

## Quartierskonzept Gemeinde Bredenbek

### Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes

Bredenbek Zentrum

Im Auftrag von: **Gemeinde Bredenbek**

Ansprechpartner\_in: Thorsten Schwanebeck, Bürgermeister der Gemeinde Bredenbek

Auftragnehmer\_in: EcoWert 360° GmbH  
Lise-Meitner-Straße 29, 24941 Flensburg

Bearbeitung: B. Eng. LiMan Keller, Dipl.-Ing. Lukas Schmeling, Dipl.-Ing. Jörgen Klammer, B. Eng. Matthias Winschu

Erfüllungsgehilfe:  
Pro Regione GmbH  
Lise-Meitner-Straße 29, 24941 Flensburg

Bearbeitung: Dipl. Ing. Lutz Malach, Dipl. Ing. Nina Lorenzen

PLAN-G  
An de Diek 6d, 24855 Bollingstedt

Bearbeitung: Dipl. Ing. Ralf Schobries

Stand: 12.05.2023

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

Gefördert durch:



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

Aufgrund eines Beschlusses des  
Deutschen Bundestages

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

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
<b>KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Einführung</b> .....	<b>14</b>
2.1 Das Quartier „Bredenbek Zentrum“ .....	14
2.2 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte .....	17
2.3 Methodik und Vorgehensweise .....	21
2.4 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess .....	22
<b>3 Energetische Ausgangssituation im Quartier</b> .....	<b>24</b>
3.1 Datenquellen und Datengüte .....	24
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäude und Heizungsbestand .....	26
3.2.1 Wohngebäude .....	27
3.2.2 Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften .....	27
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor) .....	29
3.3 Bestandsaufnahme: Endenergieverbrauch .....	31
3.3.1 Quartierslastprofile Wärme .....	31
3.3.2 Quartierslastprofil Strom .....	32
3.3.3 Mobilität .....	33
3.4 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	34
3.4.1 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz Wärme .....	34
3.4.2 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz Strom .....	36
<b>4 Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale</b> .....	<b>38</b>
4.1 Potenziale für erneuerbare elektrische Energien .....	38
4.1.1 Wind .....	38
4.1.2 Photovoltaik .....	41
4.1.3 Biogas .....	46
4.2 Potenziale für erneuerbare thermische Energie .....	48
4.2.1 Luft-Wärmepumpe .....	48
4.2.2 Geothermie .....	49
4.2.3 Grundwasser-Wärmepumpe .....	50
4.2.4 Abwärme-Wärmepumpe .....	51

4.2.5	Biomethan Blockheizkraftwerk .....	51
4.2.6	Biomasse.....	51
4.2.7	Solarthermie .....	52
4.2.8	Photovoltaisch-Thermische Kollektoren (PVT).....	52
4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	54
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG.....	55
4.3.2	Mustersanierungen .....	57
4.3.3	Sanierung Öffentliche Gebäude .....	61
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen .....	68
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung .....	73
4.5.1	Wärmenetz .....	73
4.5.2	Erzeugungskonzepte .....	75
4.5.3	Fördermöglichkeiten .....	78
4.5.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	80
4.5.5	Sensitivitätsanalyse .....	85
4.5.6	Klimaverträglichkeit.....	86
4.5.7	Zeitplan und Umsetzung.....	89
4.5.8	Mögliche Betreibermodelle.....	90
4.6	Mobilität .....	91
4.6.1	Individueller Personenkraftverkehr .....	91
4.6.2	Carsharing.....	92
4.6.3	Unterstützung des Radverkehrs .....	93
4.6.4	Errichten öffentlicher Ladestationen .....	94
4.6.5	Öffentlicher Personennahverkehr.....	95
<b>5</b>	<b>Maßnahmenkatalog .....</b>	<b>96</b>
<b>6</b>	<b>Umsetzungshemmnisse und Überwindungsmöglichkeiten .....</b>	<b>99</b>
6.1	Energetische Sanierung.....	99
6.2	Wärmenetz .....	100
6.3	Strom .....	101
6.4	Mobilität .....	102
6.5	Allgemeine Hemmnisse .....	102
<b>7</b>	<b>Umsetzung.....</b>	<b>103</b>
7.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	103
7.2	Controlling-Konzept.....	105
7.2.1	Gebäudesanierung & Heizungsaustausch .....	106

7.2.2	Wärmenetz.....	106
7.2.3	Strom .....	106
7.2.4	Mobilität.....	106
7.3	Sanierungsmanagement.....	107
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>108</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Quartiersgrenzen "Bredenbek Zentrum" (viamichelin.de) .....	14
Abbildung 2:	Das Quartier "Bredenbek Zentrum" im Gemeindegebiet Bredenbek (google.com/maps, danord.gdi-sh.de, viamichelin.de).....	15
Abbildung 3:	Ausschnitt aus dem Landschaftsplan der Gemeinde Bredenbek (1999) .....	17
Abbildung 4:	Flächennutzungsplan der Gemeinde Bredenbek - Neudarstellung (1998) .....	18
Abbildung 5:	links die 3. Änderung des Flächennutzungsplanes (FNP) der Gemeinde Bredenbek und rechts die 8. Änd. des FNP.....	18
Abbildung 6:	Karte 1 aus dem Ortentwicklungskonzeptes der Gemeinde Bredenbek 2017 .....	20
Abbildung 7:	Karte 2 aus dem Ortentwicklungskonzeptes der Gemeinde Bredenbek 2017 .....	20
Abbildung 8:	Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, ....	22
Abbildung 9:	Workshop im Landhaus am 01.03.2023 .....	23
Abbildung 10:	Grundschule – Satellitenbild (viamichelin.de).....	28
Abbildung 11:	Johanniter-KiTa.....	28
Abbildung 12:	Bredenhuus (Quelle: Bredenbek.de).....	29
Abbildung 13:	Einzelhandelsmarkt Bredenbek.....	29
Abbildung 14:	Landhaus Bredenbek .....	30
Abbildung 15:	Wärmelastgang Bredenbek Zentrum .....	32
Abbildung 16:	Stromlastgang Bredenbek .....	33
Abbildung 17:	Wärmeatlas Quartier Zentrum Bredenbek .....	35
Abbildung 18:	Wärmebilanz Bredenbek Zentrum .....	36
Abbildung 19:	Strombilanz Bredenbek Zentrum .....	37
Abbildung 20:	Windpotenzialfläche und -vorranggebiete Bredenbek und Haßmoor.....	39
Abbildung 21:	Windpotenzialfläche und -vorranggebiete Bredenbek und Haßmoor.....	40
Abbildung 22:	Entfernung Windpark Osterrade 3 zur Kerngemeinde (viamichelin.de).....	41
Abbildung 23:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach.....	42
Abbildung 24:	Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße, eigene Darstellung .....	43
Abbildung 25:	PV-Freiflächenprojekte (viamichelin.de).....	44
Abbildung 26:	Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet.....	45
Abbildung 27:	Ansicht der Modulauslegung Walcotthuis & Sporthalle .....	45
Abbildung 28:	Direktleitung Sporthalle-Pumpenhaus (viamichelin.de) .....	46
Abbildung 29:	Lage der Biogasanlagen um das Quartier (viamichelin.de).....	47
Abbildung 30:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur .....	48
Abbildung 31:	Geothermisches Potenzial in Bredenbek (Quelle: <a href="https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php">https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php</a> ).....	50
Abbildung 32:	Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Quelle: BAFA.....	56
Abbildung 33:	Referenzgebäude Baualtersklasse ≤ 1950.....	58
Abbildung 34:	Referenzgebäude Baualtersklasse 1970-1990 .....	59
Abbildung 35:	Dämmung oberste Geschossdecke – Grundschule .....	62
Abbildung 36:	Loch im Fußboden – Grundschule.....	62
Abbildung 37:	Dachboden Fenster .....	64
Abbildung 38:	Ansicht der Modulauslegung (6 kW <sub>p</sub> ).....	66
Abbildung 39:	Ansicht der alternativen Modulauslegung (11,5 kW <sub>p</sub> ) .....	66
Abbildung 40:	Ansicht der Modulauslegung (31 kW <sub>p</sub> ).....	68
Abbildung 41:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme .....	71

Abbildung 42:	Dimensionierung eines Wärmenetzes im Quartier Bredenbek Zentrum (Sattelitenbild: viamichelin.de) .....	74
Abbildung 43:	Konzeptskizze des brennstofffreien Erzeugungsszenarios.....	76
Abbildung 44:	Heizzentrale eines wärmepumpenbasierten Wärmenetzes (Aalborg CSP, 2022) ....	76
Abbildung 45:	Konzeptskizze des Kraft-Wärme-Kopplungsszenarios.....	77
Abbildung 46:	Konzeptskizze des Holzhackschnittzelszenarios .....	78
Abbildung 47:	Spezifischen Vollkosten der verschiedenen Konzepte bei 50 % Anschlussquote .....	85
Abbildung 48:	Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote.....	86
Abbildung 49:	Zeitplan Wärmenetz .....	89
Abbildung 50:	Entwicklung der PKW-CO <sub>2</sub> -Emissionen bis zum Jahr 2050.....	92
Abbildung 51:	Graphische Darstellung des Maßnahmenkatalogs.....	98

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW .....	12
Tabelle 2:	Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine .....	23
Tabelle 3:	Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren .....	24
Tabelle 4:	Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach IFEU-Empfehlung (Quelle: (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014))	24
Tabelle 5:	Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs (eigene Darstellung nach ifeu; gerundete Werte).....	25
Tabelle 6:	Gebäudebestand in Bredenbek nach Baualtersklassen .....	26
Tabelle 7:	Gebäudebestand im Kreis Rendsburg-Eckernförde extrahiert aus der Gebäudetypologie SH 2012 .....	26
Tabelle 8:	Hochrechnung Heizungsbestand Quartier Bredenbek.....	26
Tabelle 9:	Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert	27
Tabelle 10:	Wärmebedarf nach Liegenschaften Bredenbek.....	31
Tabelle 11:	Strombedarf nach Liegenschaften .....	32
Tabelle 12:	Personenkraftwagen der Gemeinde Bredenbek nach Brennstofftyp.....	33
Tabelle 13:	Vereinfachte Gesamtenergie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz. ....	34
Tabelle 14:	Verwendete CO <sub>2</sub> -Emissions- und Primärenergiefaktoren.....	34
Tabelle 15:	Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen. ....	35
Tabelle 16:	CO <sub>2</sub> -Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen .....	36
Tabelle 17:	Endenergiebilanz der Stromversorgung.....	37
Tabelle 18:	Regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet Bredenbek .....	37
Tabelle 19:	Vergütungssätze für PV-Dachanlagen .....	42
Tabelle 20:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate .....	54
Tabelle 21:	Zusammenfassung der Einsparpotenziale nach Effizienzklassen.....	55
Tabelle 22:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse ≤ 1950 .....	59
Tabelle 23:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1970 – 1990.....	60
Tabelle 24:	Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Grundschule .....	63
Tabelle 25:	Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Landhaus .....	65
Tabelle 26:	Wirtschaftliche Details der PV-Dachanlage (6 kWp) Bredenhuus.....	66
Tabelle 27:	Details der PV-Dachanlagen Bredenhuus.....	67
Tabelle 28:	Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage .....	67
Tabelle 29:	Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme .....	72
Tabelle 30:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen der individuellen Lösungen .....	72
Tabelle 31:	Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote .....	75
Tabelle 32:	Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	81
Tabelle 33:	Investitionskosten des Wärmenetzes .....	81
Tabelle 34:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1 .....	82
Tabelle 35:	Jährlicher Energiebezug des brennstofffreien Konzeptes bei 100 % Anschlussquote..	82
Tabelle 36:	Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – brennstofffreies Konzept.....	83
Tabelle 37:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – KWK.....	83
Tabelle 38:	Jährlicher Strombezug im Szenario 2: Kraft-Wärme-Kopplung bei 100 % Anschlussquote .....	83
Tabelle 39:	Jährliche Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote in den ersten 10 Jahren .....	84
Tabelle 40:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung - Holzhackschnitzel..	84

Tabelle 41:	Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote .....	84
Tabelle 42:	spezifische CO <sub>2</sub> -Emission für die erzeugte Wärme.....	87
Tabelle 43:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz.....	88
Tabelle 44:	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	88
Tabelle 45:	PKW nach Kraftstofftyp .....	91
Tabelle 46:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021).....	95
Tabelle 47:	Maßnahmenkatalog .....	96



## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

°C	Grad Celsius
a	Jahr
<b>Abs.</b>	Absatz
<b>ADAC</b>	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
<b>ADFC</b>	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
<b>AVBFernwärmeV</b>	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme
<b>BAFA</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<b>BDEW</b>	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
<b>BEG</b>	Bundeförderung für effiziente Gebäude
<b>BEW</b>	Bundeförderung für effiziente Wärmenetze
<b>BGA</b>	Biogasanlage
<b>BGW</b>	Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>BMDV</b>	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
<b>BMUV</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bzw.	beziehungsweise
<b>C.A.R.M.E.N</b>	Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
Ca.	circa
<b>CH4</b>	Methan
cm	Centimeter
<b>CO2</b>	Kohlenstoffdioxid
<b>COP</b>	Coefficient of Performance
ct	Cent
<b>DN</b>	Diamètre Nominal (Nenndurchmesser)
E	Elektro
e.V.	Eingetragener Verein
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetzes
<b>EFH</b>	Einfamilienhaus
el	elektrisch
<b>EM</b>	Einzelmaßnahme
eng.	Englisch
ff	fortfolgend
g	Gramm
<b>GEG</b>	Gebäudeenergiegesetz
<b>GHD</b>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
<b>GIS</b>	Geoinformationssystem
<b>GKO</b>	Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen
<b>GMF</b>	haushaltsähnliche Gewerbebetriebe
<b>GMK</b>	Gewerbe: Metall und Kfz
<b>GWh</b>	Gigawattstunden
<b>GWP</b>	Global Warming Potential
<b>GWU</b>	Gemeinschaftliches Wohnungsunternehmen

<b>h</b>	Stunde
<b>ha</b>	Hektar
<b>i.d.R.</b>	in der Regel
<b>ifeu</b>	Institutes für Energie- und Umweltforschung
<b>iSFP</b>	individueller Sanierungsfahrplan
<b>K</b>	Kelvin
<b>KBA</b>	Kraftfahrt-Bundesamt
<b>KfW</b>	Kreditanstalt für Wiederaufbau
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>KiTa</b>	Kindertagesstätte
<b>km</b>	Kilometer
<b>KMU</b>	kleines und mittleres Unternehmen
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunde
<b>KWK</b>	Kraft-Wärme-Kopplung
<b>KWKG</b>	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
<b>kWp</b>	Kilowatt peak
<b>kWth</b>	Kilowatt thermisch
<b>l</b>	Liter
<b>LBEG</b>	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
<b>LEP</b>	Landesentwicklungsplan
<b>LLUR</b>	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
<b>m</b>	Meter
<b>m<sup>2</sup></b>	Quadratmeter
<b>m<sup>3</sup></b>	Kubikmeter
<b>max.</b>	maximal
<b>min.</b>	minimal
<b>Mio.</b>	Millionen
<b>MSR</b>	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
<b>MW</b>	Megawatt
<b>MWh</b>	Megawattstunden
<b>MWp</b>	Megawatt peak
<b>MWth</b>	Megawatt thermisch
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
<b>Nr.</b>	Nummer
<b>NWG</b>	Nichtwohngebäude
<b>ÖPNV</b>	Öffentlicher Personennahverkehr
<b>Pers.</b>	Personen
<b>Pkm</b>	Personenkilometer
<b>PKW</b>	Personenkraftwagen
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>PVT</b>	Photovoltaisch-thermisch
<b>SH</b>	Schleswig-Holstein
<b>Str.</b>	Straße
<b>sVE</b>	steuerbare Verbrauchseinrichtungen
<b>t</b>	Tonne

<b>VDEW</b>	Verband der Elektrizitätswirtschaft
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure
<b>W</b>	Watt
<b>WG</b>	Wohngebäude
<b>WKA</b>	Windkraftanlage
<b>WNS</b>	Wärmenetzsysteme
<b>z.B.</b>	zum Beispiel

## KFW CHECKLISTE ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

Tabelle 1: Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW

Zu berücksichtigende Aspekte	Kapitel
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbesondere kommunale Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) und deren Energieeinspar- und Effizienzpotenziale (Ausgangsanalyse).	3 und 4
Beachtung vorhandener integrierter Stadtteilentwicklungs- (INSEK) oder wohnwirtschaftlicher Konzepte bzw. integrierter Konzepte auf kommunaler Quartiersebene sowie von Fachplanungen und Bebauungsplänen.	2.2
Aktionspläne und Handlungskonzepte unter Einbindung aller betroffener Akteure (einschließlich Einbeziehung der Öffentlichkeit).	4.3.2, 4.3.3 und 7.1
Aussagen zu baukulturellen Zielstellungen unter Beachtung der Denkmäler und erhaltenswerter Bausubstanz sowie bewahrenswerter Stadtbildqualitäten.	2.1, 2.2 und 4.3.3
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.	3.4, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 und 5
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse (technisch, wirtschaftlich, zielgruppenspezifisch bedingt) und deren Überwindung, Gegenüberstellung möglicher Handlungsoptionen.	6
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.	4.3, 4.4, 4.5, 4.6 und 5
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und zur Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen, Maßnahmen der Erfolgskontrolle.	4 und 7.2
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten).	5 und 7
Information und Beratung, Öffentlichkeitsarbeit.	2.4

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung des Quartiers Bredenbek Zentrum ist vielversprechend. Bei Öffentlichkeitsveranstaltungen hat eine hohe Beteiligung der Anwohner\_innen gezeigt, dass das Interesse der Bürger\_innen an einer nachhaltigen Energieversorgung der Gemeinde vorhanden ist und auf Anklang stößt. Insgesamt wurde ein Wärmebedarf von ca. 2,8 GWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 0,6 GWh erfasst.

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 44 % des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung. Die in der Studie aufgezeigten Mustersanierungen machen nicht nur den ökologischen, sondern auch den wirtschaftlichen Vorteil der Sanierung der Gebäudehüllen deutlich. Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle mit wenigen Jahren statischer Amortisationszeiten haben wirtschaftliche und ökologische 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 Erzeugerseite lassen sich durch Sektorenkopplung Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale ausschöpfen. Die Nutzung des vorhandenen Potenzials bei der regenerativen Energieerzeugung erlaubt es günstigen Strom für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Stromversorgung bereitzustellen. Die Wärmeversorgung kann durch den Aufbau eines Wärmenetzes und die Einbindung von regenerativ produziertem Strom nachhaltig gestaltet werden. So können im Kerngebiet bis zu 92 Gebäude wirtschaftlich sinnvoll mit nachhaltiger Fernwärme versorgt werden, wodurch bereits bei einer Anschlussquote von 50 % bei einer brennstofffreien Wärmeversorgung jährlich 219 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Mit Ausblick auf das Ziel der Bundesregierung bis 2035 den Strommix Deutschlands zu 100 % regenerativ zu erzeugen, lassen sich über diese Anschlussquote und Wärmeversorgung jährlich ca. 380 Tonnen CO<sub>2</sub> einsparen. Durch die in der Studie aufgezeigten Handlungsoptionen bestehen auch für Haushalte, die außerhalb der Potenzialgebiete für Wärmenetze liegen, die Möglichkeit zur CO<sub>2</sub>-Reduktion. Entsprechend gedämmte Gebäude im Außenbereich können mit den unterschiedlichen dargestellten Heizsystemen ausgestattet werden. Die größte Hürde ist derzeit der hohe Kostenfaktor.

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

## 2 EINFÜHRUNG

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

### 2.1 DAS QUARTIER „BREDENBEK ZENTRUM“

Die Gemeinde Bredenbek hat auf einer Fläche von ca. 1.240 ha knapp 1.500 Einwohner\_innen und liegt etwa 15 km östlich von Rendsburg und 18 km westlich von Kiel an der Bundesautobahn 210 und der Bahnstrecke Kiel-Rendsburg. Am 1. Januar 2015 wurde der neue Bahnhofepunkt am Rolfshörner Weg im Süden des Ortes eröffnet. Das Gemeindegebiet ist landwirtschaftlich geprägt und schließt im Süden an den Naturpark Westensee an und reicht im Norden fast bis zum Nord-Ostsee-Kanal. Aufgrund einer Struktur- und Entwicklungsanalyse des ländlichen Raumes wurde Bredenbek eine überörtliche Versorgungsfunktion im Regionalplan des Landes Schleswig-Holstein zuerkannt. Entsprechend hat Bredenbek, obwohl kein ländlicher Zentralort, für die Versorgung der umliegenden Gemeinden über die Amtsgrenze hinaus eine besondere Bedeutung. Dies wird deutlich durch die vorhandene Infrastruktur. 2017 wurde als Basis für die langfristige Entwicklung der Gemeinde ein Ortsentwicklungsplan erarbeitet.

Die heutige Gemeinde wurde 1928 nach Auflösung der Gutsbezirke Kronsburg und Bossee gebildet. Zur Gemeinde gehören die Ortsteile Bredenbek, Bredenmoor, Bredenbekermoor, Glinde, Kronsburg und Rolfshörn.



Abbildung 1: Quartiersgrenzen "Bredenbek Zentrum" (viamichelin.de)

Das Quartier „Bredenbek Zentrum“ umfasst den zentralen Bereich des Ortes Bredenbek. Die Fläche beträgt etwa 14 ha. Das Quartier wird im Norden durch die Anlieger der Kieler Straße und die Grundschule Bredenbek begrenzt. Im Süden grenzt das Quartier an die Straßen Lehmkuhle, An der Ziegelei und das Baugebiet Gartenkoppel. Im Osten und Westen ist das Quartier von Ackerland umschlossen.



