuge	1.000,0	Fahrzeuge	1.000,0
E-Fahrzeuganteil [%]	3,5	E-Fahrzeuganteil [%]	49,0
E-Fahrzeuge	35	E-Fahrzeuge	489
Täglicher Mobilitätsbedarf [km/d]	51	Täglicher Mobilitätsbedarf [km/d]	51
Benzinverbrauch [l/100 km]	7,8	Benzinverbrauch [l/100 km]	7,8
Täglicher Benzinbedarf [l/d]	3,98	Täglicher Benzinbedarf [l/d]	3,98
Energiedichte [kWh/l]	8,67	Energiedichte [kWh/l]	8,67
Täglicher Energiebedarf [kWh/d]	34,5	Täglicher Energiebedarf [kWh/d]	34,5
35 Fahrzeuge pro Tag [kWh/d]	1.208	489 Fahrzeuge pro Tag [kWh/d]	1.946
35 Fahrzeuge pro Tag [l/d]	139	489 Fahrzeuge pro Tag [l/d]	16.871
35 Fahrzeuge im Jahr [MWh/a]	441	489 Fahrzeuge im Jahr [MWh/a]	6.158
35 Fahrzeuge im Jahr [l/a]	50.845	489 Fahrzeuge im Jahr [l/a]	710.370
CO ₂ [kg/kWh]	0,265	CO ₂ [kg/kWh]	0,265
CO₂ pro Jahr [t/a]	117,0	CO₂ pro Jahr [t/a]	1.634,0
Strombedarf [kWh/100 km]	18	Strombedarf [kWh/100 km]	18
Täglicher Strombedarf [kWh/d]	9,18	Täglicher Strombedarf [kWh/d]	9,18
35 Fahrzeuge pro Tag [kWh/d]	321	489 Fahrzeuge pro Tag [kWh/d]	4.489
35 Fahrzeuge im Jahr [MWh/a]	117	489 Fahrzeuge im Jahr [MWh/a]	1.639
CO ₂ [kg/kWh]	0,055	CO ₂ [kg/kWh]	0,045
CO₂ pro Jahr [t/a]	6,5	CO₂ pro Jahr [t/a]	74,0
CO₂ Minderung [t/a]	110,0	CO₂ Minderung [t/a]	1.560,0

Mit einem durchschnittlichen Benzinverbrauch von 7,8 l für 100 km, einer Energiedichte von 8,67 kWh/l Benzin und einem täglichen Mobilitätsbedarf von 51 km, liegt der jährliche Strombedarf für 35

Fahrzeuge bei 441 MWh. Bei einem CO₂-Ausstoß von 0,265 kg/kWh entspricht das einer jährlichen Emissionsmenge von 117 t.

Entsprechend liegt der jährliche Energiebedarf für 489 Fahrzeuge bei 6.158 MWh, was einer jährlichen Emissionsmenge von 1.634 t entspricht.

Durch die höhere Effizienz der 35 Elektrofahrzeuge im Jahr 2028 wird für den jährlichen Mobilitätsbedarf eine Strommenge von 117 MWh benötigt. Bei einer überwiegenden Versorgung aus Windstrom mit 0,010 kg CO₂/kWh und Photovoltaikstrom mit 0,050 kg CO₂/kWh sowie einem Netzstrombezug mit 0,350 kg CO₂/kWh liegt der CO₂ Ausstoß bei etwa 6,5 t/a.

Durch die Nutzung von 35 Elektrofahrzeugen, betrieben mit dem Bordelumer Strommix, ist eine Einsparung von 110 Tonnen CO₂ möglich.

Bei einer Anzahl von 489 Fahrzeugen im Jahr 2050 wird für den jährlichen Mobilitätsbedarf eine Energiemenge von 6.158 MWh benötigt. Bei einer überwiegenden Versorgung aus Windstrom mit 0,010 kg CO₂/kWh, Photovoltaikstrom mit 0,050 kg CO₂/kWh, sowie einem zusätzlichen Netzstrombezug mit 0,090 kg CO₂/kWh, verursacht dieses Mobilitätsszenario eine CO₂-Emissionsmenge von 74 t/a.

Durch die Nutzung von Elektrofahrzeugen, betrieben mit dem Bordelumer Strommix, ist eine Einsparung von ca. 1.560 Tonnen CO₂ möglich.

6.3.7 CO₂ – REDUZIERUNG IN DEN STROMSZENARIEN

Um das CO₂-Einsparpotenzial der Stromszenarien aufzuzeigen, werden Tabelle 49 die aktuellen als auch zukünftigen CO₂-Emissionen jeweils gegenübergestellt. Für die aktuellen Emissionswerte wurde der Wert für den deutschen Strommix von 0,485 kg CO₂/kWh herangezogen.

In den Jahren 2028 und 2050 wird der Strom sich vor allem aus Windstrom mit 0,010 kg CO₂/kWh und Photovoltaikstrom mit 0,050 kg CO₂/kWh zusammensetzen. (siehe Tabelle 50) Für einen zusätzlichen Netzstrombezug werden im Jahr 2028 0,350 kg CO₂/kWh und im Jahr 2050 0,090 kg CO₂/kWh berechnet.

Tabelle 50: CO₂-Einsparung in den beiden Stromszenarien

Stromszenario	Bordelum 2028		Bordelum 2050	
	Strommenge [kWh/a]	CO ₂ -Emissionen [t/a]	Strommenge [kWh/a]	CO ₂ -Emissionen [t/a]
Strom	7.713.000	3.741	12.052.000	5.845
Strombedarf	7.713.000	3.741	12.052.000	5.845
Strom	7.713.000	463	12.052.000	545
E-Mobilität	93.820	5	1.310.794	59
Strombedarf	7.806.820	468	13.362.794	604
CO₂-Reduzierung		3.272		4.555

Mit einer Reduzierung von jährlich 3.741 auf 468 Tonnen können etwa 87 % CO₂-Emissionen im Jahr 2028 eingespart werden. Im Jahr 2050 liegt die jährliche Einsparung an CO₂-Emissionen mit einer Reduzierung von 5.845 auf 604 Tonnen bei 90 %.

7 WIRTSCHAFTLICHKEIT

7.1 SYSTEMGERECHTE ENERGIEPREISE

Die Gemeinde Bordelum hat in Ihrem Gemeindegebiet eine einheitliche Preisstruktur für die Wärmeversorgung vorgesehen, welche der Einbindung von regenerativen und innovativen Erzeugern einen finanziellen Spielraum bietet. Die aktuelle Preisstruktur stellt sich wie folgt dar:

- Grundgebühr: netto 20 €/pro kW im Jahr
- Arbeitspreis: netto 8,7 Cent/kWh

7.2 WÄRMEVERSORGUNG

Im folgenden Abschnitt wird die Wirtschaftlichkeit der fünf Szenarien betrachtet. Anschließend erfolgt eine Betrachtung der anfallenden Kosten für Einzelverbraucher.