Abbildung 2: Das Quartier "Bredenbek Zentrum" im Gemeindegebiet Bredenbek (google.com/maps, danord.gdi-sh.de, viamichelin.de)

Das zu untersuchende Gebiet umfasst den Ortskern von Bredenbek und ist städtebaulich durch Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie öffentliche Einrichtungen wie die Grundschule und den Kindergarten, das Wasserwerk, das Bredenhuus, das Landhaus, den lokalen Sportverein, sowie durch den Edeka-Verbrauchermarkt geprägt.

Derzeit sind 100 % der Primärheizungen im Quartier auf fossile Brennstoffe angewiesen. Von diesen Heizungen laufen 61 % mit Erdgas und 39 % mit Öl. Zusätzlich wurde angenommen, dass die Hälfte aller Haushalte über einen Ofen/Kamin verfügt. Dies ist für ein ländliches Quartier nicht unüblich.

Das Quartier hat mit 79 Wohngebäuden circa 15 % des gesamten Wohnbestands innerhalb des Gemeindegebiets inne (534 Wohngebäude im Gemeindegebiet). Die Gebäudestruktur des Quartiers weist sich primär durch Gebäude mit einer Wohneinheit aus. Der Anteil an Gebäuden in der

Baualtersklasse 1970 – 1990 beträgt im Quartier Bredenbek Zentrum 57 %. Weitere rund 18 % des gesamten Gebäudebestands wurde zwischen 1990 und 2015 erbaut. Der historische Dorfkern mit einem Baujahr vor 1950 stellt einen Anteil von 12 %. Hier besteht ein großes Potenzial bei der energetischen Gebäudesanierung, da Gebäude dieser Baualtersklassen meist nur teilweise, bis gar nicht energetisch saniert bzw. gedämmt sind.

## **ZIELSETZUNG**

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

Das Quartierskonzept soll verschiedene Bausteine wie eine Ist-Analyse, eine Potenzialanalyse, eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz, einen Maßnahmenkatalog, eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der zu entwickelnden Sanierungsmaßnahmen sowie insbesondere einen mit den Einwohner\_innen des Quartiers im Dialog durchgeführten Untersuchungsprozess umfassen.

Ein Quartier, welches beinahe ausschließlich fossil heizt, birgt ein großes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial.

In diesem Sinne werden die Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen und gewerbliche Einrichtungen sowie die öffentliche Verwaltung in eine gesamträumliche Betrachtung einbezogen, um eine bedarfsorientierte, effiziente und nachhaltige Umsetzung der Klimaschutzziele der Gemeinde zu gewährleisten. Dies soll sowohl über zentrale wie auch dezentrale Lösungsansätze geschehen.

Auf die Gebäudesanierung soll der besondere Schwerpunkt gelegt werden, da die vorhandene Baustruktur das größtmögliche Potenzial zur Energieeinsparung birgt. Die Bevölkerung ist für die energetische Sanierung nicht ausreichend sensibilisiert und mit Blick auf das Ziel der Bundesregierung einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erreichen, muss in Bredenbek der Startschuss für die Sanierung gegeben werden, um eine realistische Chance auf die gesetzten Ziele zu haben. Zusätzlich birgt die Förderlandschaft derzeit gute Voraussetzungen, um in diesem Bereich aktiv zu werden.

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



## 2.2 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Folgende kommunale Satzungen und Konzepte liegen für das Quartier „Bredenbek Zentrum“ vor:

- Landschaftsplan der Gemeinde Bredenbek (1999)
- Flächennutzungsplan und seine Änderungen (Neudarstellung 1998)
- Bebauungspläne
- Ortsentwicklungskonzept Bredenbek (2017)

### Landschaftsplan

Der Landschaftsplan der Gemeinde Bredenbek enthält für das Quartier „Bredenbek Zentrum“ die Darstellung „üw. vorstädtisch geprägte Siedlungsstruktur“. Darüber hinaus zeigt er für die Flächen südlich des Sportplatzes „Geeigneter Bereich für weitere bauliche Entwicklung“ sowie am westlichen Rand des Plangebietes eine „Grenze der baulichen Entwicklung“ und „Entrohrung und naturnahe Gewässergestaltung“. Als „schutzwürdiges Kulturdenkmal“ ist die Schule genannt und als „einfaches Kulturdenkmal“ der Gasthof. Des Weiteren zeigt der Landschaftsplan die „Herstellung örtlicher Biotopverbundachse“ nördlich der Kieler Straße.

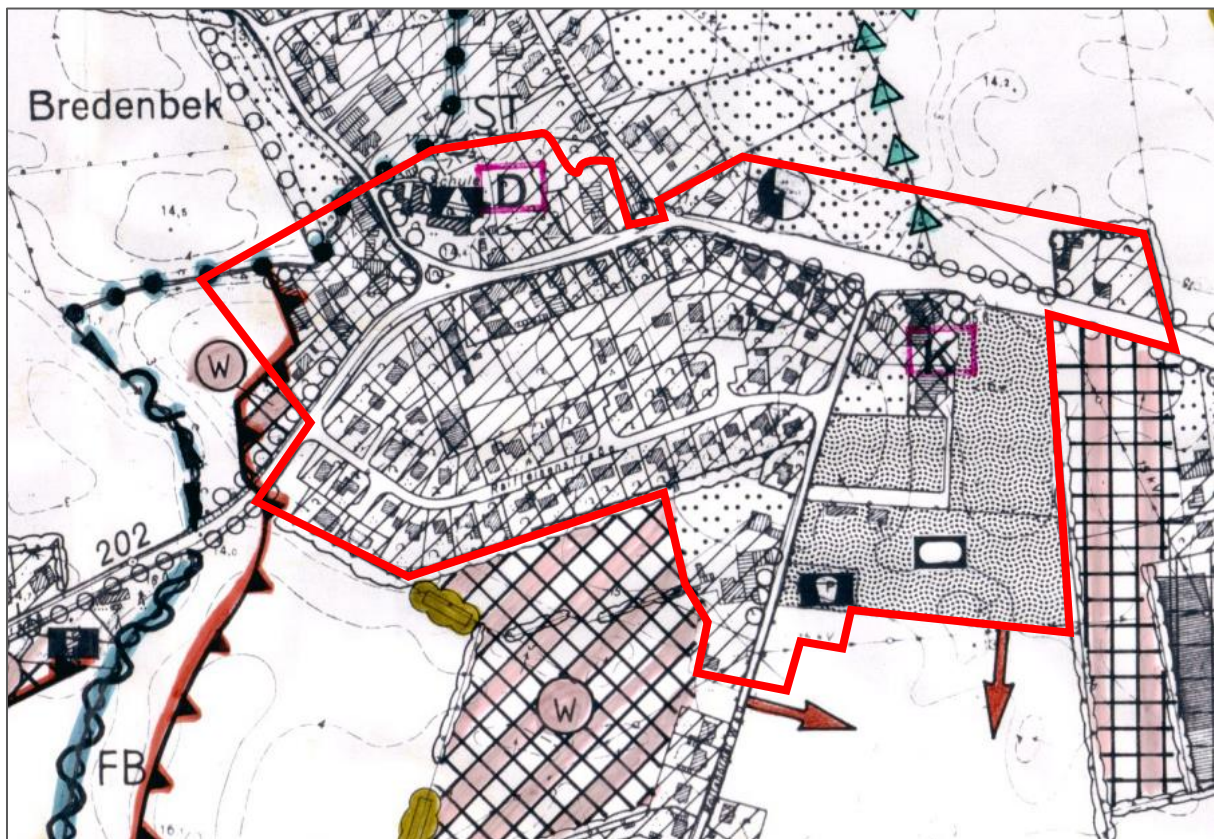


Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Landschaftsplan der Gemeinde Bredenbek (1999)

### Flächennutzungsplan

Im Flächennutzungsplan der Gemeinde Bredenbek – Neudarstellung (1998) sind die Flächen nördlich und südlich der Kieler Straße als „Gemischte Bauflächen“ dargestellt. Darüber hinaus liegen die Grundschule und der Bereich um das Walcott-Huus in „Flächen für den Gemeinbedarf“. Für die

Bebauung entlang der Raiffeisenstraße werden „Wohnbauflächen“ dargestellt. „Grünflächen“ mit der Zweckbestimmung „Sportplatz“, „Tennisplatz“, „Spielplatz“ sowie „Hausgarten, Mähwiese“ befinden sich im östlichen Teil des Quartiers.



Abbildung 4: Flächennutzungsplan der Gemeinde Bredenbek - Neudarstellung (1998)

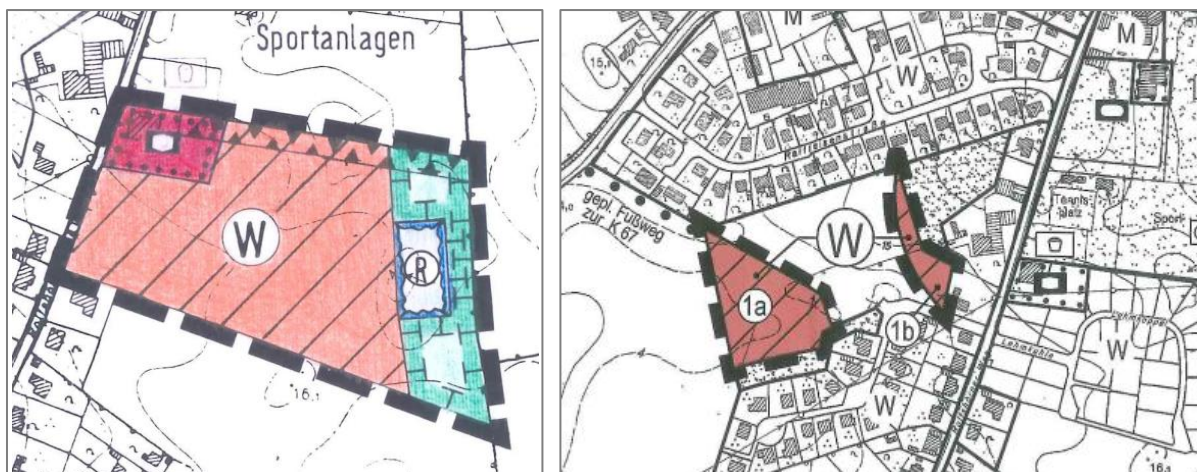


Abbildung 5: links die 3. Änderung des Flächennutzungsplanes (FNP) der Gemeinde Bredenbek und rechts die 8. Änderung des FNP

Durch die 3. Änderung des Flächennutzungsplanes der Gemeinde Bredenbek (2000) für das Gebiet südlich der Sportanlagen und östlich des Rolfshörner Weges wurden „Wohnbauflächen“, „Flächen für den Gemeinbedarf -Kindergarten-“ sowie „Umgrenzung von Flächen für Vorkehrungen zum Schutz

gegen schädliche Umwelteinwirkungen“, „Fläche für die Regelung des Wasserabflusses – Regenrückhaltebecken-“, und „Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft – Ausgleichsfläche“ dargestellt.

Die 8. Änderung des Flächennutzungsplanes der Gemeinde Bredenbek stellt „Wohnbauflächen“ dar.

## **Bebauungspläne**

Innerhalb des Quartiers „Bredenbek Zentrum“ wurden folgernde Bebauungspläne aufgestellt:

Der Bebauungsplan Nr. 3 „Am Ortskern“ (1977) und dessen 1. Änderung (1978) weisen ein allgemeines Wohngebiet entlang der Raiffeisenstraße aus. Es sind nur Einzel- und Doppelhäuser zulässig mit einer Grundflächenzahl von 0,2 und einem Vollgeschoss als Höchstgrenze.

Im Bebauungsplan Nr. 9 „Am Kindergarten“ (2000) werden neben den Flächen für den Gemeinbedarf Kindergarten-Flächen für ein allgemeines Wohngebiet mit einer GRZ von 0,25 und einem Vollgeschoss ausgewiesen. Darüber hinaus setzt der Bebauungsplan eine offene Bauweise mit Einzelhäusern fest. Zulässige Dachformen des Hauptkörpers sind nur Sattel- und (Krüppel-) Walmdächer in symmetrischer Grundform mit einer zulässigen Dachneigung des Hauptbaukörpers von 20° - 48°.

Der vorhabenbezogene Bebauungsplan Nr. 18 für das Gebiet „Dohrnscher Hof“ weist ein allgemeines Wohngebiet aus mit einer Zahl der Vollgeschosse als Höchstmaß: II.

Zwischenfazit: Aus der Betrachtung der kommunalen Satzungen und Pläne lässt sich kein Widerspruch zur Gebäudesanierung und eventuellen Montage von Solarthermie- oder Photovoltaik-Anlagen erkennen.

Beachtenswert erscheint jedoch im Hinblick auf eine erforderliche Wärmedämmung der Gebäudehüllen, die Erhaltung ortsbildprägender Klinkerfassaden (z.B. die der Schule oder des Gasthofes).

## **Ortsentwicklungskonzept**

Im Jahr 2017 wurde für Bredenbek ein Ortsentwicklungskonzept erstellt. Alle für das Quartierskonzept relevanten Aspekte des Gutachtens sind in die weiteren Betrachtungen eingeflossen. Die Zielsetzung dieses Gutachtens war der Erhalt gewachsener Strukturen und Funktionen sowie der charakteristischen Eigenart und der Lebensqualität einerseits und die nachhaltige, in die Zukunft weisende Entwicklung der ländlichen Gemeinde andererseits. Als weitere Gründe zur Erstellung wurden im Gutachten folgende genannt:

- Wettbewerbsfähigkeit stärken
- Bestehende Infrastruktur erhalten
- Endogene Ressourcen und das Leitbild der Nachhaltigkeit berücksichtigen
- Bürgerliches Engagement fördern
- Erstellung eines informellen Masterplans als Grundlage der gemeindlichen Entwicklung der nächsten Jahre

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen zwei verschiedene Karten aus dem Ortsentwicklungskonzept. Dabei zeigt Karte 1 die Innenentwicklung mit verschiedenen Grundstücksnutzungen und Karte 2 den Maßnahmenplan für verschiedene Bereiche wie Umgestaltung der Ortsmitte und Wohnungsbau.

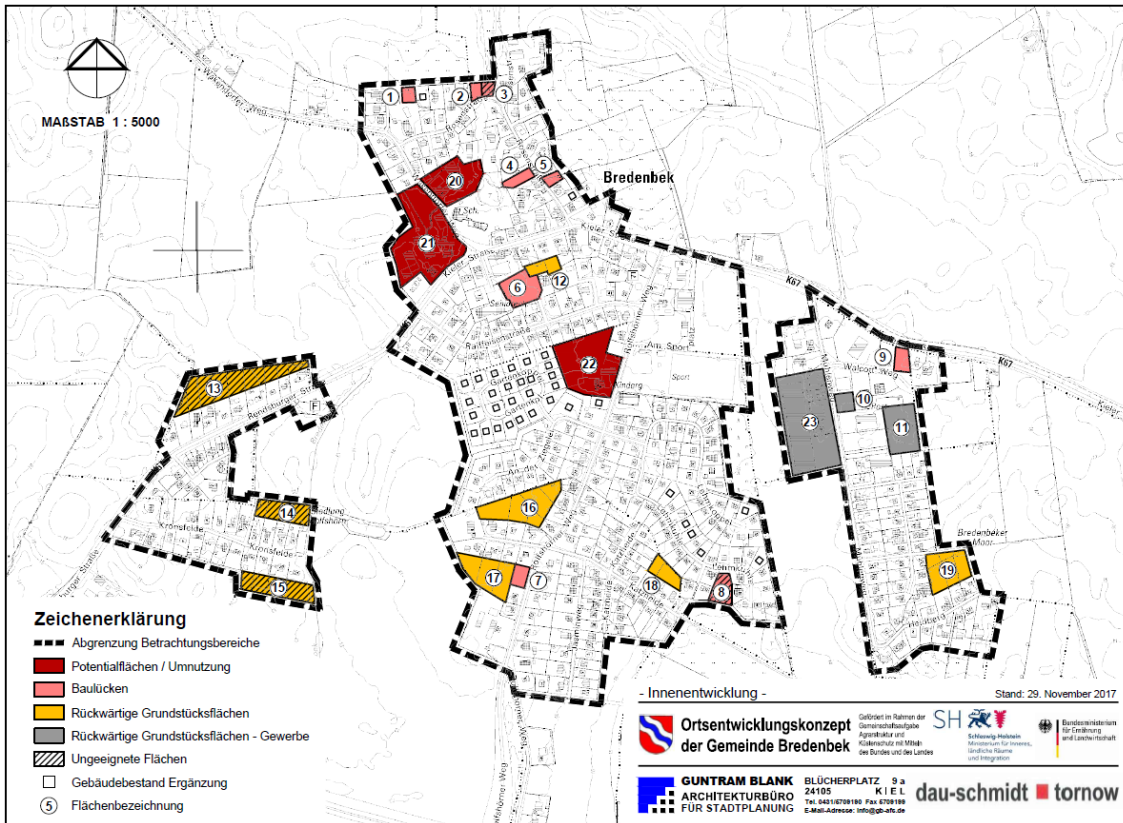


Abbildung 6: Karte 1 aus dem Ortsentwicklungskonzeptes der Gemeinde Bredenk 2017

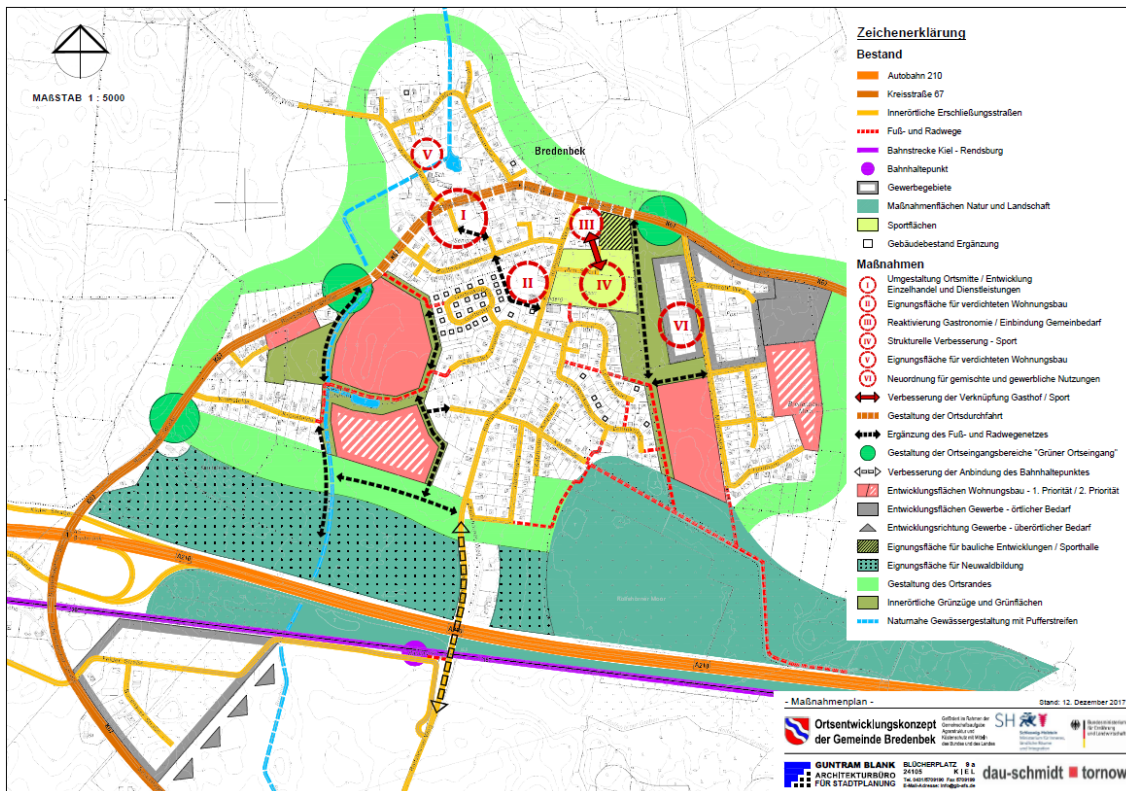


Abbildung 7: Karte 2 aus dem Ortsentwicklungskonzeptes der Gemeinde Bredenk 2017

Die Erarbeitung des Ortsentwicklungskonzeptes wurde von verschiedenen Formaten der Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie auch von Vereinen und z.B. in der Gemeinde angesiedelten Gewerbetreibenden und Dienstleistern begleitet und maßgeblich durch diese beeinflusst.