7.2.1 WÄRMENETZE

Basierend auf den Erzeugungskonfigurationen der unterschiedlichen Szenarien wurden die Investitionskosten für die jeweiligen Wärmeerzeugungen ermittelt. Zusätzlich wurden die Investitionskosten für den Bau der Wärmenetzinfrastruktur berücksichtigt woraus sich in Summe die Errichtungskosten bilden.

Von den Errichtungskosten gehen Zuschüsse wie Anschlusskosten und Förderungen ab. Für die Anschlusskosten wird ein marktüblicher Wert von 3.500 € (netto) pro Anschlusspunkt angesetzt. Bis auf das Büttjebüll 2021/2025 Szenario, das überwiegend auf die Verfeuerung von Biomasse setzt, wurde für alle Szenarien eine 40 prozentige Förderquote durch das Förderprogramm Wärmenetze 4.0 angenommen, welches speziell auf die Errichtung von innovativen Wärmenetzen, mit dem Schwerpunkt auf der Sektorenkopplung, ausgerichtet ist. Aus den Investitionskosten lässt sich ein Teil der laufenden Kosten, die investitionsgebundenen Kosten, ableiten, die in ihrer Höhe abhängig vom Finanzierungszeitraum und Finanzierungszins sind.

Die weiteren laufenden Kosten werden in die betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten aufgeteilt. Während die betriebsgebundenen Kosten Aufwendungen für die wirtschaftliche und technische Betriebsführung sind, bilden die verbrauchsgebundenen Kosten den Aufwand für den notwendigen Energieeinkauf zur Wärmedeckung ab.

Je nach Szenario ist für ein wirtschaftliches Gesamtergebnis zur bestehenden Preisstruktur ein unterschiedlicher, maximaler Wärmeeinkaufspreis Voraussetzung.

Aus den investitionsgebundenen, betriebsgebundenen und verbrauchsgebundenen Kosten bilden sich die Gesamtkosten.

Den Gesamtkosten gegenüber stehen die Einnahmen durch den Wärmeverkauf. Für einen wirtschaftlichen Betrieb sollten die spezifischen Wärmeeinnahmen über den Vollkosten liegen. Das Gesamtergebnis ist die Differenz aus den Wärmeeinnahmen gegenüber den Vollkosten.

Eine Übersicht der einzelnen Szenarien ist in Tabelle 51 dargestellt.

Tabelle 51: Wirtschaftlichkeit der fünf Wärmeszenarien

Szenario	Kerngebiet	Kerngebiet	Kerngebiet	Büttjebüll	Büttjebüll
	2021-2025	2028a	2028b	2021-2025	2033
Anschlussnehmer_innen	229	303	303	28	59
Anschlussleistung [kW]	3.435	4.545	4.545	420	885
Wärmebedarf [kWh/a]	6.458.153	7.408.516	7.408.516	514.335	929.851
Gesamtrasse [m]	17.807	18.917	18.917	2.935	3.400
Liniendichte [kWh/m*a]	363	392	392	175	273
Investitionskosten					
Errichtungskosten [€]	10.034.066	11.494.760	11.729.149	1.696.955	2.177.925
Anschlusskosten [€]	-801.500	-1.060.500	-1.060.500	-98.000	-206.500
Förderung [€]	-3.552.026	-4.069.104	-4.152.060	-179.240	-770.770
Investitionskosten [€]	5.680.540	6.365.156	6.516.589	1.387.635	1.200.655
Operative Kosten					
Investitionsgebundene Kosten [€/a]	253.636	284.204	290.965	61.958	53.609
Betriebsgebundene Kosten [€/a]	102.998	133.391	137.746	22.524	31.605
Biogas Wärmeeinkauf [Ct./kWh]	1,60	3,30	-	-	-
Max. Wärmeeinkauf	8,40	3,50	3,30	1,00	1,00
Wärmepumpe/Heizstab [Ct./kWh]					
Verbrauchsgebundene Kosten [€/a]	267.674	310.881	298.568	25.990	12.263
Gesamtkosten [€/a]	624.308	728.476	727.280	110.471	97.477
Vollkosten [Ct./kWh]	9,67	9,83	9,82	21,48	10,48
Erträge					
Grundgebühr [€/a]	68.700	90.900	90.900	8.400	17.700
Arbeitspreis [€/a]	561.859	644.541	644.541	44.747	80.897
Gesamteinnahmen [€/a]	630.559	735.441	735.441	53.147	98.597
Spez. Wärmeeinnahmen [Ct./kWh]	9,76	9,93	9,93	10,33	10,60
Gesamtergebnis					
Gesamtergebnis [€/a]	6.252	6.965	8.161	-57.324	1.120
Spez. Gesamtergebnis [Ct./kWh]	0,10	0,09	0,11	-11,15	0,12

Im ersten Szenario ist ein wirtschaftlicher Betrieb mit einem Wärmeeinkaufspreis von 8,40 ct/kWh für die Wärme aus Wärmepumpe und Elektroheizstab möglich, da der größte Teil des Wärmebedarfs durch die günstige Wärme (1,6 ct/kWh) aus der BGA und dem Satelliten BHKW bereitgestellt wird.

Im zweiten Szenario verringert sich der maximale Wärmeeinkaufspreis auf 3,5 ct/kWh für die Wärme aus Wärmepumpe und Elektroheizstab, da der Wärmebedarf primär durch diese Erzeuger gedeckt wird und die Wärme aus der BGA und dem Satelliten BHKW in diesem Post-EEG-Szenario nur zu Dunkelflauten (3 – 4 Cent/kWh) eingekauft wird.

Durch den Verzicht auf Wärme aus BGA und Satelliten BHKW verringert sich der maximale Wärmeeinkaufspreis, zu dem Wärme aus Wärmepumpe und Elektroheizstab eingekauft werden kann, wiederum auf 3,3 Cent/kWh.

Für das Szenario I Büttjebüll 2021-2025 ist die Errichtung einer Hackschnitzelanlage zur Wärmeerzeugung notwendig. Durch die hohen Investitionskosten liegen die Vollkosten bei über 21 Cent/kWh. Das Weglassen der Wärmepumpe und des Elektroheizstabes hat nur einen geringen Effekt auf die Investitions- und Vollkosten. Mit einer Optimierung der Wärmeinfrastruktur hinsichtlich Wärmelinienendichte durch ein kompakteres Leitungsnetz und einer höheren Anschlussquote können

die Vollkosten gesenkt werden. Hierdurch könnte mit höheren Konditionen als bisher angenommen ein wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes ermöglicht werden.

Mit zusätzlichen Anschlussnehmer_innen und durch den Verzicht auf die Hackschnitzelanlage lässt sich im Szenario II in Büttjebüll ein wirtschaftlicher Betrieb des Wärmenetzes zur aktuellen Preisstruktur ermöglichen, wenn die Wärme aus Wärmepumpe und Elektroheizstab für 1 Cent/kWh eingekauft werden kann.