## 2.3 METHODIK UND VORGEHENSWEISE

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

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

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

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

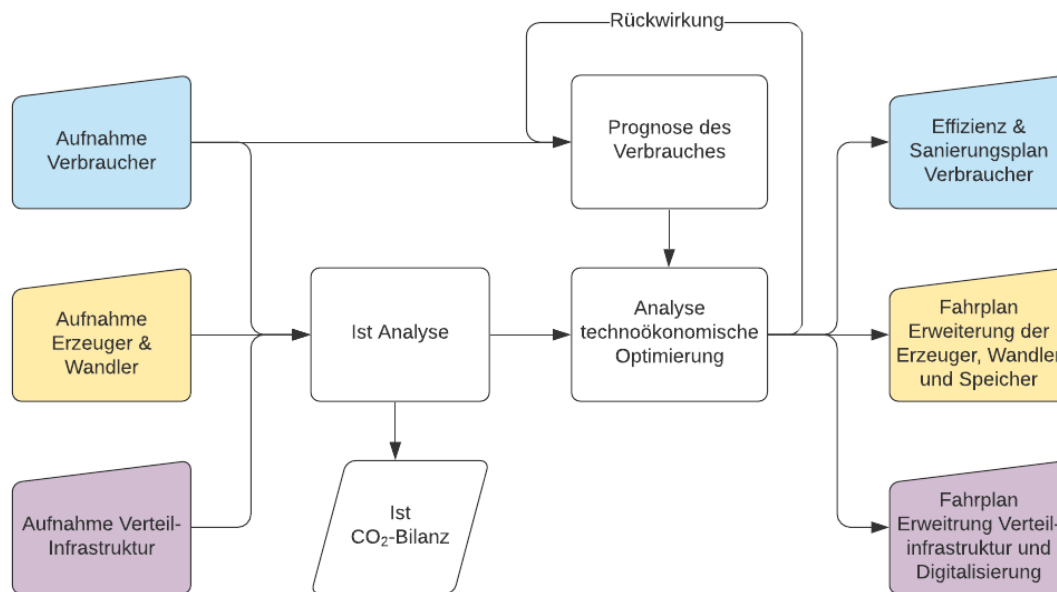


Abbildung 8: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, eigene Darstellung

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

## 2.4 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND BETEILIGUNGSPROZESS

Als Auftaktveranstaltung mit der Öffentlichkeit wurde am 05.10.2022 ein Informationsabend im Landhaus veranstaltet. Hier wurde den Bewohnerinnen und Bewohnern Bredenbeks das Quartierskonzept nähergebracht und allgemein über das Konzept informiert. Auch erste Ergebnisse der Studie wurden präsentiert. Das für die Teilnehmenden wichtigste Thema stellte ein mögliches Wärmenetz und die Frage nach einem konkreten Zeitplan für die Umsetzung, sowie Kosten für einen Anschluss an ein solches Netz dar. Das Planungsteam, ebenso wie die Vertretenden der Gemeinde mussten an dieser Stelle etwas bremsen und eine realistische Erwartungshaltung transportieren. Insgesamt war das Feedback dieser Veranstaltung positiv, mit einem Hinweis auf eine eventuell zu hohe Informationsdichte.

Eine weitere Öffentlichkeitsveranstaltung wurde am 01.03.2023 in Form eines Workshops organisiert. Hier konnten Anwohner\_innen Fragen, Anregungen und Bedenken zum Konzept und allen die Thematik betreffenden Bereiche unterbringen. Es fand ein direkter Austausch zwischen Planungsteam, Lenkungsgruppe und den Anwohner\_innen statt. Hierfür wurden alle Anwesenden in vier Gruppen aufgeteilt, welche auf vier Informationsstände verteilt wurden. Es konnte in den Austausch zu den Themen „Heizungsaustausch & energetische Gebäudesanierung“, „Fördermöglichkeiten“, „Wärmeversorgung“ und „Rund um die Studie“ gegangen werden. Nach einer vorgegebenen Zeit haben die Gruppen im Uhrzeigersinn rotiert. So hat jede Person Input von jedem Stand erhalten und hatte die Möglichkeit zu jedem Thema Fragen zu stellen.



Abbildung 9: Workshop im Landhaus am 01.03.2023

Die Abschlussveranstaltung für das Konzept fand mit der Öffentlichkeit am 03.05.2023 erneut im Landhaus statt. Auch hier war das Kernthema die Umsetzung einer möglichen zentralen Wärmeversorgung Bredenbeks. Es wurde ein konkretes Szenario der Wärmeversorgung vorgestellt, sowie für das Konzept angenommene Kosten. Die klare Kommunikation, dass es sich hierbei um Annahmen handelt, die bei einer realen Umsetzung eines Wärmenetzes variieren können, war wichtig. Weiterhin lag es der Lenkungsgruppe am Herzen neben den Ergebnissen der Studie auch auf die aktuellen politischen Entwicklungen einzugehen. Die Resonanz zu dieser Veranstaltung war in der breiten Masse positiv und wurde, wie die vorangegangenen Veranstaltungen, gut angenommen, auch wenn es vereinzelte kritische Stimmen gab.

## Umfrage

Weiterhin fand eine Umfrage während des Quartierskonzepts statt. Ziel war die Erfassung des energetischen Ist-Zustandes. Ein wichtiger Kernpunkt war die Meinungsabfrage und das Interesse an einem Fernwärmenetz in Bredenbek. Außerdem sollten Gebäudedaten, sowie Heizungsformen und Wärmeverbrauch abgefragt werden. Die Umfrage erfolgte im gesamten Quartier und wurde über Flyer durchgeführt, die durch Lenkungsgruppenmitglieder in die Briefkästen eingeworfen wurden. Der Rücklauf ergab eine Beteiligung von ca. 40 %.

## Landingpage

Die digitale Welt hat auch vor dem Quartierkonzept der Gemeinde Bredenbeks nicht haltgemacht. Auf einer eigens dafür eingerichteten Landingpage konnten sich die Bewohnenden des Quartiers über das Konzept informieren. Die Landingpage bot eine Plattform, auf der sich jeder Interessierte in die Thematik vertiefen konnte. Die Nutzenden hatten dabei die Möglichkeit, sich mithilfe des Downloadbereichs Präsentationen zu den Veranstaltungen des Quartierskonzept sowie den Fragebogen herunterzuladen.

Tabelle 2: Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine

1.	Kick-Off	02.05.2022
2.	Informations-Abend	05.10.2022
3.	Workshop	01.03.2023
4.	Abschlussveranstaltung	03.05.2023

## 3 ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION IM QUARTIER

Im folgenden Kapitel ist die energetische Ausgangssituation des Quartiers dargestellt. Hierfür wurden verschiedene Parameter, wie der Bestand der Gebäude und Heizungstechnik, Endenergieverbrauch und -erzeugung sowie eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz herangezogen und ermittelt. Zudem wurde die Vorgehensweise zur Beurteilung der Daten dargestellt.

### 3.1 DATENQUELLEN UND DATENGÜTE

Zur Beurteilung der erhobenen Daten und zur Sicherung der Transparenz für spätere, externe Bearbeitungen wurde die Datengüte der erhobenen Energieverbrauchsdaten errechnet. Diese Vorgehensweise greift die Empfehlungen für die gute fachliche Praxis für kommunale Energiebilanzen des Institutes für Energie- und Umweltforschung (ifeu) auf. Dabei wird zwischen vier Güteklassen unterschieden. Die Güteklassen sind wiederum mit Gewichtungsfaktoren belegt, welche gemeinsam mit dem Anteil am Gesamtenergieverbrauch eine Beurteilung der Aussagekraft der erhobenen Daten zulassen. In Bredenbek wurde auf Grundlage der Güteklasse A und C gearbeitet. Regionale Kenndaten sind unter anderem in die Validierung von Hochrechnungen eingeflossen. Zur Datenerhebung wurde auch mit einer Fragebogenaktion gearbeitet. Schornsteinfegerdaten standen für das Konzept nicht zur Verfügung. Der lokale Schornsteinfeger weigerte sich auch nach mehrfachen Versuchen der Moderierung Daten an die Gemeinde, die Klimaschutzagentur oder das Planungsteam herauszugeben.

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

*Tabelle 3: Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren*

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

Tabelle 4 zeigt die Bewertung der errechneten Datengüte. Diese wurde vom ifeu festgelegt, um eine Vergleichbarkeit der Qualität von Bilanzen in Quartierskonzepten zu erhalten. Eine Datengüte von 80 % und mehr stellt eine gut belastbare Bilanz dar.

*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 %	Gute belastbar
> 65 %-80 %	Belastbar
> 50 %-65 %	Relativ belastbar
bis 50 %	Bedingt belastbar



Die errechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch im Bredenbek Zentrum beträgt 81 %. Die Berechnung der Datengüte kann in Tabelle 5 nachvollzogen werden. Aus Tabelle 5 und der Bewertung aus Tabelle 4 geht hervor, dass die erstellte Energiebilanz hohen Qualitätsansprüchen entspricht und belastbar ist.

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

Daten	Quelle	Datengüte	Wertung Datengüte	Anteil am Endenergieverbrauch	Datengüte anteilig (Wertung x Anteil)
Stromverbrauch	SH Netz	A	1	17,6%	17,6%
Erdgasverbrauch	SH Netz	A	1	41,9%	41,9%
Heizölverbrauch	Umfrage	A	1	15,4%	15,4%
Heizölverbrauch	Mit GIS Daten berechnet	C	0,25	25,0%	6,3%
<b>Gesamt</b>				<b>100%</b>	<b>81%</b>

## 3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDE UND HEIZUNGSBESTAND

Der Gebäudebestand ist geprägt durch die typische Bebauung im ländlichen Raum von Schleswig-Holstein. Im Quartier stehen 93 erfasste Gebäude, davon werden 87 als beheizt angesehen (siehe Tabelle 6). Die Betrachtung des Gebäudebestands nach Baualtersklassen lässt erkennen, dass es sich bei Bredenebek um ein junges Quartier handelt, obwohl es den historischen Stadtkern miteinschließt. 20,7 % der Gebäude wurden 1990 oder später und mehr als die Hälfte (58,6 %) der Gebäude wurde zwischen 1970 und 1990 gebaut.

Tabelle 6: Gebäudebestand in Bredenebek nach Baualtersklassen

	1990 und später	1970-1990	1950-1970	bis 1950	gesamt
Anzahl Gebäude	18	51	9	9	87
	20,7 %	58,6 %	10,3 %	10,3 %	100 %

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

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

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

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts wurden 100 % der Gebäude in Bredenebek auf Basis der fossilen Energieträger Öl und Gas beheizt. Diese Gebäude benötigen 82 % des gesamten Wärmebedarfs des Quartiers Bredenebek.

Auf Grund des Fehlens der Schornsteinfegerdaten wird an dieser Stelle auf Hochrechnungen der Umfragen zurückgegriffen. Basierend auf dieser Hochrechnung kann die Aussage getroffen werden, dass 44 der primären Heizungsanlagen des Quartier Bredenebek mit Gas und 43 mit Öl betrieben werden (siehe Tabelle 8). Ca. 46 der beheizten Gebäude verfügen über eine handbeschickte Biomasse-Einzelraumfeuerungsanlagen (Kamin/Ofen) als sekundäre Quelle der Wärmebereitstellung.

Tabelle 8: Hochrechnung Heizungsbestand Quartier Bredenebek

Heizungsart	Anlagenanzahl
Öl	43
Gas	44
Wärmepumpe	0
Holz (Ofen/Kamin)	~ 46

## 3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Bredenbek Zentrum befinden sich 78 Wohnhäuser. Dies entspricht ca. 90 % des beheizten Gebäudebestands. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Bredenbek liegt mit 158 kWh/(m<sup>2</sup>a) über dem in der Studie *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklung und Trends in Deutschland 2021* des BMWi angegebenen deutschen Durchschnittswert von 129 kWh/(m<sup>2</sup>a) (siehe Tabelle 9). Die Differenz beträgt 29 kWh/(m<sup>2</sup>a) und damit 18 %. Die ermittelten Werte der jeweiligen Baualtersklassen und die erhobenen Daten zum Wärmebedarf wurden von der angegebenen Heizperiode auf das langjährige Mittel umgerechnet, um einen repräsentativen Wert für die weiteren Berechnungen zu erhalten.

Tabelle 9: Spezifischer Wärmebedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert

Datenquelle	Verbrauch [kWh/m <sup>2</sup> a]
Mittlerer spezifische Wärmebedarf private Haushalte in DE (BMWi, 2021)	129
Durchschnittswert der GIS Auswertung Bredenbek	158

## 3.2.2 NICHT-WOHNGEBÄUDE UND ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Die Nicht-Wohngebäude und öffentlichen Gebäude haben mit ca. 474 MWh/a entsprechend 17 % einen erheblichen Anteil am thermischen Energieverbrauch im Quartier Bredenbek. Diesen Energieverbrauch teilen sich 4 Adressen. Dies umfasst unter anderem die Grundschule, die Johanniter-KiTa, ein Landhaus und das Dorfgemeinschaftshaus. Die Schule nimmt hiervon den größten Anteil ein.

Im Rahmen des Quartierskonzepts wurden folgende Liegenschaften näher betrachtet:

- Schule
- KiTa
- Landhaus
- Bredenhuus

### Grundschule

Die Grundschule Bredenbek ist ein Gebäudekomplex, bestehend aus insgesamt vier beheizten Gebäudeteilen aus unterschiedlichen Baujahren; darunter eine Hausmeisterwohnung. Die Hausmeisterwohnung mit anliegendem Gebäudeteil ist das älteste Gebäude des Komplexes. Es liegt in der Baualtersklasse <1950 (um 1920). Die Erweiterungen fanden in den 1960er sowie 1970er Jahren statt. Außerdem wurde im Jahr 2005 eine Erweiterung des nordwestlichen Gebäudeteils um ein Obergeschoss fertiggestellt. Die Gebäude befinden sich teilweise in einem energetisch sanierungsbedürftigen Zustand.



Abbildung 10: Grundschule – Satellitenbild (viamichelin.de)

## **Johanniter-KiTa**

Die Kindertagesstätte in Bredenbek ist ein aus 6 Teilstücken bestehender Gebäudekomplex. Der Bestandsbau aus dem Jahr 1999 wurde 2001 und 2015 erweitert, sodass heute sechs Gruppenräume zur Verfügung stehen.



Abbildung 11: Johanniter-KiTa

## Bredenhuus

Das Bredenhuus ist ein ehemaliges Bankgebäude aus dem Jahre 1969, welches 1998 zum Bredenhuus umfunktioniert wurde. Heute dient es dem Bürgermeister als Büro und als moderner Raum für Veranstaltungen und Zusammenkünfte unterschiedlichster Art. Beheizt wird das Gebäude mit einer Gasheizung.



Abbildung 12: Bredenhuus (Quelle: Bredenbek.de)

### 3.2.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD-SEKTOR)

Im Zentrum von Bredenbek ist eine kleine Anzahl von Gewerben angesiedelt. Der Lebensmittel-Einzelhandel Edeka ist im Quartier eines der Gebäude mit dem höchsten Energiebedarf. Der Grund dafür liegt bei einer großen zu beheizenden Grundfläche, mit einem des Baualters entsprechenden energetischen Sanierungszustand, sowie dem größten Stromverbrauch im Quartier Bredenbek durch die Kühlung der Lebensmittel.



Abbildung 13: Einzelhandelsmarkt Bredenbek

## Landhaus

Das Landhaus ist eins der ältesten Gebäude in Bredenbek. Mit dem im Jahre 1959 angebauten Saal bietet es neben der gutbürgerlichen Verköstigung auch die Möglichkeit für Events aller Art. Eine Erweiterung des Essbereiches geschah durch den Anbau einer Veranda im Jahr 1993. Zusätzlich wurde das Dachgeschoss 2006 um eine Dachgaube auf der Südseite ergänzt. Neben dem Landhaus befinden sich auf dem Grundstück eine Garage und ein Stallgebäude. Im ersten Stock des Gebäudes befindet sich eine Wohneinheit. Geheizt wird im Landhaus mit einer über 40 Jahre alten Ölfeuerungsanlage.



Abbildung 14: Landhaus Bredenbek

## 3.3 BESTANDSAUFNAHME: ENDENERGIEVERBRAUCH

Grundlage für die Simulation und Optimierung des Quartiers als einheitliches Energiekonzept, also die Wärme- und Stromversorgung der Gemeinde, bilden die ermittelten Daten aus der Bestandsaufnahme für Wohngebäude, Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften sowie für den GHD-Sektor (siehe Kapitel 3.2). Das folgende Kapitel wird die Generierung der Wärme- und Stromlastgänge des Quartier Bredenbeks, die sowohl für die stündlich aufgelösten Simulationen als auch für die Trassendimensionierung des Wärmenetzes gebraucht werden, erläutern.

### 3.3.1 QUARTIERSLASTPROFILE WÄRME

Grundlage für das Quartierslastprofil Wärme bildet die ermittelte Wärmemenge, die jährlich in der gesamten Kerngemeinde benötigt wird. Diese setzt sich aus den unterschiedlichen Liegenschaften zusammen und beträgt in Summe ca. 2.800 MWh/a.

Tabelle 10: Wärmebedarf nach Liegenschaften Bredenbek

Liegenschaft	Wärmebedarf	Lastprofil
Wohngebäude	2.062 MWh/a	EFH/MFH
Bredenuus	24 MWh/a	GKO
Grundschule	209 MWh/a	GKO
KiTa	79 MWh/a	GKO
Sporthalle	120 MWh/a	GKO
Sportverein	23 MWh/a	GKO
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Sonstige	297 MWh/a	GHD
<b>Summe Bredenbek</b>	<b>2.814 MWh/a</b>	

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

- EFH: Einfamilienhaus
- MFH: Mehrfamilienhaus
- GKO: Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen sowie Organisationen ohne Erwerbszweck, öffentliche Einrichtungen
- GHD: Summenlastprofil Gewerbe/Handel/Dienstleistungen

Die Zuordnung der Lastprofile zu den entsprechenden Liegenschaften erfolgt auf Grundlage einer Empfehlung des Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW, 2006) und ist zusammen mit der dazugehörigen Wärmemenge in Tabelle 10 aufgeführt. Es ergibt sich der in Abbildung 15 dargestellte Wärmelastgang für das Quartier. Dieser Lastgang stellt den gesamten Wärmebedarf des Quartiers Bredenbek Zentrum dar. Abbildung 15 zeigt darüber hinaus, dass das Quartier eine Spitzenlast im Winter von ca. 940 kW hat.

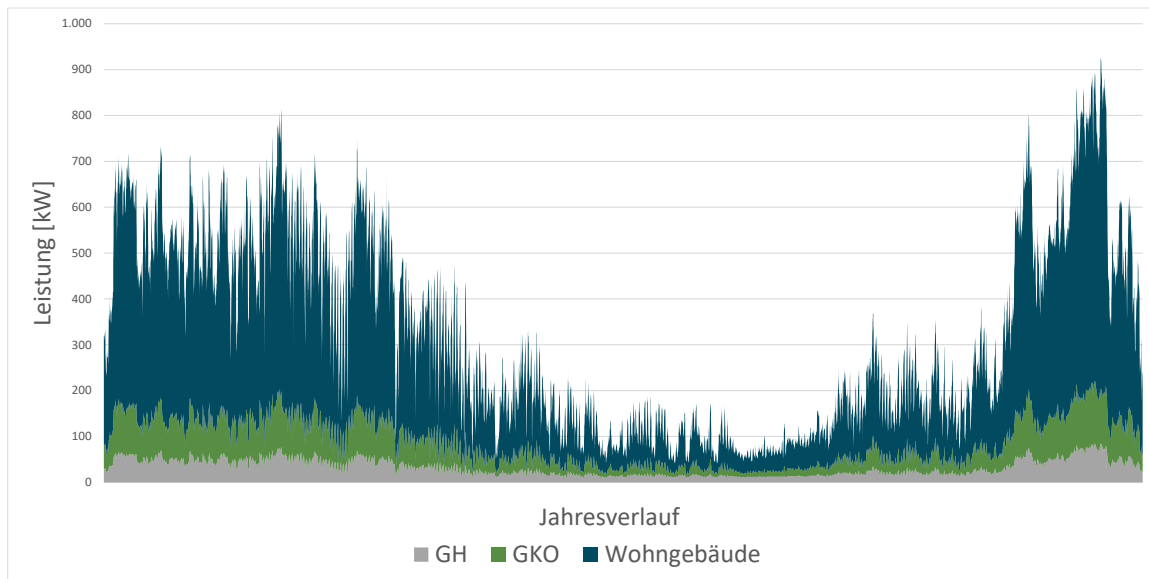


Abbildung 15: Wärmelastgang Bredenbek Zentrum

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

### 3.3.2 QUARTIERSLASTPROFIL STROM

Analog zum Quartierslastprofil Wärme wird das Stromprofil über die ermittelte Strommenge aus der Bestandsaufnahme in Kapitel 3.2 und die Standardlastprofile Strom des VDEW (VDEW, 1999) berechnet. Der Strombedarf Bredenbek ist mit ca. 600 MWh/a ermittelt worden und verteilt sich auf die bereits in Kapitel 3.3.1 gezeigten Liegenschaften.

Tabelle 11: Strombedarf nach Liegenschaften

Liegenschaft	Strombedarf	Lastprofil
Wohngebäude	305.000 kWh/a	H0
Bredenuus	4.000 kWh/a	G2
Grundschule	6.000 kWh/a	G1
KiTa	24.000 kWh/a	G1
Pumpstation	71.000 kWh/a	G3
Sporthalle	1.000 kWh/a	G1
Sportverein	2.000 kWh/a	G3
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Sonstige	188.000 kWh/a	G0, G2, G3
<b>Summe</b>	<b>601.000 kWh/a</b>	

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

- H0: Haushalt
- G0: Gewerbe allgemein
- G1: Gewerbe werktags 8 - 18 Uhr
- G2: Gewerbe Verbrauch Abend
- G3: Gewerbe durchlaufend



Die Zuordnung der Lastprofile erfolgt in die Kategorien „Wohngebäude“, „Nichtwohngebäude“, welche Gebäude der Gemeinde enthalten, und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Sonstige (GHD)“. Der berechnete Stromlastgang kann Abbildung 16 entnommen werden. Die berechnete maximale Leistung beträgt ca. 100 kW, die minimale Leistung 33 kW.