7.2.2 EINZELVERBRAUCHER

Für Anschlussnehmer_innen, die nicht an das Wärmenetz angeschlossen werden können, zeigt Abbildung 28 die Vollkosten verschiedener Heizsysteme. Ölheizungen werden nicht berücksichtigt, da der Einbau neuer Ölkessel ab 2025 verboten ist. Die Kalkulationen basieren auf dem Energiebezug eines Einfamilienhauses mit 150 m², 55 W/m² Energiebedarf und 4 Personen pro Jahr. In grau sind die Investitionskosten der Heizsysteme dargestellt. Die Finanzierung der Neuanlagen ist jeweils auf 20 Jahre ausgelegt. Die dunkelorange(n) Teilstücke zeigen die Wartungskosten, in gelb sind die Energiebezugskosten dargestellt. Mit zunehmender CO₂-Bepreisung steigen die Energiebezugskosten der Gasbrennwertheizung. Diese sind grau schraffiert dargestellt. Zudem können je nach Stromtarif die Kosten der Wärmepumpenversorgung reduziert werden. Hier ist der lokale Wärmepumpentarif ein nützliches Instrument eine nachhaltige und preisattraktive Versorgungsoption zu bieten. Generell können bei einer nachhaltigen Heizungsmodernisierung mit erneuerbaren Energien Privatpersonen von Förderquoten von bis zu 45 % auf Anschaffungskosten, Montage und Installation profitieren. Zu den Details der Fördermöglichkeiten siehe Abschnitt 5.1.1. Die durch die Förderung abzugsfähigen Kosten sind grün schraffiert dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass 100 % regenerative Heizungs-systeme bereits heute mit fossilen Hybridsystemen konkurrieren und sogar günstiger sein können.

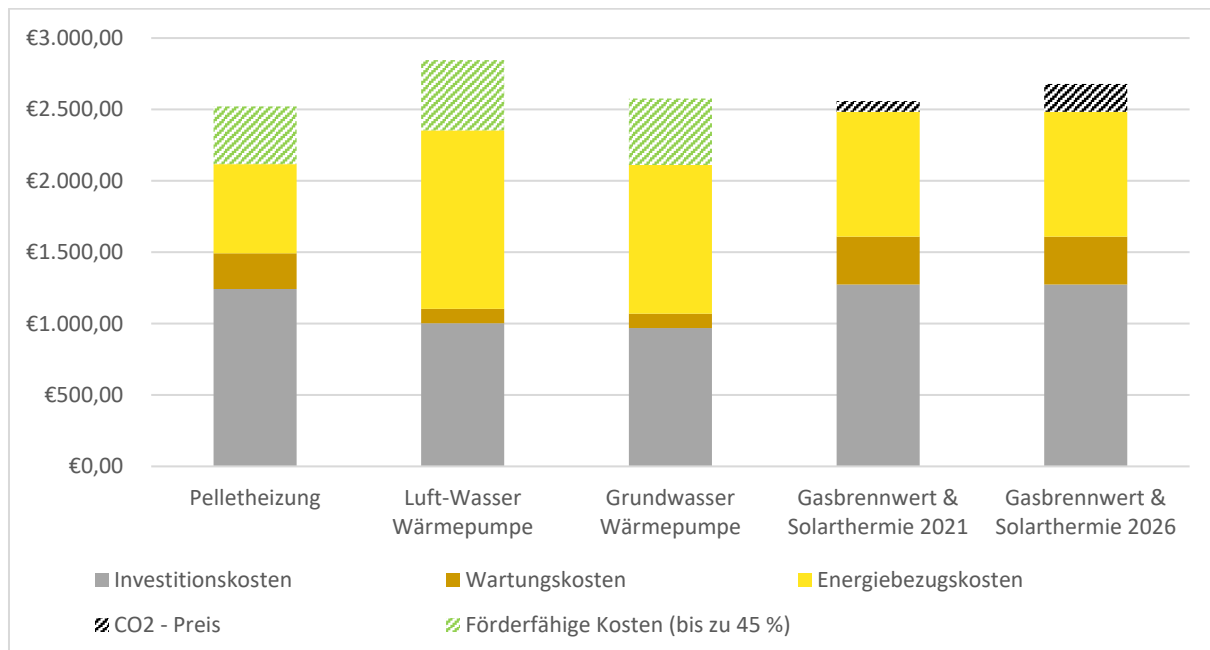


Abbildung 28 Vollkosten Heizsysteme für Einzelverbraucher

7.3 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Sowohl neue Wärmenetze als auch Wärmenetzerweiterungen sind über verschiedene Programme förderbar. Dies gilt sowohl für den Bau neuer Netze wie Büttjebüll als auch für die Erweiterung von Bestandsnetzen wie bei der Erweiterung der Kerngemeinde.

Wärmenetze 4.0

Mit dem Modellvorhaben Wärmenetze 4.0 fördert die BAFA innovative und effiziente Wärmenetze mit einem überwiegenden Anteil aus erneuerbaren Energien und Abwärme. Die Realisierung des Wärmenetzsystems wird mit bis zu 15 Mio. € gefördert. Es ist eine Förderquote zwischen 30 und 50 % erzielbar. Voraussetzung für den Erhalt einer Förderung ist ein hoher Innovationsgrad im Konzept.

Um diesen Status eines innovativen Konzeptes zu erlangen, sind drei Voraussetzungen zu erfüllen. So ist die Integration einer Wärmepumpe, einer geo- oder einer solarthermischen Anlage, die min. 50 % des Wärmebedarfs deckt, notwendig. Zudem ist ein Online-Monitoring einzuführen, das Auskunft über Erzeugung, Verbräuche und die generelle Netzsituation angibt. Außerdem muss der Innovationsgrad des Versorgungskonzeptes hoch sein. Der Ansatz Windenergie in die Wärmeversorgung zu integrieren erfüllt diese Voraussetzung.

Es besteht der systematische Ansatz einer Grundförderung von 30 % auf alle Komponenten des Wärmenetzes, ausgenommen der Stromerzeugungsanlagen. Eine zusätzliche Förderung von 10 % kann in Anspruch genommen werden, wenn die Trägergesellschaft ein KMU ist. Für diesen Status darf der Anteil der Gemeinde an der Gesellschaft nicht i.d.R. bis zu 25 % betragen, unter bestimmten Umständen auch bis zu 50 %. Je nach Anteil der erneuerbaren Energieerzeugung im System kann eine weitere Förderung von bis zu 10 % in Anspruch genommen werden. Die Höhe der Förderquote orientiert sich an dem Anteil an Erneuerbare-Energie-Anlagen, die die Energie für das System bereitstellen. Liegt der Anteil der Erneuerbaren-Energien-Erzeugung bei 100 %, so wird das System mit 10 % gefördert. Liegt der Anteil Erneuerbarer Energien bei 50 %, so beträgt die Förderquote 5 %. Hierbei ist zu beachten, dass laut Richtlinie der Strom aus Erzeugungsanlagen, die nicht im Rahmen des Wärmenetzsystems neu errichtet wurden, wie bspw. die Windenergieanlagen, nicht als 100 % erneuerbare Stromerzeuger angesehen werden. Strombezug aus dem Netz der öffentlichen Versorgung wird zu einem Anteil von 45 % erneuerbaren Energien gewertet. Luftwärmepumpen werden mit entsprechendem COP (Coefficient of performance) 100 % erneuerbar angesehen.

KWKG

Durch Wärmerzeugung mittels 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 hydraulischen Anlagenkomponenten sowie die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. Abnahmetechnik, Heizhäuser und Planung sind nicht förderfähig.

Richtlinie zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme

Die Förderrichtlinie des Landes Schleswig-Holstein ermöglicht die Kumulierung von Fördermitteln und gewährt eine Zuwendung von höchstens 1.000.000 € sofern die Förderung 50 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt.

KWKG-Bonus

Eine Novelle des KWKG-Bonus fördert zudem die Energieerzeugung durch KWK-Anlagen mit nunmehr 16 ct/kWh für 30.000 Volllaststunden. Die Novelle löst den bisherigen Bonus von 8 ct/kWh für 60.000 Volllaststunden ab. Durch geringe Gaspreise und ohne CO₂-Bepreisung lässt sich so ein Bonus in Höhe von 240.000 € für die Energieerzeugung erzielen.

KfW-Förderung

Das KfW-Förderprogramm „Energiebare Energien Premium“ greift ab Liniendichte von 500 kWh/m. Es fördert das Wärmenetz mit 60 €/m, Wärmeübergabestationen mit 1.800 € und bezuschusst 250 €/m³ für einen zentralen, großen Wärmespeicher.

Heizungsmodernisierung

Die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie bietet auf der Website www.foerderdatenbank.de eine gute Übersicht und hilfreiche Informationen über die zur Verfügung stehenden Zuschüsse und Kredite. Je nach Modernisierungsart kommen zwölf unterschiedliche Förderprogramme und Finanzierungsmöglichkeiten in Frage. Die relevantesten sind:

- KfW 151-152 Energieeffizient Sanieren Kredit
- KfW 430 Energieeffizient Sanieren Zuschuss

Zusammen mit einem Energieberater lässt sich die beste individuelle Fördersystematik feststellen.

Heizen mit Erneuerbaren Energien

Über das Förderprogramm Heizen mit Erneuerbaren Energien des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle sind Solarthermieanlagen, Biomasseanlagen, Wärmepumpenanlagen, Erneuerbare Energien Hybridheizungen, Nachrüstungen zur Partikelabscheidung und Brennwertnutzung und Gas-Hybridheizungen im Gebäudebestand förderbar. Dies bezieht sich auf Anschaffungs-, Montage- und Installationskosten. Bis auf Gas-Hybridheizungen sind alle Anlagen ebenfalls im Neubau förderbar. Die höchsten Förderquoten von 45 % lassen sich für den Austausch einer Ölheizung im Bestand erzielen. Durchschnittlich liegt die Förderquote bei ca. 30 %. Das Programm richtet sich sowohl an Privatpersonen, Kommunen als auch Unternehmen und Wohnungseigentümer.

8 NACHHALTIGE GESCHÄFTSMODELLE FÜR DIE BGA

In der zukünftigen Energieversorgung kommt BGAs weiterhin eine wichtige Bedeutung zu. Neben ihrem Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit im deutschen Stromnetz. Mit BGAs kann Strom bedarfsgerecht und zur Deckung der Residuallast erzeugt werden, sowie Systemdienstleistungen für das Netz der öffentlichen Stromversorgung bereitgestellt werden. Außerdem bieten sie mit der Erzeugung von Biomethan eine Alternative zur Nutzung fossiler Gase. Als Stromerzeuger aus erneuerbaren Energien haben BGAs den Anspruch auf eine 20-jährige EEG-Vergütung. Altanlagen, die die Betriebszeit von 20 Jahren überschreiten, genießen Bestandsschutz und Übergangsfristen. 2019 wurde ein Höchstwert von 5.000 MW installierter Anlagenleistung verzeichnet. Für 2020 geht der Fachverband Biogas e.V. erstmals von einem Rückgang in der installierten Leistung aus. Hauptsächlich ist dies auf den Auslauf der ersten Anlagen aus der 20-jährigen EEG-Förderung zurückzuführen. Für BGAs tun sich auch nach der EEG-Laufzeit Möglichkeiten für einen wirtschaftlichen Betrieb auf. Für die Erfüllung der beschriebenen Geschäftsmodelle ist häufig eine Flexibilisierung der BGA notwendig.

Die neuen Geschäftsmodelle der Anlagen leiten einen Paradigmenwechsel beim Betrieb ein. Das bisherige Verständnis einer BGA zur Deckung der Grundlast wird abgelöst durch einen bedarfsgerechten Einsatz der BGA zum Ausgleich der Volatilitäten im Stromnetz. Die Wirtschaftlichkeit im Grundlastbetrieb wird zum Großteil durch die Auslastung des Gesamtprozesses vorgegeben. In bedarfsgerechter Fahrweise ist der Gesamtprozess geringer ausgelastet, was sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Finanzielle Anreize wie potenzielle Mehreinnahmen durch Stromvermarktung zu Zeiten hoher Strompreise, zusätzliche Prämien für das Anbieten und Bereitstellen von Systemdienstleistungen oder der Verkauf von Wärme, können jedoch auch den flexiblen Betrieb lukrativ gestalten.

Das Umweltbundesamt hat bei einer Auswertung zahlreicher Studien für Biogas-Bestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht im Wesentlichen drei Betriebsmodelle identifiziert (Umweltbundesamt, 2020). Die Studie geht detailliert auf Handlungsoptionen zur verbesserten Umsetzbarkeit ein und identifiziert ökologische, technische und rechtliche Hemmnisse für die jeweiligen Betriebsmodelle. Diese Betriebsmodelle werden eingangs als Basis für die nachhaltigen Geschäftsmodelle für den wirtschaftlichen Betrieb der BGA kurz beschrieben. In der Studie des Umweltbundesamtes sind vertiefende Inhalte und Instrumente zur Bewertung sowie Handlungsoptionen und Bewertungs-Matrizen zu finden.