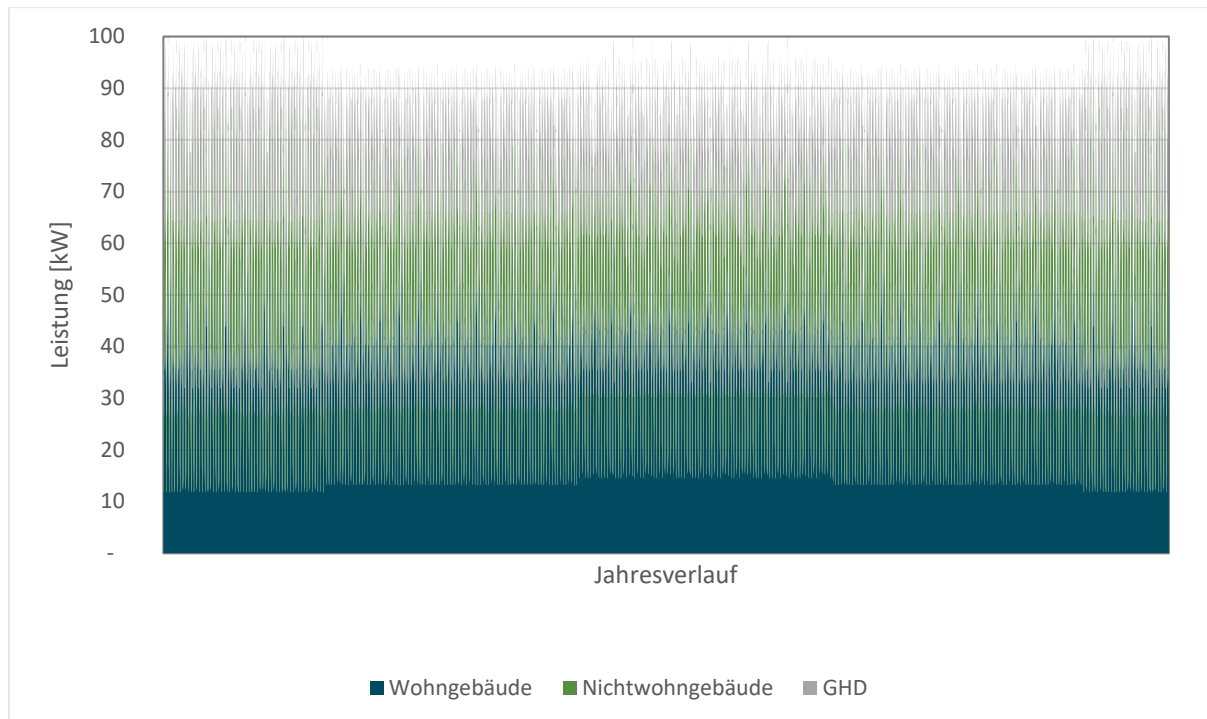


Abbildung 16: Stromlastgang Bredenbek

### 3.3.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gibt es zum 01. Januar 2022 1.055 zugelassene Personenkraftwagen in der Gemeinde Bredenbek, wovon sich 45 PKW im Besitz gewerblicher Halter befinden. Darüber hinaus werden 149 Krafträder, aber keine Lastkraftwagen gelistet. Aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft werden zusätzlich 58 Zugmaschinen aufgeführt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022).

Bei den PKW handelt es sich fast ausschließlich um Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Für den Landkreis Rendsburg-Eckernförde wird vom KBA angegeben, dass der Anteil der batterieelektrischen Fahrzeuge bei 1,9 % liegt – bei Hybridfahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybrid) sind es 2,9 %. Werden die Daten des KBA auf die Zulassungszahlen der Gemeinde runtergerechnet, ergibt sich die folgende Fahrzeugverteilung (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022):

Tabelle 12: Personenkraftwagen der Gemeinde Bredenbek nach Brennstofftyp

Fahrzeugtyp	Anzahl	%-Anteil
Benzin	606	57,4
Diesel	391	37,1
Gas	7	0,7
Hybrid	31	2,9
Elektrisch	20	1,9

Eine ausführlichere Betrachtung der Mobilität, entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen und mögliche Szenarien, wie sich die Mobilität in Zukunft entwickeln kann, erfolgt in Abschnitt 4.6.

Bredenbek ist mittels Busverkehr an das Schienennetz der Deutschen Bahn angebunden. Die Buslinien 763, 764 und 766 verkehren zwischen der Ortslage Bredenbek und dem südlich liegenden Bahnhof von Bredenbek. Es werden je nach Buslinie die Haltestellen Bredenbek Grundschule oder Bredenbek Dorf angefahren. Es fährt durchschnittlich zweimal pro Stunde ein Bus in Richtung Bahnhof. Die Busse benötigen zwischen 4 min und 7 min für die Strecke.

Vom Bahnhof Bredenbek gelangt man mit dem Zug zum Kieler Hauptbahnhof oder in Richtung Rendsburg.

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

Dieser Abschnitt enthält die Gesamtenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Quartiers. Zur besseren Veranschaulichung wurde die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Quartiers in zwei Einzelbilanzen für Strom und Wärmeverbrauch aufgeteilt. Erwartungsgemäß entfällt der Großteil des Endenergieverbrauches und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf den Wärmeverbrauch.

Tabelle 13: Vereinfachte Gesamtenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz.

	Endenergie- bilanz Wärme [MWh]	Endenergie- bilanz Strom [MWh]	CO <sub>2</sub> -Bilanz Wärme [t/a]	CO <sub>2</sub> -Bilanz Strom [t/a]	Gesamt CO <sub>2</sub> -Bilanz [t CO <sub>2</sub> /a]
<b>Bredenbek Zentrum</b> 93 Gebäude	2.814	600	674	336	<b>1010</b>

### VERWENDETE EMISSIONSFAKTOREN

Tabelle 14: Verwendete CO<sub>2</sub>-Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)

Energiequelle	Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> /kWh]	Primärenergie- faktor
Heizöl	0,310	1,1
Erdgas	0,240	1,1
Holz	0,020	0,2
Biogas	0,140	1,1
Strommix Deutschland	0,560	1,8

#### 3.4.1 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-BILANZ WÄRME

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärme wurde mit Hilfe von Bezugsdaten der SH-Netz, regionalen Kennwerten sowie Ergebnissen einer Umfrage erstellt. Durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), welche vom Kreis Rendsburg-Eckernförder zur Verfügung gestellt wurden, konnte die Bilanz in einem Bereich ergänzt und in einem anderen validiert werden. Diese Daten liefern Informationen über die Grundfläche von Gebäuden und deren Höhe. In der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein stehen Daten über typische Wärmeverbräuche pro Quadratmeter und Jahr für die unterschiedlichen Baualtersklassen der Gebäude. Somit konnten Berechnungen für die einzelnen Gebäude gemacht werden. Zur weiteren Detailschärfung wurde mit

Hilfe von Wurfsondungen eine Umfrage im Quartier durchgeführt. Der Rücklauf war mit ca. 40 % außerordentlich erfolgreich, sodass die erhobenen Daten zur weiteren Detailschärfung beitragen konnten.

Abbildung 17 zeigt den Wärmeetlas des Quartiers Bredenbek Zentrum. Hier wird der jährliche Wärmebedarf aller beheizten Gebäude des Quartiers, unterteilt in verschiedene absolute Bedarfsmengen, aufgezeigt. Dabei sind Gebäude, die einen geringen Bedarf von weniger als 15 MWh pro Jahr aufweisen, gelb markiert. Mit steigendem Bedarf entwickelt sich die Farbe über Orange zu Rot, mit einem maximalen Wärmebedarf von 90-250 MWh pro Jahr. Da hier absolute Zahlen dargestellt sind, lässt sich keine Aussage über die Effizienz der Gebäude tätigen.

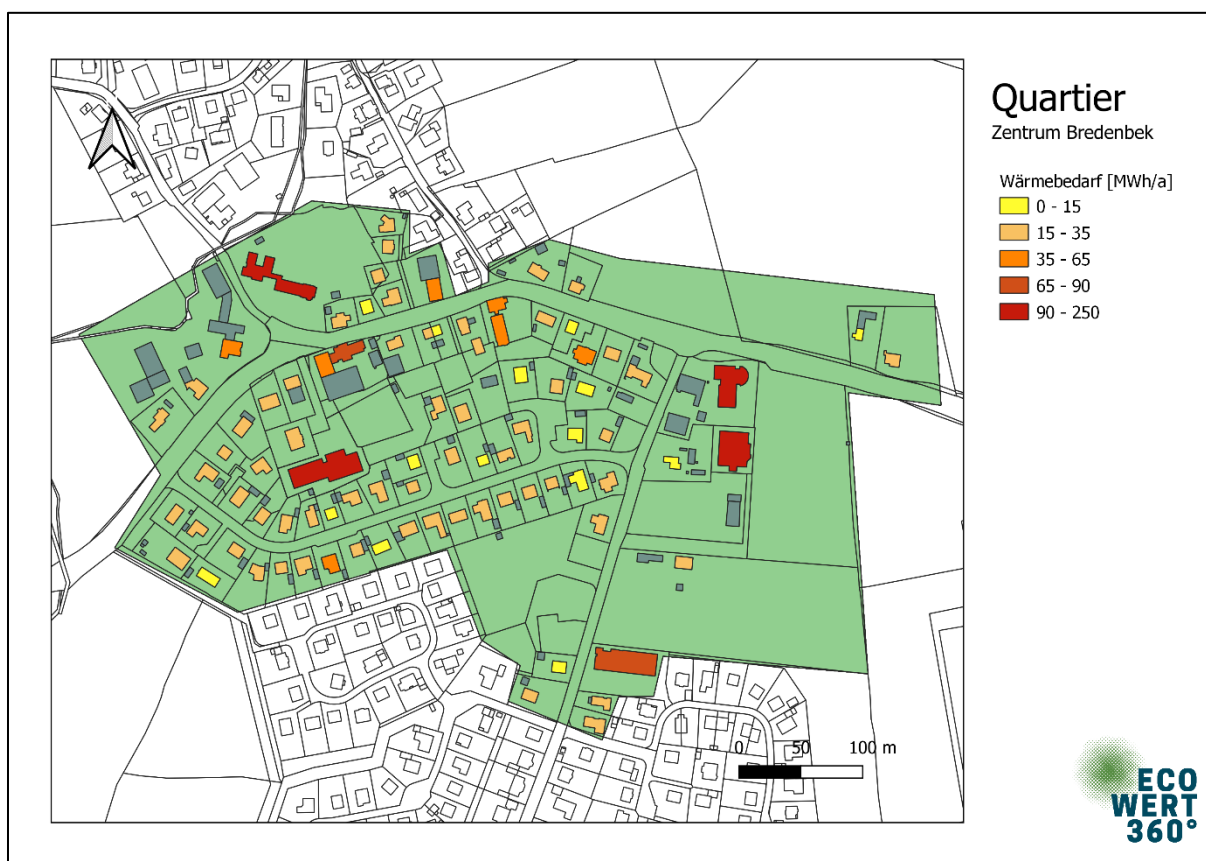


Abbildung 17: Wärmeetlas Quartier Zentrum Bredenbek

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärme schlüsselt sich in die Verbrauchstypen Gewerbe, Nichtwohngebäude, öffentliche Gebäude und Wohngebäude auf. Den größten Anteil des Wärmeverbrauchs haben die Wohngebäude mit 73 %. Als ein Gebäude mit dem größten Wärmebedarf wurde die Grundschule Bredenbek identifiziert.

Tabelle 15: Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen.

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch Wärme [MWh/a]	Endenergieverbrauch Wärme [%]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [t]
Gewerbe	277	10	80
Nichtwohngebäude	43	2	10
Öffentliche Gebäude	432	15	104
Wohngebäude	2.062	73	573
<b>Summe</b>	<b>2.814</b>	<b>100</b>	<b>767</b>

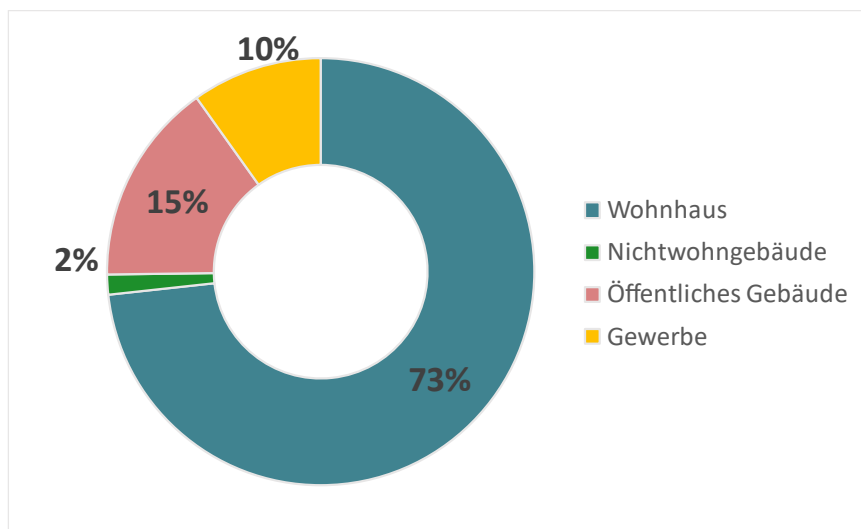


Abbildung 18: Wärmebilanz Bredenbek Zentrum

Das Gasnetz im Quartier Bredenbek ist gut ausgebaut. Beinahe jedes Gebäude, welches einen Zugang zum Gasnetz wünscht, kann diesen erhalten. 51 % der im Quartier Bredenbek produzierten Wärme wird mit Gas und 49 % mit Heizöl erzeugt (siehe Tabelle 16).

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wärmeerzeugung teilt sich zu 55,5 % auf die Wärmeerzeugung mit Heizöl und zu 44,5 % auf die Erzeugung mit Erdgas auf. Die Anteile von Strom und Holz am CO<sub>2</sub>-Ausstoß Bredenbeks wurden bei der Wärmeerzeugung nicht betrachtet.

Tabelle 16: CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen

Verbrauchstyp	CO <sub>2</sub> -Ausstoß Wärme [t CO <sub>2</sub> /a]	[%]	Endenergieverbrauch Wärme [MWh/a]	[%]
Heizöl	428	55,5	1.382	49,1
Erdgas	344	44,5	1.432	50,9
<b>Summe</b>	<b>765</b>	<b>100</b>	<b>2.814</b>	<b>100</b>

### 3.4.2 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-BILANZ STROM

Die Bezugsdaten des Quartier Bredenbek Zentrum wurden vom Netzbetreiber (SH-Netz AG) zur Verfügung gestellt. Einzelne Gewerbe und öffentliche Liegenschaften haben Auskunft über ihren jeweiligen Stromverbrauch gegeben.

Bei der Validierung der Daten wurde ein Fehler in den Daten der SH-Netz identifiziert. Der Strombezug der Pumpstation und der KiTa übersteigen zusammengezählt (Verbrauchsdaten vom Amt zur Verfügung gestellt) den Wert, welcher durch die SH-Netz für den Rolfshörner Weg zur Verfügung gestellt wurde. Auch auf mehrfache Nachfragen wurde der Fehler auf Seiten der SH-Netz nicht korrigiert. Es wird in der Studie mit diesem fehlerhaften Wert weiter gerechnet. Es muss davon ausgegangen werden, dass der Strombedarf in der Realität um angenommene 60.000 kWh/a höher ist.

Analog zu Tabelle 15 zeigt Tabelle 17 die Endenergiebilanz der Stromversorgung. Auch hier nimmt der Anteil der Wohngebäude den größten Teil von 51 % ein (siehe Abbildung 19). Der GHD-Sektor hat einen Anteil von 31 %.

Tabelle 17: Endenergiebilanz der Stromversorgung

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch Strom [kWh]	Endenergieverbrauch Strom [%]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg]
Gewerbe	187.786	31	105.160
Nichtwohngebäude	108.052	18	60.509
Wohngebäude	304.719	51	170.643
<b>Summe</b>	<b>600.557</b>	<b>100</b>	<b>336.312</b>

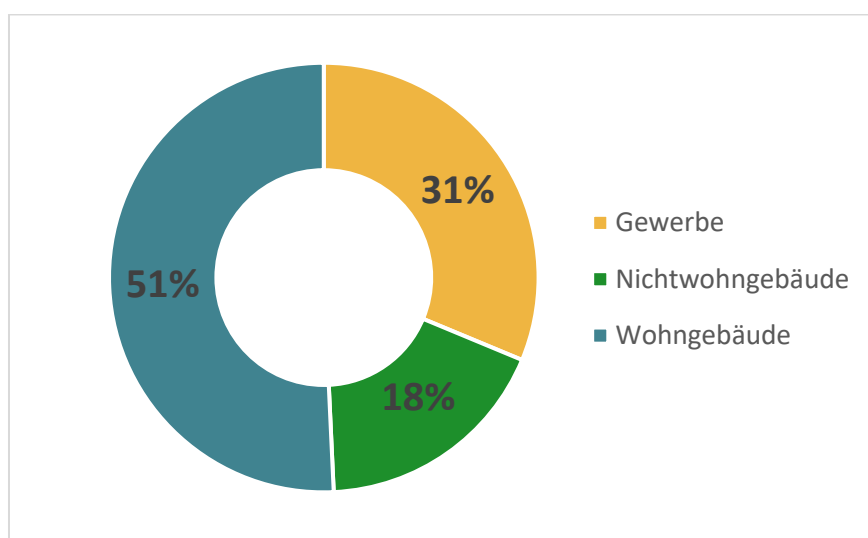


Abbildung 19: Strombilanz Bredenbek Zentrum

Tabelle 18 stellt die Regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet Bredenbek dar. Diese setzt sich aus der energetischen Verwertung von Biomasse und Photovoltaikstrom zusammen.

Im Süden des Quartiers steht eine Biogasanlage mit einer Leistung von 500 kW<sub>el</sub>. Im Norden des Quartiers, außerhalb der Gemeindegrenzen, befindet sich eine weitere Biogasanlage mit einer Leistung von 250 kW<sub>el</sub>. Diese ist nicht in diese Bilanzierung eingeflossen und wird hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Der Großteil des auf dem Gemeindegebiet Bredenbek regenerativ erzeugten Stroms wird durch PV-Dachanlagen auf privaten Gebäuden erzeugt. Eine sich zur Erstellung dieses Berichts im Bau befindende 14 MW Freiflächenanlage wird voraussichtlich 2023 in betrieb genommen.

Tabelle 18: Regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet Bredenbek

	Bruttoleistung [kW]	Nettoleistung [kW]
Biomasse	500	500
Solare Strahlungsenergie	1.568	1.253
<b>Summe</b>	<b>2.318</b>	<b>2.003</b>

## 4 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-MINDERUNGSPOTENZIALE

Der folgende Abschnitt setzt sich mit den Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzialen auseinander. Unter anderem werden hier die Themenfelder Potenzial für erneuerbare Elektrische Energien, Potenzial erneuerbarer thermischer Energien und Minderungspotenzial durch die Gebäudesanierung behandelt. Ein besonderer Fokus liegt zudem auf der zentralen Wärmeversorgung des Quartiers Bredenbek.

### 4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

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

#### 4.1.1 WIND

Im Bereich Bredenbek weht der Wind hauptsächlich aus westlicher und südwestlicher Richtung. Die Gemeinde Haßmoor liegt im Südwesten, während die umliegenden Gebiete größtenteils landwirtschaftlich genutzt werden und nur wenige Waldgebiete aufweisen. Diese Bedingungen schaffen gute Voraussetzungen für die Errichtung von Windkraftanlagen.

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

Der Kreis Rendsburg-Eckernförde und damit die Gemeinde Bredenbek wird in der Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II aufgeführt. Diese ist im Gesetz- und Verordnungsblatt vom 31. Dezember 2020 in Kraft getreten (Ministerium für Inneres I. R., 2022). Aus den Datenblättern *Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde* geht hervor, dass die Gemeinden Bredenbek und Haßmoor über zwei Gebiete zur Windenergienutzung verfügen, welche größtenteils als Vorranggebiet ausgewiesen sind. Abbildung 20 ist den Datenblätter *Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde* entnommen und zeigt das erste Gebiet, von welchem ca. 85,7 der gesamten 93 ha als Vorranggebiet ausgewiesen sind. Für diese Fläche sind 7 WKA mit einer jeweiligen Leistung von ca. 5 MW in Planung. Die genaue Leistung und das Datum der Fertigstellung können erst nach weiter Abstimmung mit der Bundeswehr festgelegt werden. Der Baubeginn wird frühestens 2026 möglich sein.