Die Betriebsmodelle 1 und 2 sehen eine Flexibilisierung der Anlage vor. Betriebsmodell 1 sieht vor, den Substratinput energetisch um 50 % zu reduzieren, um durch die Reduktion der Einsatzstoffe die Gasproduktion zu drosseln. Hierdurch verringert sich die Bemessungsleistung der Anlage um 50 % ohne einschneidende technische Änderungen an der Anlage vorzunehmen. Durch diese Drosselung gilt die BGA ohne bauliche Maßnahmen als doppelt überbaut, was eine zentrale Voraussetzung für eine Flexibilisierung ist. In der Studie sind für die Verringerung der Bemessungsleistung zwei Möglichkeiten angeführt. Möglichkeit eins ist die Reduktion des Anteils nachwachsender Rohstoffe, Möglichkeit zwei die Substitution von Mais durch Grassilage aus extensiver Bewirtschaftung. Betriebsmodell 2 handelt im Kern von der Flexibilisierung der Biogaserzeugung und Strombereitstellung. Anders als bei Betriebsmodell 1 bleibt die produzierte Jahresarbeitszahl gleich. Das Betriebsmodell 3 beleuchtet die Biogasaufbereitung zu Biomethan. Auf diesen Punkt wird in dieser Studie nicht vertieft eingegangen, da einem erfolgreichen Vermarktungsmodell zahlreiche regulatorische und ökonomische Hemmnisse gegenüberstehen (Details in Studie ab S. 146). Der Betrieb der BGA Bordelum ähnelt dem zweiten Betriebsmodell.

Die nachlegenden Abschnitte behandeln, neben den Voraussetzungen für eine erfolgreiche Flexibilisierung, die Vermarktungsmöglichkeit an unterschiedlichen Strommärkten sowie die Bereitstellung von Systemdienstleistungen und weitere Möglichkeiten.

8.1 FLEXIBILISIERUNG

Durch die Flexibilisierung der Anlage kann die Erzeugung des Stroms an die sie sich permanent ändernden Begebenheiten und Anforderungen angepasst werden. Die BGA trägt somit nicht durch kontinuierlichen Volllastbetrieb zur Deckung der Grundlast bei, sondern passt die Stromerzeugung flexibel an. So ist es möglich, Strom nur zu Tageszeiten mit erhöhter Nachfrage zu produzieren. In diesen Zeiten ist der Strompreis über dem Durchschnitt und somit lässt sich auch der Erlös für den Anlagenbetreiber steigern.

Um die Stromerzeugung der BGA bedarfsgerecht zu fahren sind technische Eingriffe in die Anlagentechnik notwendig. Die stetig einspeisende BGA wird um einen Gasspeicher, ein weiteres BHKW und einen Wärmespeicher erweitert. Es ist nicht notwendig alle drei Komponenten zu realisieren. So ist die BGA in Bordelum durch den Zubau des neuen Motors bereits ausreichend flexibilisiert. Der Zubau eines Gas- bzw. Wärmespeichers ist aufgrund der hohen Investitionskosten und der mangelnden Räumlichkeiten und Erlösperspektiven keine Option.

Im tatsächlichen flexiblen Anlagenbetrieb gilt es das Startverhalten des BHKWs für schnelle, regelungstechnische Aufgaben zu optimieren. Die Leistungszunahme sollte dabei etwa um ein Kilowatt pro Sekunde steigerbar sein. Die erste Möglichkeit ist die Verringerung der Einspeiseleistung um 50 % und das Fahren der Anlage im Teillastbetrieb. Die zweite Möglichkeit ist der Betrieb der Anlage in Start-Stopp-Fahrweise, in der das BHKW entweder stillsteht oder Volllast gefahren wird. Die Fahrweise ist hierbei nach Wirkungsgradverlusten im Teillastbetrieb und höherem Verschleiß der Anlage bei Start-Stopp-Fahrweise abzuwägen. Typisch sind zwei Starts pro Tag, bei höherer Flexibilisierung kann sich die Anzahl der Starts jedoch auch verringern. Moderne Motoren sind dieser Fahrweise gewachsen.

8.2 DIREKTVERMARKTUNG

Eine Möglichkeit der Erlössteigerung nach erfolgreicher Flexibilisierung bietet die Direktvermarktung des Stroms durch den Handel am Spotmarkt der Strombörse. Der Spotmarkt löst zunehmend den langfristigen Terminmarkt ab, da die fluktuierende Stromerzeugung keine zuverlässige Lieferung von Strom in der Zukunft gewährleisten kann. In Deutschland erfolgt der Handel an den beiden europäischen Strombörsen European Energy Exchange AG (EEX) und European Power Exchange (EPEX). Gehandelt werden kann 24 Stunden im Voraus zur Stromlieferung am Day-Ahead-Market oder per Intraday-Kontrakt mit Handel und Lieferung am gleichen Tag. Durch die Schwankungen des Strompreises an der Börse lassen sich höhere Erlöse durch den Verkauf des Stroms bei erhöhter Nachfrage erzielen. In diesen Zeiten erhöhter Nachfrage speist die BGA ein, während sie bei niedriger Nachfrage Biogas produziert, das -optional im Gasspeicher- zwischengespeichert wird. Erhöhte Nachfrage tritt häufig werktags in den Morgen- und Abendstunden auf.

Im Mittel wird Strom an den Börsen für ca. 2,5 bis 3,5 ct/kWh gehandelt. Zu Spitzenlastzeiten werden bis zu 10 ct/kWh aufgerufen. Durch die hohen Stromgestehungskosten der Biomasse lässt sich ein wirtschaftlicher Betrieb der BGA allein durch die Direktvermarktung des Stroms nicht sicherstellen.

Entwicklung der Spotmarkterlöse

Das BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH in Aachen hat den stündlichen Spotmarktpreis in die Zukunft bis 2035 prognostiziert. Abbildung 29 zeigt den durch Flexibilisierung

zusätzlich zu erzielendem Erlös je nach Flexibilisierungsgrad. Für die doppelte Überbauung wurde mit einer Gasspeicherreichweite von 15h gerechnet, die sich bis hin zur fünffachen Überbauung auf 60h steigert. Die grauen Balken bilden jeweils den Mittelwert des jeweiligen Jahres am Spotmarkt ab. In ihren, nach eigenen Angaben konservativ gerechneten, Szenarien ist für das Jahr mit einer Erlössteigerung von bis zu 100 % zu rechnen. Da jedoch eine Vielzahl von Faktoren Einfluss auf die Preisgestaltung hat, ist eine sichere Prognose, auf die eine Betriebsentscheidung gefußt werden kann, nicht möglich.