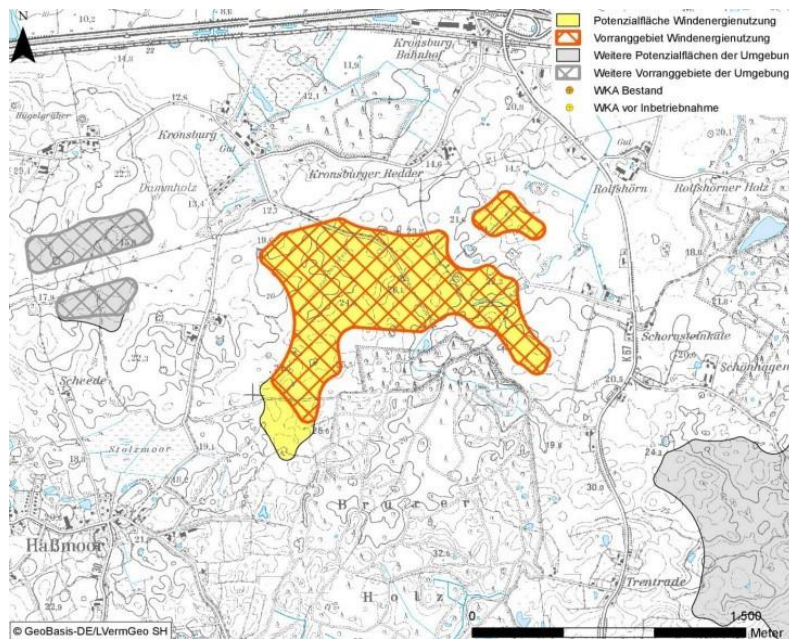


Abbildung 20: Windpotenzialfläche und -vorranggebiete Bredenbek und Haßmoor  
(Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde)

Die Windpotenzialflächen bzw. Vorranggebiete des zweiten Gebiets können Abbildung 21 entnommen werden. Nach dem Beschluss im Dezember 2020 wurde das südwestliche Teilstück nicht als Vorranggebiet übernommen. Grund für die Entscheidung ist die Ausweitung des Abstandsbereiches um die Ortslage Haßmoor. Aufgrund der in diesem Bereich fehlenden Windenergienutzung wird dem Freihalteinteresse ein höheres Gewicht eingeräumt. Das nordwestliche Teilstück wird hinsichtlich der Wertigkeit und der Konzentration von Hügelgräbern ebenso nicht als Vorranggebiet deklariert. Die Größe des Vorranggebietes in den verbleibenden Teilstücken beträgt ca. 19,8 der ursprünglichen 53,8 ha. Auf diesen Flächen sind 3 WKA mit einer Leistung ca. 5 MW in Planung. Aussagen zu der genauen Leistung sowie der voraussichtlichen Dauer des Genehmigungsverfahrens können analog zu dem vorherigen Gebiet noch nicht getätigt werden.

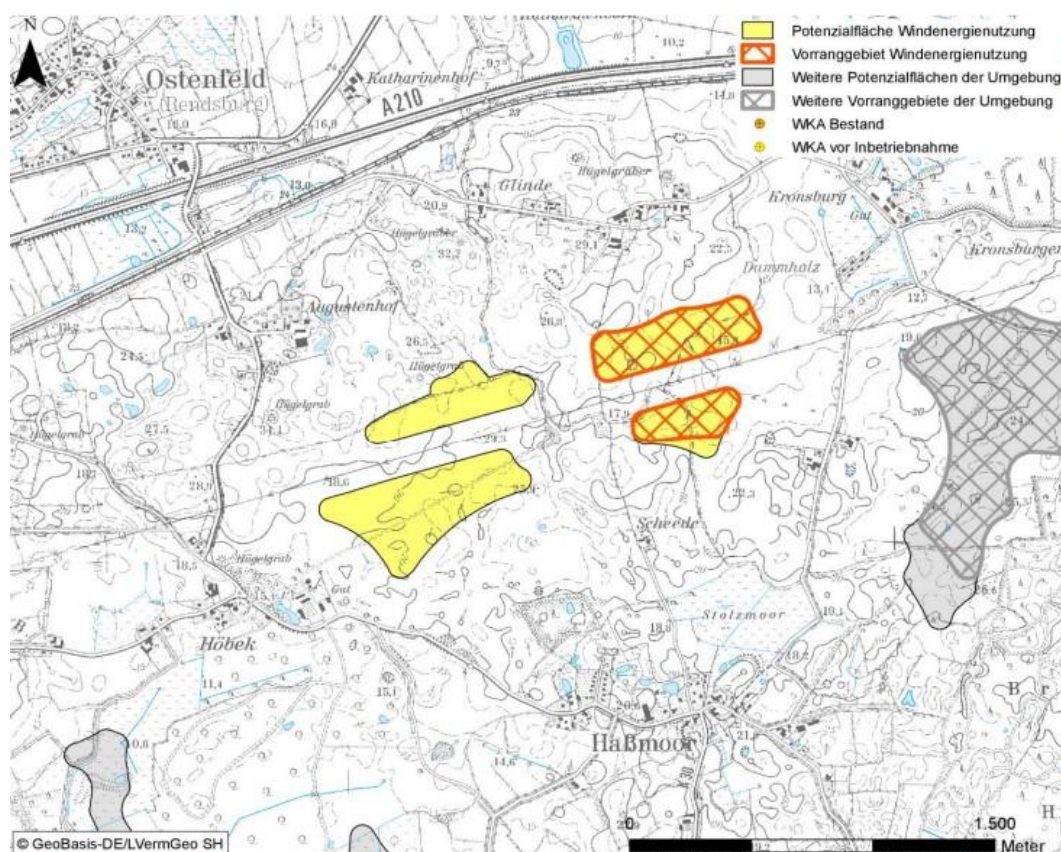


Abbildung 21: Windpotenzialfläche und -vorranggebiete Bredenbek und Haßmoor (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde)

Die Verlegung einer Stromdirektleitung in das Quartier ist aus den dargestellten Windvorranggebieten planungsrechtlich und wirtschaftlich nicht darstellbar, da die Notwendigkeit zur Unterquerung der Autobahn 210 und einer Bahntrasse besteht.

Außerhalb der Gemeinde und nördlich des Quartiers befindet sich in einer Entfernung von ca. 2,5 km der Windpark Osterrade. Dieser ist auf Abbildung 22 zu erkennen und umfasst 13 WKA mit einer Gesamtleistung von 26 MW. Laut Marktstammdatenregister befindet sich eine der Anlagen seit 2011 und zwei seit 2012 in Betrieb. Da eine Stromdirektleitung aus diesem Windpark in das Quartier nach Auslauf der EEG-Vergütung eine sinnvolle Option für die mögliche Stromversorgung des Quartiers darstellen kann, ist eine weitere Betrachtung dieser Versorgungslösung zu gegebener Zeit zu empfehlen.





Abbildung 22: Entfernung Windpark Osterrade 3 zur Kerngemeinde (viamichelin.de)

Wird die Integration von neuen Windkraftanlagen in ein Energieversorgungskonzept angestrebt, so ist über die rechtlichen Rahmenbedingungen hinaus der zeitliche Horizont zu beachten: Ein Zeitraum von 5 bis 7 Jahren entspricht dem heutigen Stand, wenn der gesamte Umsetzungsprozess inklusive Planung, Genehmigungsverfahren und Inbetriebnahme berücksichtigt werden soll.

#### 4.1.2 PHOTOVOLTAIK

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

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

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

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

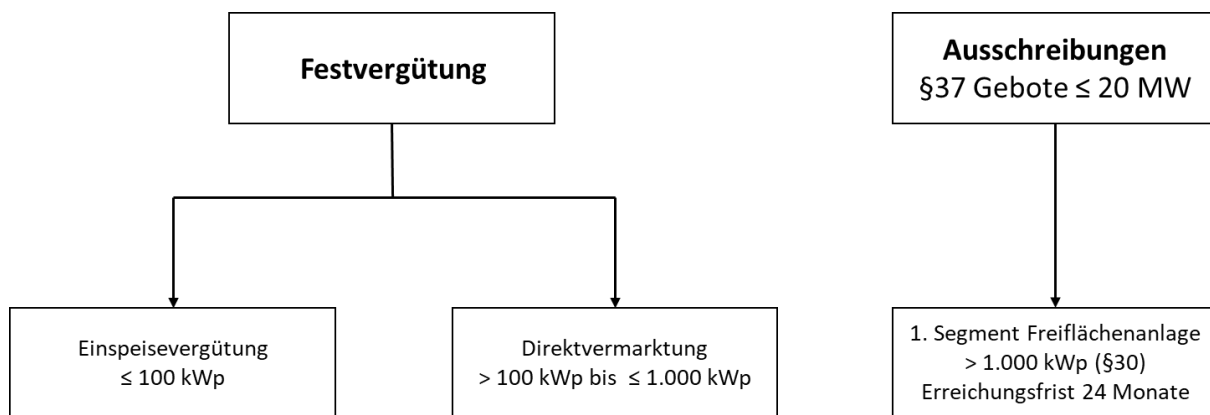


Abbildung 23: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022)

Nach Abbildung 23 ist die Vergütung nach dem EEG abhängig von der Anlagengröße. Kleinere Anlagen bis 1.000 kWp Nennleistung müssen nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen, sondern erhalten eine feste Einspeisevergütung (Anlagen bis 100 kWp) bzw. einen anzulegenden Wert über die Direktvermarktung (ab 100 kWp) (Ministerium für Umwelt, 2019).

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

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

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

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

Tabelle 19: Vergütungssätze für PV-Dachanlagen

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

In diesem Zusammenhang sind unter Teileinspeisungs-Anlagen solche zu verstehen, die zunächst den Eigenstrombedarf decken und ausschließlich überschüssigen Strom ins Stromnetz einspeisen. Demgegenüber sind Volleinspeisungs-Anlagen, die keinen Eigenverbrauch decken, sondern den

gesamten erzeugten Strom direkt ins Stromnetz einspeisen. Es ist möglich eine Teil- und eine Volleinspeise-Anlage auf dem Dach zu betreiben.

Für Freiflächenanlagen gilt es, eine möglichst große und zusammenhängende Fläche zu nutzen. Grund dafür sind die ansonsten aufwändige Infrastruktur und der Materialmehraufwand (Kleinertz, 2019). Abbildung 24 stellt die spezifischen Kosten einer Photovoltaikanlage in Abhängigkeit von der Anlagengröße dar. Anhand dieser ist zu erkennen, dass die spezifischen Kosten mit zunehmender Anlagengröße sinken.

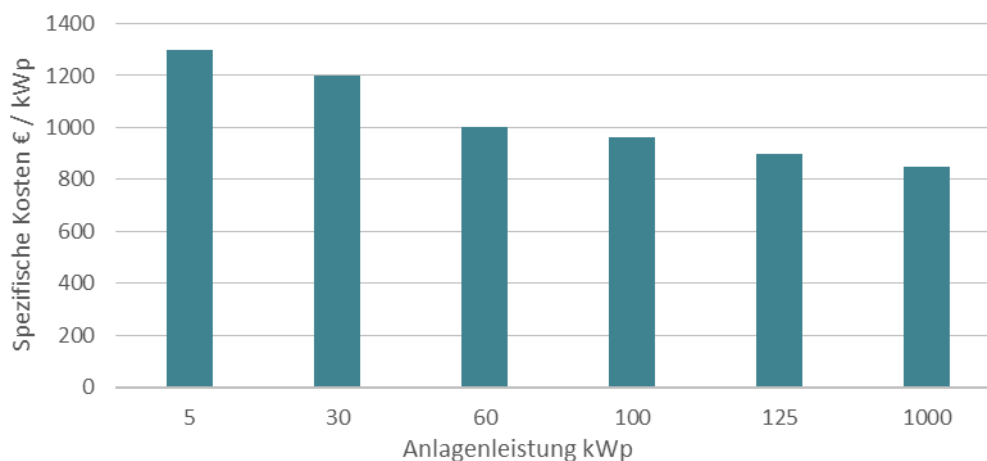


Abbildung 24: Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße, eigene Darstellung

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

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

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

Das Ertragspotenzial von PV-Anlagen wird über die standortspezifische Einstrahlung abgeschätzt. Für die Gemeinde Bredenbek ist über die vergangenen Jahre eine horizontale Globalstrahlung von jährlich

953 kWh/m<sup>2</sup> ermittelt worden (Meteonorm, 2023). Dies entspricht annähernd dem Durchschnittswert von 1.000 kWh/m<sup>2</sup> für Deutschland (solarwatt, 2022).

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

Das Potenzial einer Installation von Photovoltaik auf den Dächern des Walcott-Huus, der Sporthalle (vgl. Abschnitt 4.1.2.1), des Bredenhuus und der KiTa beläuft sich bei einer bedarfsgerechten Auslegung der jeweiligen Liegenschaft auf insgesamt ca. 160 kW<sub>p</sub>. Bei dieser Betrachtung sind die Dächer des Bredenhuus und der KiTa nicht voll belegt, sondern auf einen hohen Eigenverbrauch ausgelegt. Bei einer Vollbelegung wäre ein Potenzial von ca. 250 kW<sub>p</sub> vorhanden.

Südlich der Kerngemeinde befindet sich die Autobahn 210. Diese bietet die Möglichkeit Streifen von 500 m Breite beiderseits von Autobahnen für Solarenergie zu nutzen und dafür eine Vergütung durch das EEG zu erhalten. Abbildung 25 zeigt zwei Projekte von PV-Freiflächenanlagen in Bredenbek. Nördlich der Autobahn befindet sich eine Freiflächenanlage in Planung mit einer Leistung von ca. 7 MW, für welche eine Direktversorgungsleitung in Frage kommt. Südlich der Autobahn befindet sich eine Anlage mit einer Leistung von 14 MW in der Umsetzung.



Abbildung 25: PV-Freiflächenprojekte (viamicelin.de)

Die vorgegebene Mindestflächenbelegung für erneuerbare Energie erfüllt die Gemeinde bereits um ein Vielfaches, weshalb eine weitere Bebauung von Freiflächen vorerst nicht zu erwarten und von Seiten der Gemeinde nicht gewünscht ist.

Abbildung 26 zeigt eine Simulation der täglichen Stromproduktion der sich im Gemeindegebiet befindenden PV-Dachanlagen. Diese wurde auf Grundlage von Wetterdaten aus dem Jahr 2019 und der im Gemeindegebiet vorhandenen installierten Leistung (BNetzA, 2023) erstellt.

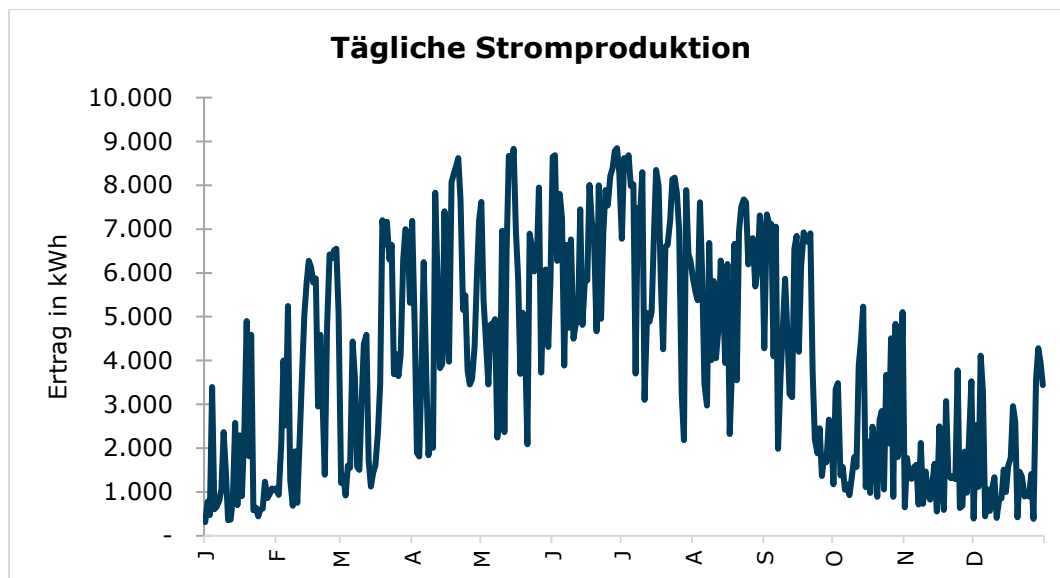


Abbildung 26: Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet

#### 4.1.2.1 Walcott-Huus & Sporthalle

Im Rahmen des Quartierskonzeptes sollte das Potenzial der Sporthalle für eine Belegung mit PV geprüft werden. Diese wurde um die Prüfung einer Belegung des Walcott-Huuses, bei dem es sich um einen großen Unterstand für Veranstaltungen handelt, ergänzt. Die Prüfung hat ergeben, dass auf die Sporthalle **200 Module** mit einer Gesamtleistung von **75 kW<sub>p</sub>** und auf das Walcott-Huus **168 Module** mit einer Gesamtleistung von **63 kW<sub>p</sub>** platziert werden können. Dies entspricht einer Leistung von insgesamt **138 kW<sub>p</sub>**. Mit diesen Anlagen könnte ein jährlicher solarer Ertrag von ca. **115.000 kWh** erreicht werden. Abbildung 27 zeigt eine Ansicht der Modulauslegung für die beiden Gebäude. Oben im Bild ist die Sporthalle zu sehen, unten das Walcott-Huus.



Abbildung 27: Ansicht der Modulauslegung Walcotthuus & Sporthalle

Die gezeigte Anlage könnte u.a. das Pumpenhaus versorgen, welches einen Strombedarf von ca. 70.000 kWh/a hat. Dies ließe sich durch eine Direktleitung (siehe Abbildung 28) einfach darstellen, da in diesem Bereich eine Stromleitung im Besitz der Gemeinde vorhanden ist. Die genaue Solare Deckung sollte bei einer Umsetzung geprüft werden.

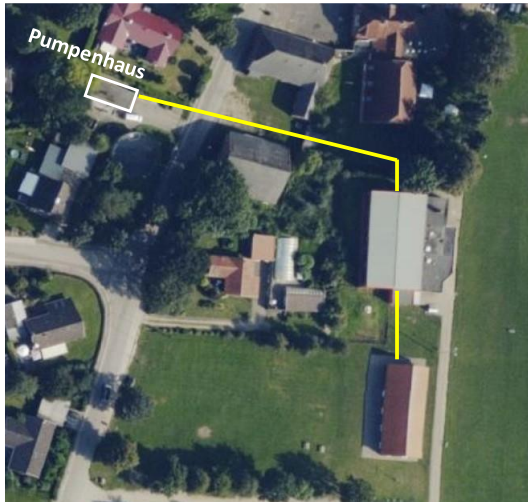


Abbildung 28: Direktleitung Sporthalle-Pumpenhaus (viamichelin.de)

#### 4.1.2.2 Bredenuus & KiTa

Die PV-Potenziale für das Bredenuus und die KiTa werden in Abschnitt 4.3.3 vorgestellt da diese unter die energetischen Sanierungsmaßnahmen der Gebäude fallen.

#### 4.1.3 BIOGAS

Biogas ist ein erneuerbarer Energieträger, der durch die anaerobe Vergärung von organischen Materialien wie Tier- und Pflanzenabfällen sowie Energiepflanzen wie Mais oder Gras gewonnen wird. Biogas kann als Brennstoff für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden und somit einen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Einsparung leisten, da es eine umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen darstellt.

Ein wichtiger rechtlicher Rahmen für die Nutzung von Biogas ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das in Deutschland seit 2000 in Kraft ist. Das EEG regelt die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Stromnetz und garantiert den Betreibern von Biogasanlagen eine Vergütung für den eingespeisten Strom. Die Höhe der Vergütung wird dabei durch das EEG festgelegt und ist abhängig von der Größe und Art der Anlage sowie der eingespeisten Strommenge.

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

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

Insgesamt bietet die Nutzung von Biogas als erneuerbare Energiequelle ein großes Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Die entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen und

technischen Anforderungen sollen dabei sicherstellen, dass die Nutzung von Biogas ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Im Gemeindegebiet von Bredenbek wird momentan eine Biogasanlage mit zwei BHKW mit einer elektrischen Leistung von jeweils 250 kW als Volleinspeise-Anlagen betrieben. Somit tragen diese Anlagen zwar bilanziell, jedoch nicht real, zu einer klimaneutraleren Energieversorgung in Bredenbek bei. Real wird die erzeugte Energie in das öffentliche Netz eingespeist, wodurch sich der regenerative Anteil im Strommix erhöht. Eine weitere Anlage befindet sich direkt an der Gemeindegrenze im Gemeindegebiet Bovenau. Diese Anlage ist in einer in Niedersachsen ansässigen Firma zuzuordnen. Abbildung 29 zeigt die beiden Anlagen und deren Entfernung zum Quartier. Die im Norden, außerhalb des Gemeindegebietes Bredenbeks, gelegene BGA stellt aufgrund der Entfernung von 0,8 km ein höheres Potenzial für die Wärmeversorgung als die südliche BGA dar. Zusätzlich zu der höheren Distanz von ca. 2 km zum Quartier besteht bei der südlichen Anlage analog zur Windkraft das Problem der Querung der Autobahn und Bahntrasse für die Versorgungsleitung. Im Projektverlauf konnte bei der in Bovenau verorteten BGA kein Interesse an einer perspektivischen Kooperation geweckt werden. Die Kommunikation erwies sich im Austausch als ineffizient und sollte bei einer konkreten Umsetzung eines Wärmenetztes in Bredenbek erneut aufgegriffen werden.



Abbildung 29: Lage der Biogasanlagen um das Quartier (viamichelin.de)

## 4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

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

### 4.2.1 LUFT-WÄRMPUMPE

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

Während Wärmepumpen in Haushalten 40 % der theoretisch maximal möglichen Leistungszahl erreichen, also einen Gütegrad von 40 %, erreichen moderne Großwärmepumpen Gütegrade zwischen 65 % und 70 %. Abbildung 30 zeigt den Verlauf der Leistungszahl einer Großwärmepumpe für verschiedene Vorlauftemperaturen. Bei einer Vorlauftemperatur von 70°C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, werden auch bei geringen Temperaturen Leistungszahl von ca. 3 erreicht.