in €/MWh

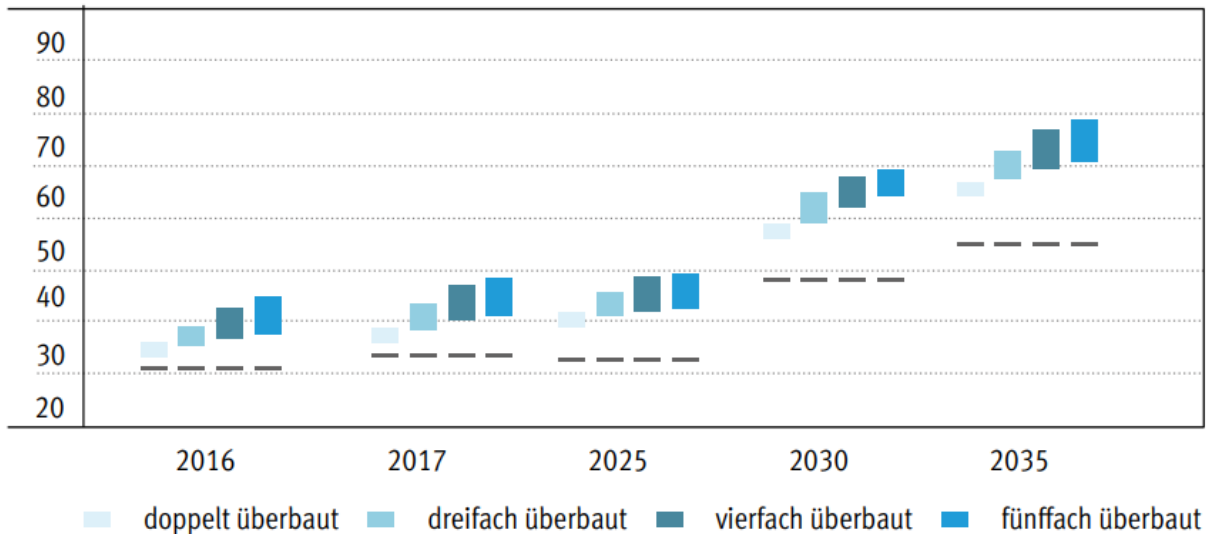


Abbildung 29: Entwicklung der Strommarkterlöse (Quelle: Fachagentur nachwachsender Rohstoffe)

8.3 SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN

Eine weitere Erlösquelle ist die Bereitstellung von Systemdienstleistungen. Systemdienstleistungen im Stromnetz sind alle Maßnahmen, die die Frequenz, Spannung und Belastung der Netzbetriebsmittel innerhalb der zulässigen Grenzwerte halten bzw. nach Störungen wieder in den Normalbereich zurückzuführen. Ziel ist es, die Qualität, Zuverlässigkeit und Sicherheit der Stromübertragung und -verteilung zu gewährleisten.

Hierzu können BGAs einen wichtigen Beitrag leisten. Diese „Vermarktungsform“ ist auch mit andern Vermarktungsmöglichkeiten wie der Direktvermarktung kombinierbar.

Regelenergie

Eine Form der Systemdienstleistungen ist die Bereitstellung von Regelenergie. Regelenergie dient dazu die Netzfrequenz von 50 Hz durch zu- bzw. abschalten von Lasten konstant zu halten. BGAs können sowohl negative wie positive Regelleistung bereitstellen. Für die Bereitstellung von Regelenergie durch eine BGA muss diese bei der Zertifizierung das sog. Doppelhöckerverfahren durchlaufen, bei dem geprüft wird, wie schnell die Anlage Last hoch- bzw. runterfahren kann. Für die Bereitstellung von Regelenergie erhält der Anlagenbetreiber einen Leistungspreis und zusätzlich bei der tatsächlichen Nutzung der Flexibilität den Arbeitspreis.

Der Regelenergiemarkt wird in die drei Teilbereiche Primär- und Sekundärmarkt sowie Minutenreservemarkt aufgeteilt. Für die Vermarktung am Primärregelleistungsmarkt muss die angebotene Last in weniger als 30 Sekunden vollständig und für mind. 15 min abrufbar sein. Die

Sekundärregelleistung muss in weniger als 5 Minuten bereitstehen. Ab einer Einschaltzeit von 5 Minuten ist nur die Teilnahme an Minutenreserven möglich.

Negative Regelleistung wird durch die Verringerung der Einspeiseleistung oder durch zwischenzeitliche Stromverwertung außerhalb des Netzes (z.B. Power-to-X, Beheizen eines Wärmespeichers) bereitgestellt. Positive Regelleistung kann die BGA durch Einschalten des BHKW bereitstellen.

Gegen die Teilnahme am Regelleistungsmarkt spricht der höhere Verschleiß der Anlage durch zusätzliches Anfahren und Abschalten sowie geringerer Wirkungsgrade im Teillastbereich. Die Teilnahme am Regelenergiemarkt ist derzeit für BGAs nicht attraktiv, da Power-to-X-Anlagen und Batteriespeicher den Preis soweit gedrückt haben, dass BGAs nicht konkurrenzfähig Leistung bereitstellen können.

Blindleistung

Eine weitere Systemdienstleistung ist die Lieferung von Blindleistung, die allerdings regulatorisch geregelt und auch von BHKW abgefordert wird. Schließlich gilt als wichtige Fähigkeit von dezentralen Biogas-BHKWs, dass sie bei einem möglichen Netzzusammenbruch auch ohne Spannung im Netz zur Wiederinbetriebnahme beitragen können. Für diese Schwarzstartfähigkeit genügen kleinere Umbauten an den Bestandsanlagen, doch existiert hierfür bisher kein Geschäftsmodell.

Der marktpreisorientierte Fahrplanbetrieb bietet im Vergleich zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen höhere Erlösaussichten. Optional, aber nicht als Ersatz für die Umstellung auf Residuallastdeckung, kann man die zur Flexibilisierung installierte Leistung zusätzlich nutzen, um in den Ruhezeiten positive Regelleistung anzubieten. Die Regelleistung allein ist für BHKW-Betreiber nicht mehr attraktiv und keine Grundlage für Investitionen.

8.4 ANSCHLUSSFÖRDERUNG

Für Anlagen, die aus der EEG-Förderung fallen, bietet das EEG 2017 die Möglichkeit einer Anschlussförderung. Anlagen, die höchstens eine Restlaufzeit von acht Jahren haben können durch die Teilnahme an einer Ausschreibung eine Anschlussförderung für 10 Jahre erhalten. Den Zuschlag erhalten die Anlagen, die den Strom an günstigsten anbietet. Bis hin zur ausgeschriebenen Zubaugrenze erhalten die günstigsten Anbieter einen Zuschlag. Voraussetzung für die Teilnahme ist die Flexibilisierung der BGA und dass maximal die Hälfte der Fütterung aus Mais besteht. Der anzulegende Wert musste 2017 unter 16,9 ct/kWh liegen und wird jährlich um 1 % abgesenkt. Seit 2019 werden zwei Gebotsrunden pro Jahr (April und November) durchgeführt. Im April 2020 wurden 167.770 kW ausgeschrieben. Insgesamt wurden hierfür 41 Gebote von Neu- und Bestandsanlagen mit insgesamt 92.486 kW eingereicht. Es wurden 38 Zuschläge mit insgesamt 90.456 kW erteilt. Der durchschnittliche, mengengewichtete Zuschlagswert lag bei 13,99 ct/kWh. Der höchste Gebotswert mit Zuschlag bei den Bestandsanlagen lag bei dem zulässigen Höchstwert für Bestandsanlagen von 16,40 ct/kWh. Dass die ausgeschriebene Leistung nicht erreicht wurde, kann zweierlei Gründe haben. Ein Grund ist, dass der Höchstwert von 14,44 ct/kWh für Neuanlagen für viele Anlagenbetreiber keinen wirtschaftlichen Betrieb ermöglicht. Der andere Grund ist, dass erst wenige Anlagen das Ende der 20-jährigen EEG-Laufzeit erreicht haben. Trotzdem ist damit zu rechnen, dass die Ausschreibungen auch weiterhin unterzeichnet sein werden, da der zulässige Höchstwert kaum die Betriebskosten decken kann.