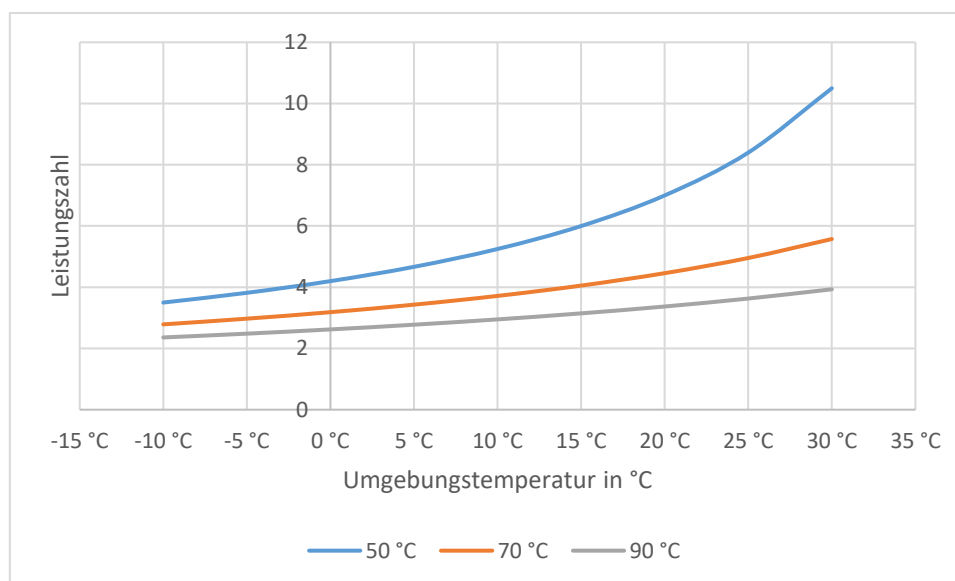


Abbildung 30: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quelltemperatur

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



## 4.2.2 GEOTHERMIE

Die Nutzung von Geothermie wird in zwei verschiedene Arten eingeteilt. Bei einer Tiefe von 1,5 m bis etwa 150 m Tiefe spricht man von oberflächennaher Geothermie, während darunter von tiefer Geothermie gesprochen wird.

### 4.2.2.1 Oberflächennahe Geothermie

Bei oberflächennaher Geothermie spielen drei Komponenten eine wichtige Rolle. Diese sind die Wärmequellanlage, die Wärmepumpe und die Wärmenutzungsanlage.

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

- Flächenkollektoren:  
Unterhalb der Frostgrenze (etwa 1,5 m tief) werden Kunststoffrohre verlegt, welche etwa die 1,5- bis 2-fache Fläche der zu beheizenden Fläche einnehmen müssen. Pro kW Heizleistung werden etwa 15 m<sup>2</sup> bis 30 m<sup>2</sup> Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche darf nicht überbaut sein, da sich die Wärme im Boden über den Sommer regenerieren muss.
- Erdwärmesonden:  
Werden in Bohrungen bis etwa 100 m eingebracht. Sie bestehen aus paarweise gebündelten U-förmigen Kunststoffrohrschleifen. Regeneration findet über Nachströme von Energie im Untergrund statt. Die Leistung der Sonden hängt von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab, welcher in Schleswig-Holstein sehr komplex aufgebaut ist. Der Richtwert für die Leistung der Sonden liegt bei einer Sondenlänge von 100 m bei 3 bis 6 kW.
- Spiralsonden, Erdwärmekörbe und Grabenkollektoren:  
Dies sind drei Sonderformen, welche bei einem geringen Platzangebot gebaut werden können.

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

Für die Wärmenutzungsanlage gilt als Richtwert, dass diese die Wärme auf einem möglichst geringen Temperaturniveau nutzen sollte. Heizung und Dämmungen sollten auf eine Vorlauftemperatur von 35°C ausgelegt werden. Wird mit Hilfe der Wärmepumpe auch Warmwasser bereitet, oder die Vorlauftemperatur liegt deutlich über 35°C, so steigt die Belastung der Wärmesonde und die Leistungszahl der Wärmepumpe ist aufgrund der höheren Temperaturen geringer. Bei einer thermischen Ausgangsleistung von 500 kW und einer Wärmepumpe mit einem COP von 3 würde ein Sondenfeld mit etwa 55 Sonden von 100 m Länge benötigt werden. Dieses Sondenfeld würde etwa 1.500 m<sup>2</sup> beanspruchen. (Richtwerte aus Geothermie 2011 LLUR)

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

entsprechenden Voraussetzungen kann, abhängig von den Investitionskosten, oberflächennahe Geothermie eine interessante Ergänzung für den Winter sein.

#### 4.2.2.2 Tiefe Geothermie

Von tiefer Geothermie spricht man ab Bohrtiefen von mehr als 150 m, typischerweise aber erst ab 400 m. Durch die größere Bohrtiefe lassen sich andere wärmeführende Schichten erschließen, welche auf einem höheren Temperaturniveau liegen (160–190 °C).

Tiefe Geothermie wird in Deutschland bisher ausschließlich im Dupletten-System realisiert. Es werden zwei Bohrungen mit einem Abstand von einigen 100 Metern bis ca. drei Kilometern ausgeführt. Durch die Förderbohrung wird das geothermisch nutzbare Reservoir angezapft und durch eine Reinjektionsbohrung wird das abgekühlte Wasser wieder in den Boden eingebracht. Es kann sich nun erneut erwärmen. Der Abstand zwischen den Bohrungen ist standortabhängig und kann deswegen ohne entsprechender Fachplanung nicht absolut angegeben werden.

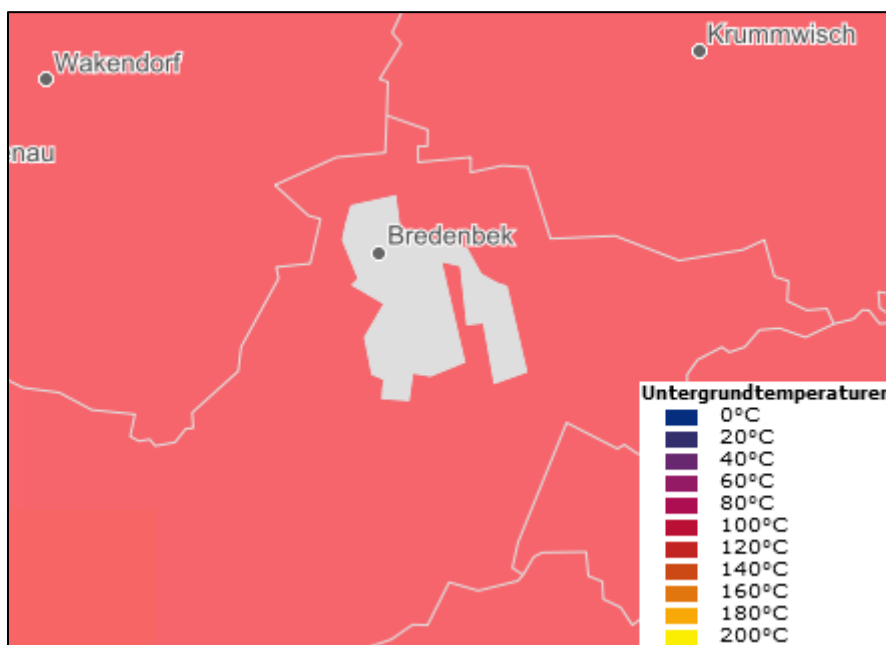


Abbildung 31: Geothermisches Potenzial in Bredenbek (Quelle: <https://www.geotis.de/geotisapp/geotis.php>)

Diese Karte zeigt einen Ausschnitt, auf welchem zu erkennen ist, dass Bredenbek theoretisch in einem Gebiet mit hydrothermalem Potenzial liegt. Hier wäre es also potenziell möglich Geothermie zur Wärmebereitstellung zu nutzen. Hydrothermal beschreibt in diesem Zusammenhang die Nutzung von Wasser aus tieferen, wasserführenden Schichten.

Bei Bohrungen tiefer Geothermie, stellen sich andere Herausforderungen an die Sicherheit der Bohrung als bei oberflächennaher Geothermie. Ein weiteres Problem der Geothermie im Norddeutschen Becken ist der Gesamtsalzgehalt. Dieser kann bis zu 300 g/l betragen, es muss hier mit erhöhten mineralischen Ausfällungen gerechnet werden.

Generell liegen die Investitionskosten sowie der Planungs- und Umsetzungsaufwand für Erdwärme-Wärmepumpen deutlich über dem von Luft-Wärmepumpen.

#### 4.2.3 GRUNDWASSER-WÄRMEPUMPE

Der Einsatz von Grundwasser-Wärmepumpen verbindet prinzipiell Vorteile der Luft- und Erdwärme-Wärmepumpe. Die Investitionskosten einer Grundwasser-Wärmepumpe sind, zumindest für die

Verwendung von Großwärmepumpen, geringer als bei Erdwärme-Wärmepumpen. Zusätzlich arbeiten Grundwasser-Wärmepumpen im Winter mit höheren Leistungszahlen, da das Grundwasser im Winter höhere Temperaturen aufweist als die Umgebungsluft.

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

#### 4.2.4 ABWÄRME-WÄRMEPUMPE

Abwärme von Betrieben oder der Industrie stellt die attraktivste Wärmequelle für Wärmepumpen dar. Geringe Investitionskosten für die Erschließung dieses Potenzials sowie die tendenziell hohen Temperaturen der Abwärme sorgen für eine hohe Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage. Dieser Ansatz wird jedoch nicht weiterverfolgt, da in der Gemeinde Bredenbek keine Wärmequellen identifiziert werden konnten, die Abwärme in ausreichender Menge zur Verfügung stellen bzw. gut verortet sind. Die Hahn GmbH & Co., im Südwesten des Quartiers, wäre eventuell ein geeigneter Ansprechpartner, doch liegt diese Firma auf der Südseite der A210.

#### 4.2.5 BIOMETHAN BLOCKHEIZKRAFTWERK

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

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

#### 4.2.6 BIOMASSE

Biomasse ist allgemein gefasst organische Masse, die von Lebewesen oder Pflanzen stammt. Typischerweise wird bei der Wärmeversorgung hauptsächlich Holz (Hackgut oder Pellets) unter dem Begriff Biomasse verstanden, aber andere Stoffe wie Stroh, Grünpflanzen etc. sind ebenfalls mögliche Brennstoffe für Biomasseanlagen. Holz zählt neben Wind, Wasser und Sonne zu den erneuerbaren Energieträgern und aus diesem Grund von CO<sub>2</sub>-Abgaben befreit. Trotz lokaler CO<sub>2</sub>-Emissionen, die während der Verbrennung entstehen, wird bloß jene Menge an CO<sub>2</sub> freigesetzt, die der Baum während seiner Wachstumsphase gebunden hat. Ebendiese Menge CO<sub>2</sub> würde auch beim natürlichen Zersetzungsprozess wieder an die Umwelt abgegeben.

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

## 4.2.7 SOLARTHERMIE

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

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

## 4.2.8 PHOTOVOLTAISCH-THERMISCHE KOLLEKTOREN (PVT)

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

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

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

auf einen Absorber konzentriert. Durch diese Bauweise liegt der Schwerpunkt bei der Produktion von Wärme auf einem hohen Niveau von über 80°C.

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

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

## 4.3 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

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

Der Gesamtenergiebedarf von Bredenbek beträgt 3,41 GWh/a (exklusive Mobilität), wovon 82 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird. Der Gesamtbedarf an Wärme für Gebäude liegt bei 2,81 GWh/a.

Der Gebäudebestand von Bredenbek ist bezogen auf Sanierungsgrad und spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche über dem deutschen Mittel. In Deutschland werden pro m<sup>2</sup> Wohnfläche ca. 129 kWh/a benötigt (siehe Tabelle 9). Der Durchschnitt entspricht somit knapp der nach dem GEG definierten Energieeffizienzklasse E (GEG 2020, Anlage 10 zu § 86). Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch im Quartier Bredenbek Zentrum liegt bei 159 kWh/m<sup>2</sup>.

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

Bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von 1 % wird Bredenbek eine Reduzierung von 26 % auf 2,1 GWh/a erreichen. Auch bei einer Sanierungsrate von 5 % wird der Gebäudesektor in Bredenbek 2050 nicht Klimaneutral sein. Hierfür ist es zwingend notwendig, dass die Wärmeerzeugung regenerativ geschieht.

Tabelle 20: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate

	2021	2030	2040	2050
	<b>Wärmebedarf [MWh]</b>			
	<b>Sanierungsrate 1 %</b>			
<b>Wärmebedarf Bredenbek</b>	2.814	2.600	2.300	2.100
Prozentuale Einsparung	0 %	9 %	17 %	25 %
<b>CO<sub>2</sub> Emissionen Wärme</b>	772	705	638	577
	<b>Sanierungsrate 2 %</b>			
<b>Wärmebedarf Bredenbek</b>	2.814	2.350	1.900	1.600
Prozentuale Einsparung	0 %	17 %	32 %	44 %
<b>CO<sub>2</sub> Emissionen Wärme</b>	772	644	526	430
	<b>Sanierungsrate 5 %</b>			
<b>Wärmebedarf Bredenbek</b>	2.814	1.800	1.100	600
Prozentuale Einsparung	0 %	37 %	62 %	77 %
<b>CO<sub>2</sub> Emissionen Wärme</b>	772	487	291	174

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

den Energiebedarf. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind mit dem Energiemix des Status Quo abgebildet und reduzieren sich durch einen Rückgang des Energiebedarfes. Der Umstieg von fossilen Energieträgern auf regenerative Wärmeerzeugung kann bereits im Szenario mit 2 % Sanierungsrate die aktiv ausgestoßenen CO<sub>2</sub>-Emissionen gegen Null gehen lassen.

Zusätzlich wurde das Sanierungspotenzial nach Gebäudeclustern betrachtet. Hierbei wurde die von der EU geplante Sanierungspflicht der neuen Gebäude Richtlinien zu Grunde gelegt, welche besagt, dass bis 2033 alle Gebäude die Effizienzklasse D erreichen müssen. Von dieser Regelung wären im Quartier 69 Gebäude betroffen. Tabelle 21 zeigt eine Zusammenfassung dieser Gebäude, mit den aufsummierten Nutzflächen der jeweiligen Einfamilienhäuser und anderer Gebäude, den dazugehörigen aktuellen Wärmebedarfen (Spalte „Status Quo“), den entsprechenden Wärmebedarfen bei der Erreichung der Effizienzklasse D (Spalte „Zukunft“) und dem daraus resultierenden Einsparpotenzial (Spalte „Differenz/Potenzial“). Mit den hier errechneten fast 2.405 MWh/a sind die Gebäude der Klassen E bis G für mehr als 80 % des Wärmebedarfs des Quartiers verantwortlich. So ließen sich bei einer Sanierung auf den Standard der Energieeffizienzklasse D der betrachteten Gebäude fast 686 MWh/a einsparen. Dies entspricht ca. 24 % des gesamten Wärmebedarfs des Quartiers.

Tabelle 21: Zusammenfassung der Einsparpotenziale nach Effizienzklassen

Effizienzklasse	Anzahl	Nutzfläche EFH	Nutzfläche andere	Status Quo		Zukunft		Differenz/Potenzial	
				EFH [kWh]	andere [kWh]	EFH [kWh]	andere [kWh]	EFH [kWh]	andere [kWh]
E	11	1.354	163	190.375	23.475	176.025	21.200	14.350	2.275
F	52	7.690	2.570	1.384.200	472.875	999.700	334.100	384.500	138.775
G	6	639	807	146.325	187.625	83.075	104.900	63.250	82.725
<b>Summe</b>	<b>69</b>	<b>9.683</b>	<b>3.540</b>	<b>1.720.900</b>	<b>683.975</b>	<b>1.258.800</b>	<b>460.200</b>	<b>462.100</b>	<b>223.775</b>

### 4.3.1 FÖRDERMÖGLICHKEITEN IM BEG

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ist am 1. Januar 2021 in Kraft getreten.

Die BEG ist in eine Grundstruktur mit drei Teilprogrammen aufgeteilt:

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

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

#### Was wird gefördert?

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

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

Weitere Informationen zu den (technischen) Voraussetzungen der jeweiligen förderfähigen Maßnahmen und Anlagen und den technischen Mindestanforderungen finden Sie im Merkblatt auf dem Internetportal beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Die Höhe der Förderung mit den jeweiligen Förderquoten seit dem 01.01.2023 ist in der nachstehenden Abbildung 32 dargestellt. Die maximal förderfähigen Kosten betragen 60.000 Euro/a.

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

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

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)  
Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND4.0)

Stand: 1. Januar 2023

Abbildung 32: Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Quelle: BAFA

Seit dem 15.08.2022 werden keine gasverbrauchenden Anlagen mehr gefördert. Gleichzeitig wurde ein erweitertes Austauschprogramm für fossile Heizungen eingeführt (Heizungs-Tausch-Bonus). Dieser gewährt einen Zuschuss für den Austausch von funktionstüchtigen Öl-, Kohle-, und Nachtspeicherheizungen, sowie von Gasheizungen, welche länger als 20 Jahre in Betrieb sind. Hinzu kam auch der Bonus für die Inbetriebnahme einer effizienten Wärmepumpe. Hierzu zählen Grundwasser-, Erd- und Abwasserwärmepumpen. Luftwärmepumpen sind von dem Bonus ausgeschlossen, können allerdings 5 % Förderung erhalten, wenn Sie ein natürliches Kältemittel verwenden. Weitere Anforderung für die Förderung von Anlagen zur Wärmeerzeugung sind die Beheizung der Wohnfläche zu mindestens 65 % durch erneuerbare Energien und eine Jahresarbeitszahl bei Wärmepumpen von 2,7 bzw. 3,0 ab dem 01.01.2024.

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

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



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

## **Wer darf einen Antrag stellen?**

Antragsberechtigt sind:

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

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

**Hinweis:** Mit dem Kabinettsbeschluss zum GEG vom 19.04.2023 hat die Bundesregierung ein neues Förderkonzept für erneuerbare Heizungen veröffentlicht. Vorgesehen ist eine einheitliche Grundförderung von 30 % für alle im selbstgenutzten Bestand möglichen Heizungsoptionen. Außerdem sind drei verschiedene Klimaboni geplant, welche teilweise zeitlich gestaffelt und zusätzlich zur Grundförderung von bestimmten Personengruppen in Anspruch genommen werden können. Der Zeitpunkt der Einführung ist noch unklar.

### 4.3.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands in Bredenbek Referenzgebäude zur Mustersanierung ausgewählt. Dies geschah über eine Verlosung bei der Teilnahme an der durchgeführten Umfrage. Als Anreiz zur Teilnahme und Partizipation als Referenzgebäude haben die teilnehmenden ausgewählten Gebäude einen Energiebedarfsausweis erhalten. Die Auswahl und Verlosung erfolgte nach der Einteilung in Gebäudealtersklassen ( $\leq 1950$ , 1950-1970, 1970-1990). Die Wahl dieser Gebäudealtersklassen wurde mit Blick auf repräsentative Gebäude für das Quartier getroffen bei denen gleichzeitig ein hohes Potenzial in der energetischen Gebäudesanierung liegt.

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

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

## 4.3.2.1 Mustersanierung Baualtersklasse $\leq 1950$



Abbildung 33: Referenzgebäude Baualtersklasse  $\leq 1950$

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Gebäude aus dem Jahre 1912 mit einem spezifischen Endenergiebedarf von  $239 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ , entsprechend des GEG in der Klasse G. Die Öl-Heizung wurde um 2003 eingebaut. Die Brauchwassererwärmung wird durch Solarthermie und einen wassergeführten Kamin unterstützt. Der Bestandsbau wurde 2018 am Süd-östlichen Teil um einen Anbau ergänzt. Alle Fenster des Hauses wurden um das Jahr 2003 ausgetauscht.

### **Maßnahme 1 – Verfüllung Glasbausteine**

An der Rückseite des Gebäudes befinden sich Glasbausteine. Die Verfüllung dieser Glasbausteine ist eine kostengünstige Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes. Sie weisen eine unzureichende Dämmwirkung auf und stellen somit eine Wärmebrücke dar. Der U-Wert verbessert sich durch eine Verfüllung mit Porenbeton von  $2,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$  auf  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Dadurch wird der Wärmebedarf des Gebäudes gesenkt, was zu Einsparungen bei den Heizkosten führen kann.


### **Maßnahme 2 – Erneuerung der Nebeneingangstür**

Das Haus besitzt eine sogenannte Klönschnacktür, welche einen großen Anteil an Verglasung und die Möglichkeit zum Öffnen des oberen Bereiches hat. Diese Tür ist eher wie eine Innentür als eine Haustür beschaffen. Moderne Außentüren besitzen durch die Verwendung hochwertiger Materialien eine deutlich verbesserte Dämmwirkung. Ebenso wie bei der Verfüllung der Glasbausteine trägt die Erneuerung der Nebeneingangstür zu einer Verbesserung der Energieeffizienz bei und senkt somit die Heizkosten. Neben dieser Einsparung ist auch die Verbesserung der Sicherheit durch eine neue Tür zu beachten. Die Kosten einer Klönschnacktür sind höher als bei einer normalen Außentür anzusehen.

### **Maßnahme 3 – Wärmedämmverbundsystems**

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

Tabelle 22: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse ≤ 1950

	Investition [€]	Förderung BEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energie- einsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]	jährl. Einsparung [kg CO2/a]
<b>M1</b>	500 €	0 €	500 €	0%	20 €/a	21	30 kg/a
<b>M2</b>	2.400 €	500 €	1.900 €	1%	50 €/a	25	110 kg/a
<b>M3</b>	min: 8.800 €	min: 1.800 €	min: 7.000 €	44%	1.900 €/a	min: 4	3.700 kg/a
	max: 17.500 €	max: 3.500 €	max: 14.000 €			max: 7	

#### 4.3.2.2 Mustersanierung Baualtersklasse 1970 – 1990



Abbildung 34: Referenzgebäude Baualtersklasse 1970-1990

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Einfamilienhaus aus dem Jahr 1978 mit einem angebauten Wintergarten. Die Immobilie hat einen spezifischen Endenergiebedarf von 242 kWh/(m<sup>2</sup>a), entsprechend des GEG in der Klasse G. Die Gasheizung ist 25 Jahre alt. Die Fenster des Erdgeschosses wurden vor kurzem ausgetauscht und befinden sich daher auf dem Stand der Technik.