8.5 DIREKTVERSORGUNG

Allein die Vermarktung des Stroms über die Börse und die Anschlussförderung kann den Weiterbetrieb der Anlage aller Voraussicht nach nicht gewährleisten. Die Direktversorgung lokaler Energiesenken bietet Zusatzerlöse, die einen Schritt zum wirtschaftlichen Betrieb darstellen können.




Neben der regionalen Direktversorgung von Kunden mit regionalem Strom und der Aufbereitung und dem Verkauf von Biomethan als Kraftstoff, ist der Verkauf von Wärme eine ökologisch wie ökonomisch sinnvolle Option. Da für diese Option für die BGA bereits ein Zukunftsplan vorliegt, wird hierauf nicht weiter vertieft eingegangen.















Auf den Punkt.

- Paradigmenwechsel von maximalen Volllaststunden der Anlage zu systemdienlichem Betrieb (Deckung der Residuallast)
- Alleinstellungsmerkmal der guten Speicherbarkeit rückt in den Mittelpunkt der BGA.
- Die Inanspruchnahme der Anschlussförderung ist für einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb unabdingbar, jedoch nicht ausreichend.
- In der Bereitstellung von Systemdienstleistungen verdrängen andere Player wie Batteriespeicher die BGA ins Aus.
- Die Direktversorgung und Vermarktung von Wärme können zu entsprechenden Konditionen zum Break-Even verhelfen.
- Insgesamt ist ein wirtschaftlicher Weiterbetrieb der BGA, wenn überhaupt, schwierig zu gewährleisten.

9 MASSNAHMENKATALOG

Für eine bessere Übersichtlichkeit und Darstellung der Relevanz und Effektivität der vorgeschlagenen Maßnahmen haben wir drei Stufen der Gewichtung, hier dargestellt durch Bäume, eingeführt.

Gewichtung	Beschreibung
	Die so gekennzeichneten Maßnahmen leisten einen großen Beitrag zur Einsparung von CO ₂ -Emissionen, oder sind Grundvoraussetzung für einzelne oder viele relevante, nachgelagerte Maßnahmen
	Die so gekennzeichnete Maßnahme hat einen Klimaschutzeffekte und/oder muss weiter vertieft und bearbeitet werden, bevor eine Umsetzung erfolgen kann
	Die so gekennzeichneten Maßnahmen unterliegen Hemmnissen eine unmittelbare Umsetzung im Wege stehen, oder nur langfristig umgesetzt werden können.

Handlungsfelder			
Energieeffizienz	Energieverteilung	Energie-Wandlung & Erzeugung	Soziopolitisch & Mobilität
Informieren, Beraten und Unterstützen -  <ul style="list-style-type: none"> Energieberatung Energiesprechstunde Optimierung des Verbraucherverhaltens Fördermittelakquise für die energetische Sanierung 	Gründung einer Bürgerenergiegesellschaft/Gemeindewerk -  <ul style="list-style-type: none"> Beauftragung eines Direktvermarkters und Entwicklung eines Bilanziellen Stromprodukts Erstellung eines Produktportfolios (Haushaltsstromtarif, Mobilitätstarif und Wärmepumpentarif) Projektierung und Realisierung des Ladestromtarif Marketing der Strom & Wärmetarife 		Die Gemeinde  <ul style="list-style-type: none"> Stärkung der Lenkungsgruppe und Bildung von Peer Groups mit engagierten Bürger_innen zur Unterstützung des Gemeinderates bei der Umsetzung und Begleitung der technischen Maßnahmen -> Verbesserung des Rückhaltes in der Bevölkerung
Energetische Gebäudesanierung -  <ul style="list-style-type: none"> Heizungsoptimierung Sanierung Gebäudehülle mit Fokus auf ökologische Baustoffe Eigenstromnutzung PV/Batteriespeicher 	BGA und Fernwärme -  <ul style="list-style-type: none"> Erhalt der BGA Bordelum Initiative zur Nachverdichtung des Wärmenetzes der BGA-Bordelum und detaillierte Erarbeitung Versorgungskonzept Kerngebiet inkl. Neubaugebiet Projektmanagement Umsetzung des Versorgungskonzeptes Kerngebiet Erweiterung des Fernwärmesystems (Verteiltrasse und Haushaltsanschlüsse) Klärung Eigenversorgung Einbindung von WKA -> Power-to-Heat 		Sharing is Caring -  <ul style="list-style-type: none"> Prüfung des weiteren Ausbaus des Carsharing-Angebots E-Bike Sharing Mitfahrzentrale (Digital) Digitalisierung der Kommunikation
Digitalisierung -  <ul style="list-style-type: none"> Etablierung eines Projektes zur Vernetzung von Verbrauchern und Erzeugern Wärmepumpen & Speicher-Management Lademanagement Nutzerinformation Controlling 	Wärme ohne die BGA -  <ul style="list-style-type: none"> Alternativen für Einzelverbraucher im Außenbereich 		Marketing Mobilität -  <ul style="list-style-type: none"> Marketingmaßnahmen zur Steigerung der Nutzung des Carsharings
	Fahrplan Bürgerenergiegesellschaft / Gemeindewerk -  <ul style="list-style-type: none"> Erarbeiten eines Fahrplanes der Wandlung des Gemeindewerkes zum umfassenden Energiedienstleister <ul style="list-style-type: none"> Stromversorgung Wärmeversorgung Mobilitätsdienstleistung 	Power-to-Heat -  <ul style="list-style-type: none"> Begleitung einer Szenario-Prüfung zur frühzeitigen Einbindung von Power-to-Heat Modulen (Szenario Minimierung der Abschaltzeiten von PV und WKA) 	Ladeinfrastruktur -  <ul style="list-style-type: none"> Interessensabfrage in der Gemeinde zum Aufbau einer Schnelllade-Stromtankstelle Projektierung der Stromtankstelle / öffentliche Ladesäule Projektierung und Realisierung des Ladestromtarifs
	Wärmenetz Büttjebüll -  <ul style="list-style-type: none"> Konzeptionierung neues Wärmenetz Büttjebüll 		Informieren der Bevölkerung -  <ul style="list-style-type: none"> Einrichten einer regelmäßigen Berichterstattung über <ul style="list-style-type: none"> Errichtung der Projektziele Reduktion der CO₂-Emissionen

10 UMSETZUNG

Zentrales Element der Umsetzung ist das sich direkt anschließende Sanierungsmanagement. Die hier formulierten und priorisierten Maßnahmen sollten zunächst einzelnen Arbeitsgruppen, so genannten 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.

10.1 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. Auch die Abstimmung und Ermittlung von möglichen synergetischen Effekten ist hier ein zentrales Thema.

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 Berührungspunkte mit der Antragstellung von Fördermitteln müssen genommen werden. In einer kleineren Kommune wie Bordelum 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 verständlicherweise 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.

Aus dem Sanierungsmanagement Dörpum ging hervor, dass bei Bewohner_innen des Quartiers ein Anschlussbegehren an die bestehende Fernwärme vorhanden war. Die Rolle des Sanierungsmanagements lag hier in der Fördermittelbeschaffung aber auch in der vermittelnden Rolle zwischen Privatperson und Anlagenbetreiber. Es ging darum Unsicherheiten aus dem Weg zu räumen und Fragen zu klären. Diese vermittelnde Rolle zwischen zentralen Akteuren und den Bewohner_innen des Quartiers muss als Aufgabe verstanden, kommuniziert und gewissenhaft ausgeführt werden.

Unterstützung der Energieversorger

Die vermittelnde Rolle muss nicht nur im kleinen, sondern auch im großen Maßstab ausgeführt werden. Aus vorangegangenen 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 Bordelum wäre eine Unterstützung aber 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.

- **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.
- **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.
- **Energiesprechstunde/-beratung**
Regelmäßige Termine vor Ort und individuelle Beratungen und Sprechstunden helfen wie bereits erwähnt dabei, die Berührungängste mit der Thematik zu nehmen und kleine Projekte voran zu treiben. 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 sollten so leichter erreichen lassen und zum Mitmachen animierbar sein.

10.2 CONTROLLING-KONZEPT

Als übergeordnete Kenngröße des Projekterfolges sollte die Reduktion des CO₂-Austoßes stehen. 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 den Gemeindeverwaltungen und den Bürger_innen ein motivierendes und gleichzeitig kontrollierendes Werkzeug in die Hand zu geben.



Abbildung 30: Visualisierung des Erfolges auf dem Weg zu ZERO-Emission (Quelle: CO₂-Compass.org)

Untergeordnet Ziele und Kennzahlen wie:

- Sanierungsrate von 2 %/Jahr;
- Umstellung von Heizöl und Gas auf Biogas, Fernwärme und Wärmepumpen bis 2035;
- Effizienzsteigerung von 1 %/Jahr im reinen Stromverbrauch ohne Mobilität;
- Reduktion der fossil betriebenen Fahrstrecken um xx km/Jahr ;

sollten regelmäßig an die Bürger_innen kommuniziert und veröffentlicht werden.

10.3 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.

Für eine effektive Nutzung der Ressourcen und um den gewünschten Erfolg in der Umsetzung der Maßnahmen zu erzielen, ist es sehr wichtig die Aktivitäten im Sanierungsmanagement vom Ortsteil Dörpum mit denen in Bordelum zu verknüpfen. Ein besonderer Fokus gilt hier der Gründung der Bürgerenergiewerke zur gemeinschaftlichen Organisation des lokalen „Energie Marktes“.

Die Themen Emissionskompensation und CO₂-Bindung wurden in diesem Konzept noch nicht behandelt und sollten im Sanierungsmanagement mit aufgegriffen werden.

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.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- ARGE Energie Dörpum. (2019). *Schaufenster Dörpum; Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes*. Ahneby.
- BAFA. (22. 10 2020). *Heizen mit erneuerbaren Energie*. Von https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/heizen_mit_erneuerbaren_energien_node.html abgerufen
- BAFA. (22. 10 2020). *Heizungsoptimierung*. Von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Heizungsoptimierung/heizungsoptimierung_node.html abgerufen
- BMWi. (22. 10 2020). *Zuschuss auf Energieberatung - private Haushalte*. Von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energieberatung-privater-haushalte.html> abgerufen
- BMWi. (22. 10 20202). *Energieberatung und -förderung für Unternehmen*. Von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energieberatung-und-foerderung-unternehmen.html> abgerufen
- e.V., Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen. (Juni 2012). *Gebäudetypologie Schleswig-Holstein, Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen*. Im Auftrag von Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein. Kiel: Dietmar Walberg.
- Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V. (2018). *Flexibilisierung von Biogasanlagen*. (21.07.2014). *Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (ErneuerbareEnergien-Gesetz - EEG 2017)*.
- ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH. (2014). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg.
- KfW. (22. 10 2020). *Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Baubegleitung - 431*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Baubegleitung-\(431\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Baubegleitung-(431)/) abgerufen
- KfW. (22. 10 2020). *Energieeffizient Sanieren – Ergänzungskredit - 167*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Erg%C3%A4nzungskredit-\(167\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Erg%C3%A4nzungskredit-(167)/) abgerufen
- KfW. (22. 10 2020). *Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss - 430*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Zuschuss-\(430\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Zuschuss-(430)/) abgerufen
- KfW. (22. 10 2020). *Energieeffizient Sanieren – Kredit - 151,152*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-\(151-152\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kredit-(151-152)/) abgerufen
- KfW. (22. 10 2020). *Erneuerbare Energien - Premium - 271*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-\(271-281\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/) abgerufen

- KfW. (22. 10 2020). *IKK – Energieeffizient Bauen und Sanieren - 217,218*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Kommunale-Geb%C3%A4ude/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Sanieren-Kommunen-\(217-218\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Kommunale-Geb%C3%A4ude/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffizient-Sanieren-Kommunen-(217-218)/) abgerufen
- KfW. (22. 10 2020). *IKU – Energieeffizient Bauen und Sanieren - 219,220*. Von [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Kommunale-Geb%C3%A4ude/Energieeffizient-Sanieren-kommunale-Unternehmen-\(220-219\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Kommunale-Geb%C3%A4ude/Energieeffizient-Sanieren-kommunale-Unternehmen-(220-219)/) abgerufen
- KfW. (22. 10 2020). *KfW-Energieeffizienzprogramm – Energieeffizient Bauen und Sanieren - 276*. Von <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/EE-Bauen-und-Sanieren-Unternehmen-276-277-278/> abgerufen
- Körkemeyer, B. (2019). *Ortsentwicklungskonzept Gemeinde Bordleum* . Wester-Ohrstedt: Planungsgruppe OLAF.
- (27. Juni 2020). *Stromsteuergesetz*.
- Umweltbundesamt. (2019). *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2018* . Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt. (2020). *Optionen für Biogasbestandsanlagen bis 2030 aus ökonomischer und energiewirtschaftlicher Sicht*.
- Unger, R. R. (2016). Energieeinsparverordnung. In Redaktion, *EnEV 2016* (S. 244). Dresden: Saxonia Verlag.