#### Maßnahme 1 – Heizungsoptimierung

Die Optimierung der Heizanlage ergibt in den meisten Gebäuden Sinn. Diese Maßnahme umfasst den Austausch der Heizungspumpen. Während alte unregulierte Pumpen Stromkosten von ca. 160 bis 220 € im Jahr verursachen, benötigen Hocheffizienzpumpen nur einen Bruchteil des Stroms, für welchen Kosten in Höhe von 3 bis 10 € entstehen. Weitere vergleichbare Maßnahmen sind ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage, sowie die Installation von digitalen Thermostaten. Diese bergen den Vorteil der Einstellungsmöglichkeit der Heizzeiten (z.B. Nachtabsenkung). Weiterhin erkennen moderne Thermostate einen rapiden Temperaturabfall und verhindern das Heizen bei geöffneten Fenstern. Im Heizsystem kann unnötigem Heizen bei nicht Benutzung von Räumen oder ähnlichem vorgebeugt werden.

#### Maßnahme 2 – Einblasdämmung


Laut der Bauunterlagen der Immobilie verfügt die Außenwand über keine Wärmedämmung, jedoch über einen ca. 6 cm großen Luftspalt. Es ist möglich eine nachträgliche Dämmung in diesen Spalt einzubringen. Eine Einblasdämmung hat das Potenzial die thermischen Verluste, um jährlich über 20 % zu senken. Vor der Umsetzung einer solchen Maßnahme muss von einer Fachkundigen Person der

Wandaufbau geprüft werden. Dieser Schritt ist notwendig, um eventuelle Feuchtigkeitseinlagerung in den Wänden zu vermeiden. Neben der energetischen Einsparung würde die Behaglichkeit und damit das Raumklima durch diese Maßnahme merklich verbessert werden.

### Maßnahme 3 – Austausch der Fenster und der Eingangstür

Die Fenster des oberen Stockwerkes sind seit dem Bau des Hauses nicht erneuert worden und somit 45 Jahre alt. Ein typischer Fensteraustausch wird bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von 2,8 W/(m<sup>2</sup>K) entsprechen sie nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m<sup>2</sup>K) angenommen. Die Fläche der Fenster und von zwei Balkontüren beträgt 17 m<sup>2</sup>. Die Eingangstür wurde wie die Fenster seit dem Bau des Hauses nicht erneuert. Mit einem Austausch der großen Türelemente ließe sich hier ein energetischer Mehrwert generieren.

Tabelle 23: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1970 – 1990

	Investition [€]	Förderung BEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energie- einsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]	jährl. Einsparung [kg CO2/a]
<b>M1</b>	300 €	100 €	200 €	9%	100 €/a	2	130 kg/a
<b>M2</b>	min:	min:	min:	8%	400 €/a	min:	500 kg/a
	max:	max:	max:			max:	
	10.400 €	2.100 €	8.300 €			17	
<b>M3</b>	15.200 €	4.700 €	10.500 €	11%	500 €/a	17	670 kg/a

### 4.3.3 SANIERUNG ÖFFENTLICHE GEBÄUDE

Im Rahmen des Quartierskonzepts sind die in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Gebäude begangen worden. Weiterhin hat das Amt Achterwehr Bauunterlagen zu den betrachteten Gebäuden zur Verfügung gestellt. Insbesondere bei der Schule und dem Landhaus waren diese Unterlagen nicht in voller Gänze vorhanden. Dies lässt sich auf die teilweise hohen Alter der Gebäude zurückführen.

#### 4.3.3.1 Schule

Die Grundschule befindet sich größtenteils auf dem energetischen Stand der Errichtungsjahre der einzelnen Gebäudeteile und hat dementsprechend Potenzial für energetische Einsparung durch Sanierungsmaßnahmen. Bei der Begehung am 18. Oktober wurden mögliche Maßnahmen ermittelt und im weiteren Verlauf berechnet.

Insgesamt wurden vier Maßnahmen näher betrachtet. Diese sind der Fensteraustausch, die Dämmung der Außenwände, welche für Gebäudeteile mit schlechten Dämmeigenschaften betrachtet wurde, und die Dämmung der obersten Geschossdecke sowie des Fußbodens, der teilweise grobe Mängel aufweist. Die Maßnahmen werden im Folgenden kurz erläutert.

Die Sanierungsmaßnahmen wurden primär für den zuerst errichteten Gebäudeteil mit Hausmeisterwohnung und Klassenräumen berechnet, da diese den größten Sanierungsbedarf haben und damit das größte Einsparpotenzial bieten.

#### **Maßnahme 1 – Fensteraustausch**

Die Fenster im Erdgeschoss des zuerst errichteten Gebäudeteils der Schule sind um das Jahr 1988 ausgetauscht worden und befinden sich auf dem Wärmedämmstandard dieser Zeit. Dabei handelt es sich um 18 Fenster in der Hausmeisterwohnung und 17 Fenster in den Klassenräumen und Flur des benachbarten Gebäudeteils. Im um 1970 angebauten Teil der Schule befinden sich weitere fünf Fenster, die aufgrund des Alters bzw. von Mängeln eines baldigen Austauschs bedürfen.

Die Fenster sollten nach Möglichkeit das „schlechteste“ Bauteil in der Gebäudehülle darstellen, da es ansonsten zur Kondenswasserbildung und Schimmelbefall kommen kann. Dies gilt es durch einen Experten zu prüfen. Eine solche Prüfung könnte die Dämmung der Außenwände als Voraussetzung für die Maßnahme der Fenstererneuerung ergeben. Bei einer Fenstererneuerung, ohne eine nachträgliche Dämmung der Außenwände muss ein aktives und bewusstes Lüftungsverhalten der betroffenen Räume beachtet werden.

#### **Maßnahme 2 – Dämmung Außenwände**

Die Außenwände des zuerst errichteten Gebäudes der Schule verfügen über keine Dämmung und keinen Luftspalt. Sie sind damit nicht für das Einblasen eines rieselfähigen Dämmstoffes geeignet. Eine andere Möglichkeit der Außenwanddämmung ist Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems, was jedoch keine Option ist, da das äußere Erscheinungsbild der Schule erhalten bleiben soll. Weiterhin ist die Innendämmung eine Möglichkeit, bei der eine Dämmung von innen auf die Wand aufgebracht wird. Die Kosten können hier je nach verwendetem Material stark variieren. Aus diesem Grund ist in Tabelle 24 ein Minimal- und ein Maximalwert für die Investitionskosten angegeben. Eine Innenwanddämmung kann in diesem Fall einen positiven Effekt auf den Energieverbrauch der Schule haben. Auch hier gilt es den Wandaufbau durch einen Experten auslegen zu lassen.

#### **Maßnahme 3 – Dämmung oberste Geschossdecke**

Der Dachboden der beiden ältesten Gebäudeteile wird nicht genutzt. Das Dach ist ungedämmt und der Boden verfügt über eine 10 cm dicke Mineralwollschicht (siehe Abbildung 35). Nach heutigem

Standard sind 25 cm Dämmung nicht unüblich. Da die neue Eindeckung des Daches mit hohen Kosten verbunden ist, wird hier eine zusätzliche Dämmung von 16 cm Mineralwolle empfohlen. Der Dachboden der restlichen Gebäudeteile verfügt über eine ausreichende Dämmung.



Abbildung 35: Dämmung oberste Geschossdecke – Grundschule


#### Maßnahme 4 – Dämmung Fußboden

Der Bodenbelag ist im ältesten Bereich der Schule direkt auf das Erdreich gesetzt (siehe Abbildung 36). Diese Bauweise führt zu Wärmeverlusten und einem geminderten Behaglichkeitsgefühl in der Heizperiode. Die konkrete Berechnung einer Einsparung durch die Anbringung einer Dämmung ist hierbei, ohne die detaillierte Simulation des Gebäudes schwer vorzunehmen. Eine auf Annahmen basierte Berechnung ist jedoch in Tabelle 24 gegeben. Betrachtet wurde der Boden der Klassenräume im Erdgeschoss des ältesten Teils der Schule ohne die Hausmeisterwohnung.



Abbildung 36: Loch im Fußboden – Grundschule

Tabelle 24: Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Grundschule

	Investition [€]	Förderung GEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energie- einsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisa- tion [a]	jährl. Einsparung [kg CO <sub>2</sub> /a]
<b>M1</b>	41.000 €	8.200 €	32.800 €	6 %	2.000 €	17	2.590 kg/a
<b>M2</b>	Min: 18.120 €	Min: 3.630 €	Min: 14.490 €	23 %	7.340 €	Min: 2 Max: 8	9.650 kg/a
	Max: 68.860 €	Max: 13.770 €	Max: 55.090 €				
<b>M3</b>	Min: 8.930 €	Min: 1.790 €	Min: 7.140 €	2 %	596 €	Min: 12 Max: 18	652 kg/a
	Max: 13.410 €	Max: 2.680 €	Max: 10.730 €				
<b>M4</b>	Min: 9.350 €	Min: 1.870 €	Min: 7.480 €	9 %	3.633 €	Min: 3 Max: 5	3.651 kg/a
	Max: 22.440 €	Max: 4.490 €	Max: 17.950 €				

#### 4.3.3.2 Landhaus

Die Gaststätte hat mit 233 kWh/(m<sup>2</sup>a) den größten spezifischen Wärmeverbrauch der öffentlichen Gebäude in Bredenbek. Dieser Verbrauch lässt auf einen geringen energetischen Sanierungszustand schließen, was bei älteren Gebäuden nicht ungewöhnlich ist. Für das Landhaus besteht dementsprechend jedoch auch ein großes Potenzial mittels verschiedener Maßnahmen eine hohe Energieeinsparung zu erzielen. Diese werden nachfolgend beschrieben und tabellarisch dargestellt.

#### Maßnahme 1 – Überprüfung der Fensterdichtungen

Die Fenster des Landhauses sind größtenteils aus dem Jahr 2005, sodass ein Austausch nicht sinnvoll ist. Fenster, die älter sind, sollten ausgetauscht werden bzw. auf Undichtigkeiten überprüft werden. Die Vermeidung von Zugluft in beheizten Räumen durch den Austausch der Fensterdichtung ist eine schnelle und kostengünstige Maßnahme, um Energieverlusten entgegenzusteuern.

Bei der Begehung des Gebäudes fiel ein im unbeheizten Dachboden verbautes Fenster auf, welches einen großen Spalt zum Mauerwerk aufwies (siehe Abbildung 37). Obwohl es sich hier um einen unbeheizten Gebäudeteil handelt, ist die Vermeidung von Zugluft trotzdem von Bedeutung. Über die bewegte Luft auf der obersten Geschossdecke wird mehr Wärme nach außen getragen als über die ruhende Luft.

Diese Maßnahme ist nur schwer quantifizierbar, weshalb in Tabelle 25 keine Investition oder Einsparung angegeben ist.



Abbildung 37: Dachboden Fenster

## **Maßnahme 2 – Dämmung Außenwände Großer Saal**

Bei dieser Maßnahme wurden die Wände des „Großen Saals“ betrachtet. Diese verfügen über einen Luftspalt von 8 cm. Hier wäre es möglich einen rieselfähigen Dämmstoff einzubringen. Diese Maßnahme ist in Tabelle 29 mit M2.1 beschrieben. In die Wand der Giebelseite wurde bereits eine Einblasdämmung eingebracht. Vor einer Umsetzung einer solchen Maßnahme muss die Gebäudehülle einer spezialisierten Firma bewertet werden. Hierbei geht es um eine mögliche Feuchtigkeitsbildung innerhalb der Wände. Bei der Betrachteten Fläche handelt es sich um die Wandfläche unterhalb der Dachtraufen.

## **Maßnahme 3 – Dämmung der Geschossdecke**

Durch die nachträgliche Dämmung der Geschossdecke kann etwa 65 % des Wärmeverlustes, welches über dieses Bauteil entsteht, vermieden werden. Die Berechnung der Geschossdeckenfläche wurde anhand der Grundfläche durchgeführt. Außerdem muss, falls die Dachbodenfläche weiterhin begehbar sein soll, die Wiederherstellung des Bodens beachtet werden. Dies ist in den Kosten von M3 in Tabelle 25 in Form eines einfachen Holzbodens mit einbezogen. Die Berechnung der Maßnahme dient als Orientierung und muss bei Durchführung eingehend geprüft und ggf. angepasst werden.


## **Maßnahme 4 – Gemeinsame Wärmeversorgung Sporthalle und Landhaus**

Der Wärmeerzeuger des Landhauses ist ein alter Ölkessel mit einem Brenner von 1994. Laut Aussagen der Lenkungsgruppe ist diese Anlage in einem schlechten Zustand und ist jederzeit durch eine Havarie bedroht. Sie hat eine aus dem angegebenen Öldurchsatz berechnete Leistung von ca. 105 kW. Wegen des schlechten Zustands möchte der Betreiber des Landhauses sowie die Gemeinde schnellstmöglich eine neue Wärmeversorgung.

Die Sporthalle verfügt über ein ca. 10 Jahre altes Gasbrennwertgerät mit einer maximalen Leistung von 60 kW. Die Idee ist es eine Gemeinsame Wärmeversorgung des Landhauses und der Sporthalle zu schaffen, welche bei der Umsetzung eines Wärmenetzes mit in dieses eingebunden werden kann. Hierfür ist die Installation eines ausreichend großen Wärmeerzeugers sowie die Verlegung einer Nahwärmeleitung nötig. Auch diese Leitung wird beim Bau eines Wärmenetzes genutzt werden können. Die Kosten der Leitung übersteigen die des Wärmeerzeugers, doch würde diese Kosten in vergleichbarer Höhe auch beim Anschluss an ein Wärmenetz anfallen.



Tabelle 25: Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Landhaus

	Investition [€]	Förderung GEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energieeinsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]	jährl. Einsparung [kg CO <sub>2</sub> /a]
<b>M1</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>M2</b>	Min: 4.030 Max: 5.650	Min: 810 Max: 1.130	Min: 3.220 Max: 4.520	4 %	1.460	Min: 3 Max: 4	1.458
<b>M3</b>	8.900	1.800	7.100	2 %	500	13	992
<b>M4</b>	46.000	-	45.000	6 %	1.300	35	13.000

### 4.3.3.3 Bredenhuus

Das Bredenhuus befindet sich mit einem spezifischen Wärmeverbrauch von ca. 144 kWh/(m<sup>2</sup>a) leicht über dem deutschen Durchschnitt der Wohngebäude. Da das Bredenhuus nicht wie ein Wohngebäude durchgängig genutzt wird, ist diese Zahl schlechter zu bewerten. Die Fenster wurden 1998 ausgetauscht und waren augenscheinlich in einwandfreiem Zustand. Die oberste Geschossdecke verfügt über eine Dämmung, welche im Zusammenhang mit dem im Jahre 1998 ergänztem Satteldach eine ausreichende Wärmedämmung darstellt. Die Wände wurden durch eine nachträgliche Dämmung von außen ergänzt.

Auf Basis der uns vorliegenden Bauunterlagen lässt sich daher keine Sanierungsmaßnahme wirtschaftlich darstellen.

Eine mögliche energetische Maßnahme, die von der Gemeinde gewünscht war, ist die Installation einer PV-Anlage auf dem Dach des Bredenhuus. Eine Simulation hat, basierend auf dem elektrischen Verbrauch, ergeben, dass eine 6 kW<sub>p</sub> Anlage mit einem Speicher von 4 kWh das wirtschaftlich beste Ergebnis liefert. Mit einer Investition von 15.200 €, einer gesamten Ersparnis nach 20 Jahren von etwa 14.000 € und einer damit verbundenen Amortisationszeit von 12 Jahren bietet diese Maßnahme eine gute Möglichkeit die energetische Situation des Bredenhuus durch eine wirtschaftlich attraktive Maßnahme zu verbessern. Die wirtschaftlichen Details sind in Tabelle 26 dargestellt. Eine Ansicht der Modulauslegung ist in Abbildung 38 zu sehen. Durch diese Belegung könnten etwa 58 % des jährlichen Stromverbrauchs des Bredenhuus abgedeckt werden. Zusätzlich würden etwa 3.500 kWh Strom ins öffentliche Netz eingespeist werden.

## / Details

Eingesparte Stromkosten im ersten Jahr	<b>1.096 EUR</b>
Gesamte Ersparnis nach 20 Jahr(en)	<b>13.911 EUR</b>
Eingesparte Stromkosten nach 20 Jahr(en)	<b>31.662 EUR</b>
Einspeisevergütung nach 20 Jahr(en)	<b>3.575 EUR</b>
Erwartete Amortisationszeit	<b>12,0 a</b>
Stromgestehungskosten über 20 Jahr(e)	<b>0,320 EUR/kWh</b>
Jährliche Rendite (IRR)	<b>6,40 %</b>
Gesamtinvestition	<b>15.200,00 EUR</b>

Abbildung 26: Wirtschaftliche Details der PV-Dachanlage (6 kW<sub>p</sub>)



Abbildung 38: Ansicht der Modulauslegung (6 kW<sub>p</sub>)

Alternativ könnte das Bredenhuis, um als öffentliches Gebäude mit gutem Beispiel voran zu gehen, die Belegung des kompletten Daches vornehmen. Die nach Süden ausgerichtete Dachfläche bietet Potenzial für etwa 11,5 kW<sub>p</sub>. Dies hätte bei einer Investition von etwa 26.500 € eine ähnliche gesamte Ersparnis nach 20 Jahren und eine Amortisationszeit von 16 Jahren zur Folge. Eine Ansicht der Modulauslegung ist in Abbildung 39 zu sehen. Durch diese Belegung könnten etwa 75 % des jährlichen Stromverbrauchs durch PV abgedeckt werden. Zusätzlich würden etwa 8.500 kWh Strom ins öffentliche Netz eingespeist werden.



Abbildung 39: Ansicht der alternativen Modulauslegung (11,5 kW<sub>p</sub>)

Tabelle 27: Details der PV-Dachanlagen Bredenhuus

PV-Dachanlage	Kleine Anlage	Vollbelegung
Anzahl Module	16	31
Leistung [kWp]	6	11,5
Solarer Ertrag [kWh]	6.000	11.500

Die Kosten für die Installation einer PV-Anlage sind seit dem Beginn des Krieges in der Ukraine massiv gestiegen. Früher angenommene Preise von 1.300 €/kWp sind im Laufe des Jahres 2023 auf bis zu 2.000 €/kWp angestiegen. Diese sehr stark angestiegenen Preise haben eine deutliche Minderung der in diesem Bericht betrachteten PV-Anlagen zur Folge. Die Verfügbarkeit mancher Komponenten sowie die Auslastung der ausführenden Handwerksbetriebe haben zu diesem Preisanstieg geführt. Von einer Beruhigung des Marktes in den kommenden Jahren kann ausgegangen werden.

#### 4.3.3.4 KiTa

Die Kindertagesstätte befindet sich auf den energetischen Standards der jeweiligen Baujahre der einzelnen Erweiterungen. Da die KiTa über die Jahre stetig erweitert wurde und sich die Baustandards verändert haben, unterscheiden sich die energetischen Eigenschaften der Gebäudeteile. Da selbst der ältere Baubestand keine schlechten energetischen Eigenschaften hat, sind größere Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle für die KiTa nicht wirtschaftlich darstellbar.

Auch für die KiTa kann als potenzielle Maßnahme die Installation einer PV-Dachanlage angesehen werden. An den Verbrauch angepasst ergibt sich als wirtschaftlich sinnvolle Lösung die in Abbildung 40 dargestellte Dachbelegung. Die hier gezeigte Anlage hat eine Gesamtleistung von 31 kW<sub>p</sub>. Zusammen mit einem 4 kWh Speicher ergeben sich die in Abbildung 40 dargestellten Werte. Der Speicher wurde hier, in Relation zum Strombedarf, klein gewählt, da der Großteil des Stromverbrauchs in den Sonnenstunden stattfindet. Es wird ersichtlich, dass bei einer Investition von ca. 65.000 € eine Amortisationszeit von 11 Jahren erreicht werden kann. Nach 20 Jahren könnten so über 150.000 € an Stromkosten und insgesamt ca. 76.000 € gespart werden.

Allein durch diese Belegung kann 52 % des Strombedarfs durch erneuerbare Energie gedeckt werden. 49 % des produzierten Stroms werden selbst verbraucht und damit ca. 14.000 kWh/a ins öffentliche Netz eingespeist.

Tabelle 28: Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage

/ Details	
Eingesparte Stromkosten im ersten Jahr	<b>5.299 EUR</b>
Gesamte Ersparnis nach 20 Jahr(en)	<b>76.882 EUR</b>
Eingesparte Stromkosten nach 20 Jahr(en)	<b>153.829 EUR</b>
Einspeisevergütung nach 20 Jahr(en)	<b>14.673 EUR</b>
Erwartete Amortisationszeit	<b>10,9 a</b>
Stromgestehungskosten über 20 Jahr(e)	<b>0,311 EUR/kWh</b>
Jährliche Rendite (IRR)	<b>7,80 %</b>
Gesamtinvestition	<b>65.300,00 EUR</b>



Abbildung 40: Ansicht der Modulauslegung (31 kW<sub>p</sub>)

Aufgrund der großen Dachfläche der KiTa bietet diese die Möglichkeit eine deutlich größere Anlage zu installieren. Bei Vollauslegung besteht hier ein Potenzial von über 135 kW<sub>p</sub>. Die Auslegung einer solchen Anlage muss durch ein Fachunternehmen an die Gegebenheiten des Daches (Statik, Schornsteine etc.) angepasst werden.

#### 4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORUNGSLÖSUNGEN

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

Der Umgang mit fossilen Heizungen wird sich mit der Erneuerung (2024) des Gebäude Energiegesetz (GEG) stark verändern. Ab 2045 ist das Heizen mit fossilen Brennstoffen nicht mehr zulässig und schon ab 2024 dürfen ohne Weiteres keine neuen Heizsysteme, die nicht zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden, installiert werden. Bestehende Heizungen können weiterhin betrieben und im Störfall repariert werden. Die grundsätzliche Austauschpflicht ineffizienter Kessel nach 30 Jahren bleibt bestehen, genau wie die bislang geltende Befreiung von der Austauschpflicht für Niedertemperatur- und Brennwertkessel, sowie für selbstnutzende Eigentümer, die seit dem 01.02.2002 in ihrem Eigentum wohnen. Auch für Personen über 80 Jahren entfällt im Havariefall (irreparabler Ausfall des Heizkessels) die Pflicht zur Umstellung auf erneuerbares Heizen. Für den Fall, dass nach dem 01.02.2002 ein Eigentümerwechsel stattgefunden hat, besteht für den im Havariefall notwendigen Heizungstausch eine Übergangsfrist von 3 Jahren, in dem weiterhin fossil geheizt werden darf. Weitere Ausnahmen sind die Umstellung von einer Etagenheizung auf eine Zentralheizung oder, wenn ein Anschluss an ein Fernwärmenetz absehbar ist. Stehen der Gebäudewert und die Investitionssumme in keinem angemessenen Verhältnis oder bestehen sehr lange Wartezeiten für den Anschlussstermin, gibt es vorerst auch die Möglichkeit weiterhin eine gebrauchte Heizung fossil zu betreiben.

## **ÖLHEIZUNG**

In einem Öltank gelagertes Heizöl wird mittels Brenner in einem Brennraum verbrannt. Die dort entstehende Wärme wird mittels eines Wärmeübertragers an das Heizungssystem abgegeben. Ab 2024 ist der Einbau einer neuen Ölheizung nur in Kombination mit min. 65 % erneuerbar erzeugter Wärme möglich. Für Bestandsanlagen gibt es keine Pflicht zum Austausch.

## **GASHEIZUNG**

Erdgas, welches aus einem deutschlandweiten Verbundnetz entnommen wird, wird über eine Verbrennungseinrichtung verbrannt. Die entstehende Wärme wird an das Heizungssystem abgegeben. Die Verbrennung verläuft deutlich sauberer als bei einer Ölheizung, dennoch werden auch hier CO<sub>2</sub> Emissionen frei. Ab 2024 soll eine neugebaute Heizungsanlage auf der Basis von 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden, dies gilt somit auch für neue Gasheizungen. Eine Einbindung von beispielsweise Solarthermie oder anderen klimaneutralen Energiequellen ist somit unabdingbar.

## **HOLZPELLETKESEL**

Die Holzpellets werden in einem sich in der Nähe der Heizungsanlage befindlichen Vorratstank gelagert. Von dort aus werden sie meist automatisch zur Verbrennung geleitet. Die Verbrennung findet sehr sauber statt, es fällt verhältnismäßig wenig Asche an. Dennoch bindet dieses System viel Fläche, neben der Heizungsanlage und den Vorrat für die Pellets ist für das Betreiben ein Pufferspeicher unabdingbar. Auch der Flächenaufwand für den Anbau von Bäumen ist nicht außer Acht zu lassen. Ebenfalls wird durch das Verbrennen von Holz in kurzer Zeit CO<sub>2</sub> frei, welches der Baum über mehrere Jahrzehnte gebunden hat. Diese starke zeitliche Ungleichverteilung hat zur Folge, dass trotz des theoretisch neutralen CO<sub>2</sub>-Kreislaufes die Bilanz negativ ist.

## **HACKSCHNITZELKESEL**

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

## **WÄRMEPUMPE**

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

Die bei Wärmepumpen verwendeten Kältemittel können mit unter ein großes Treibhauspotential (Global Warming Potential - GWP) aufweisen. Ein typisch verwendetes Kältemittel ist R-410A. Dieses Kältemittel hat im Vergleich zu CO<sub>2</sub> eine 2.088-fach höhere Wirkung auf den Treibhauseffekt. Für einen möglichst geringen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sollte bei der Wahl der Wärmepumpe also auf die Wahl des Kältemittel geachtet werden. Klimafreundlichere Optionen in diesem Sinne stellen Ammoniak (GWP = 0) und CO<sub>2</sub> (GWP = 1) dar. Weiterhin ist auf die F-Gase-Verordnung hinzuweisen. Diese sieht vor die teilfluorierten Kohlenwasserstoffe schrittweise bis 2030 vom Markt zu nehmen. Hier drunter fallen einige in Wärmepumpen verwendeten Kältemittel. Ein am 01. März 2023 eingereichter Kommissionsentwurf sieht deutliche Verschärfungen dieser Verordnung beim Einsatz dieser Stoffe bei Neuanlagen und im Bestand vor.

## SOLARTHERMIE

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

## PHOTOVOLTAIK IN KOMBINATION MIT HEIZSTAB

Als Pendant zur Solarthermie ist auch das Einbinden einer Photovoltaikanlage mit Heizstab in das Heizsystem möglich. Gegenüber der Solarthermie wird kein Trägermedium benötigt, Komponenten wie Solarpumpe, Sicherheitseinrichtungen etc. fallen weg. Dennoch benötigt ein solches System ein möglichst intelligentes Einspeisemanagement, um einerseits keinen Netzstrom für den Heizstab zu nutzen, andererseits bei Sonneneinstrahlung immer den Heizstab in der Einsatzreihfolge zu präferieren. Auch dieses System dient wie die Solarthermie lediglich zur Unterstützung.

## BRENNSTOFFZELLEN

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

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

In diesem Vergleich wird davon ausgegangen, dass eine bestehende Gasheizung in einem Bestandsgebäude mit einem Wärmebedarf von 22.500 kWh/a durch eine neue mit Biogas betriebene Gasheizung oder alternative Heizungssysteme ausgetauscht wird. Abbildung 41 zeigt die gerechneten Varianten und die entsprechenden Vollkosten. Die unwirtschaftlichste Lösung über die nächsten 20 Jahre stellt unter den getroffenen Annahmen (siehe Tabelle 29) die Pelletheizung dar. Zu erklären ist dies durch die einerseits hohen Brennstoffkosten, andererseits auch durch die hohen Aufwendungen in der Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Weiterhin sollte erwähnt werden, dass die Herstellung von Pellets aus Sägespänen erfolgt. Diese fallen in Sägewerken als Reststoff an und können daher gut für die energetische Verwertung verwendet werden. Sind keine Sägespäne als Reststoff vorhanden bzw. übersteigt die Nachfrage nach Pellets die anfallende Reststoffmenge,

müssen Pellets aus Stammholz als Primärprodukt produziert werden. Die Wirtschaftlichkeit hinter diesem Prozess bei heutigen Preisen für Pellets ist als fragwürdig zu bewerten.

Die höchsten Investitionskosten hat die Variante Wärmepumpe + PV + Batterie. Allerdings ist die Rechnung hier zu 100 % auf den Wärmebedarf bezogen worden – tatsächlich gibt es durch die PV-Anlage zusätzliche Einsparungen bei den regulären Stromkosten, was die Installation einer PV-Anlage unabhängig von dem Gebrauch einer Wärmepumpe interessant macht. Der Betrieb einer Gasheizung mit Biogas kann eine sinnvolle Lösung darstellen. Allerdings muss der dauerhafte Bezug von mindestens 65 % grüner Gase vertraglich über ein Nachweissystem sichergestellt sein. Da zukünftig mit einer hohen Nachfrage zu rechnen ist, muss auch mit erheblichen Preissteigerungen gerechnet werden (BMKW, 2022). Die Wärmepumpe ist mit Vollkosten von 19,39 ct/kWh die günstigste Alternative. Dies sind die Vollkosten, mit denen ein mögliches Wärmenetz in den folgenden Betrachtungen verglichen wird. Es sei aber noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei den errechneten Vollkosten lediglich um eine Indikation/Trend für einzelne Lösungen handelt. Ein genauer und entsprechend richtiger Vollkostenvergleich kann ausschließlich individuell für einzelne Gebäude mit aktuellen Angeboten durchgeführt werden.

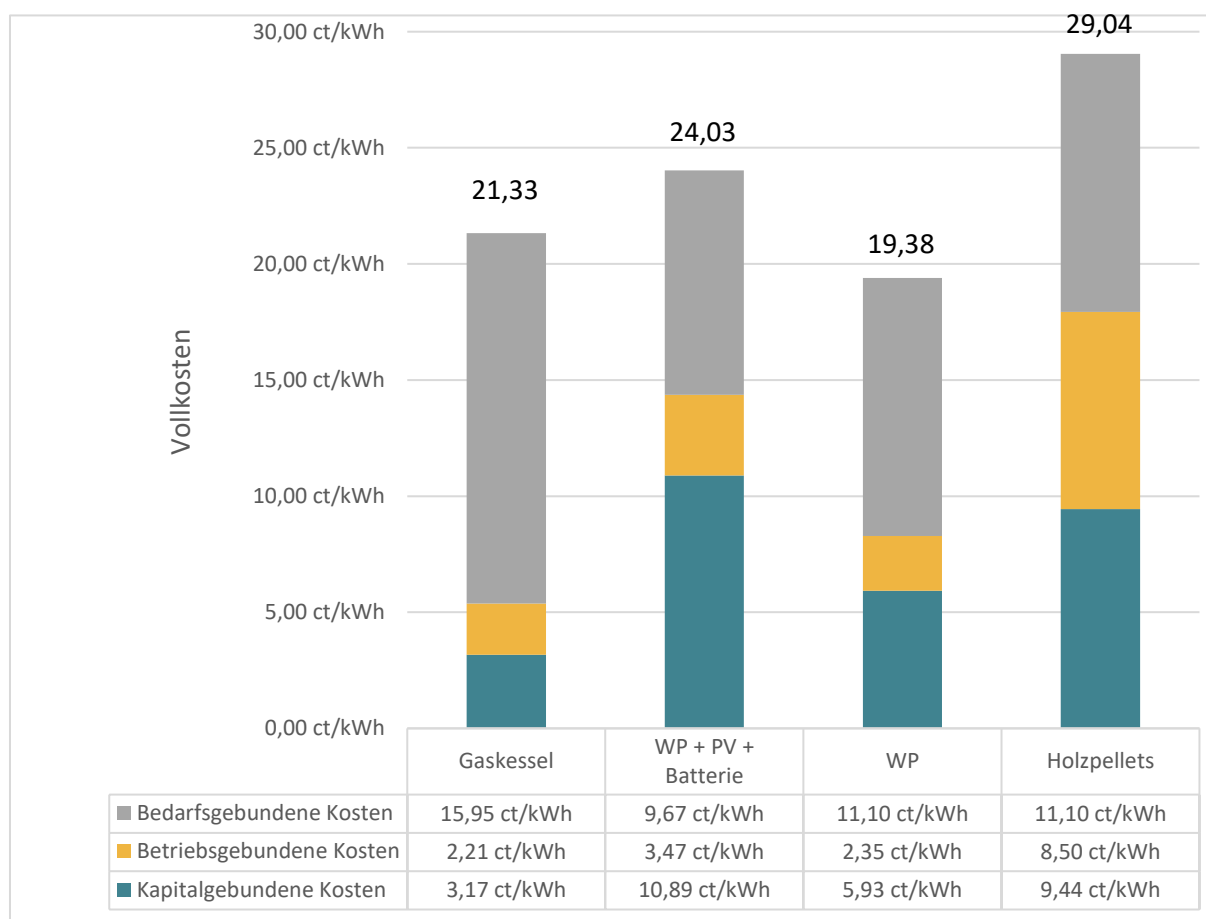


Abbildung 41: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Die in Tabelle 29 getroffenen Annahmen beruhen sowohl auf eigenen Annahmen als auch auf Werten vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021) und des C.A.R.M.E.N e. V. (C.A.R.M.E.N e.V., 2022). Es wurden die Preisbremsen für die verschiedenen Anwendungsfälle angenommen. Die Kosten für Wärmepumpen orientieren sich an aktuellen Preisen. Wie sich das von der EU geplante Verbot von Kältemitteln mit einem hohem GWP auf diese auswirken wird, ist nicht abschätzbar und findet deshalb keine Berücksichtigung.

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

Tabelle 29: Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

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

Bei der Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden alle individuellen Lösungen mit einem erdgasbefeuerten Gaskessel verglichen, da ein solches Heizsystem in Bestandsbauten am häufigsten vorkommt. Die Ergebnisse dieses CO<sub>2</sub>-Vergleichs werden in Tabelle 30 dargestellt. Es zeigt sich, dass auf Grund der hohen anzusetzenden spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, 2022) die Emissionen der Wärmepumpe mit 4.666 kg die niedrigste Einsparung von ca. 22 % gegenüber denen des Gaskessels erzielen. Bei der Verwendung von Biomethan reduziert sich dieser Wert um ca. 42 % auf 3.500 kg/a. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmepumpe können durch die Verwendung der PV-Anlage auf 3.658 kg/a reduziert werden. Die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mit 500 kg/a jedoch von der Pelletheizung emittiert, vorausgesetzt es handelt sich um nachhaltig produzierte Pellets.

Tabelle 30: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen der individuellen Lösungen

Technologie	Gaskessel		Wärmepumpe		Pelletkessel
	Erdgas (Referenz)	Biomethan	Netzstrom	Netzstrom (mit PV)	Holz
spezifische CO <sub>2</sub> -Emission	240 g/kWh	140 g/kWh	560 g/kWh	560 g/kWh	20 g/kWh
benötigte Energie	25.000 kWh	25.000 kWh	8.333 kWh	6.532 kWh	25.000 kWh
CO <sub>2</sub> -Emission	6.000 kg	3.500 kg	4.666 kg	3.658 kg	500 kg
rel. Änderung zur Referenz	0 %	-42 %	-22 %	-39 %	-92 %



## Auf den Punkt.

- Unter Betrachtung der Aspekte Ökologie, Technologie und Wirtschaftlichkeit ist die beste Lösung zur dezentralen Wärmeversorgung die Wärmepumpe (besonders in Kombination mit Photovoltaik)
- Power-to-heat mit Photovoltaik und Solarthermie können sinnvolle Ergänzungen sein.
- Ölheizungen stellen durch das kommende Verbot keine Option dar
- Gasheizungen sind nur begrenzt für die Neuanschaffung geeignet
- Allgemein kann die Wärmepumpe auch für Bestandsgebäude eine sinnvolle Lösung sein. Als Orientierungswert sollte ab einem spezifischen Wärmebedarf von über 150 kWh/m<sup>2</sup> eine energetische Sanierungsmaßnahme vorrangig in Betracht gezogen werden
- Die Eignung einer Wärmepumpe muss im Einzelnen geprüft werden, da sie stark abhängig von verschiedenen Faktoren wie z.B. der Vorlauftemperatur im Heizkreislauf und den vorhandenen Heizkörpern ist

## 4.5 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

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

### 4.5.1 WÄRMENETZ

Während der Machbarkeitsstudie konnte ein möglicher Standort für die Heizzentrale identifiziert werden. Hierbei handelt es sich allerdings bloß um einen Vorschlag, die Erschließung eines finalen Standorts muss während einer möglichen Umsetzung erfolgen.

Für die folgende Betrachtung ist der Standort am Sportplatz gewählt worden. Hierbei handelt es sich um keinen konkreten und finalen Standort, sondern um eine Idee für eine mögliche Umsetzung. Abbildung 42 zeigt den Verlauf der Wärmeleitungen.

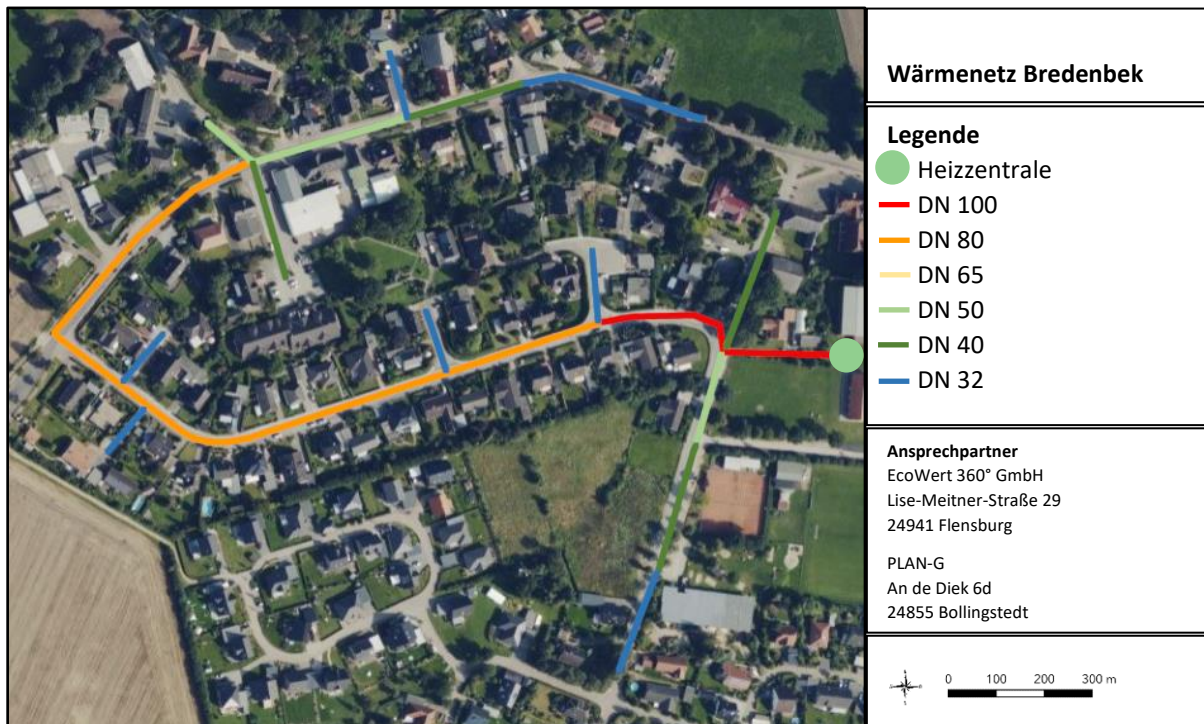


Abbildung 42: Dimensionierung eines Wärmenetzes im Quartier Bredenbek Zentrum (Sattellitenbild: viamichelin.de)

Im finalen Ausbau wird die Haupttrasse ca. 1,5 km lang sein. Im Schnitt kann mit ca. 20 m zusätzlicher Leitung für jeden Hausanschluss gerechnet werden. Dabei ist die Dimension des Hausanschlusses von dem Wärmebedarf der Liegenschaft abhängig.

Ein Wärmenetz dieser Länge wird bei Vorlauftemperaturen zwischen 80 °C und 90 °C Wärmeverluste von ca. 490 MWh/a aufweisen, was bei einer Anschlussquote von 100 % Wärmeverlusten in Höhe von 17 % des Wärmeabsatzes entspricht.

Grundsätzlich ist ein Fernwärmenetz immer dann interessant und wirtschaftlich, wenn auf möglichst kurzer Strecke viel Wärme geliefert werden kann – entweder durch große Wärmesenken oder eine hohe Anschlussquote. Diese Größe wird als Wärmelinien-dichte  $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}\right]$  bezeichnet und gibt die gelieferte Wärme über der Trassenlänge in Meter pro Jahr an. Als grober Faustwert gilt, dass ein Wärmenetz ab einer Liniendichte von  $500 \frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}$  wirtschaftlich interessant wird (Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH, 2016). Um ein Wärmenetz langfristig wirtschaftlich zu betreiben ist jedoch ein deutlich größerer Wert notwendig. Abhängig von den Gegebenheiten vor Ort, beispielsweise durch eine besonders günstige Erzeugung, können auch niedrigere Liniendichten interessant sein. Tabelle 31 zeigt, dass die Liniendichte auch bei einer geringen Anschlussquote im akzeptablen Bereich liegt und eine Erschließung des gesamten Ortes möglich zu sein scheint. Die genannten  $500 \frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}$  werden bei einer Anschlussquote von etwas unter 30 % erreicht. In den folgenden Kapiteln wird dies über die Ermittlung von Vollkosten eines Wärmenetzes und den Vergleich mit individuellen Lösungen genauer untersucht.

Tabelle 31: Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote

Anschlussquote	Liniendichte [kWh/(m*a)]
25 %	449
50 %	897
75 %	1.346
100 %	1.795

## 4.5.2 ERZEUGUNGSKONZEPTE

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

### SZENARIO 1: BRENNSTOFFFREI

Dieses Konzept zielt darauf ab in Zukunft keine fossilen Brennstoffe zur Wärmeversorgung zu nutzen. Hauptsächlich wird die Wärme über eine Großwärmepumpe bereitgestellt, welche Umgebungsluft als Wärmequelle nutzt. Grundsätzlich wären auch andere Wärmequellen möglich, die auch ergänzend genutzt werden können, aber wie bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben, ist die Nutzung von Erdwärme über Sonden oder Kollektoren mit höheren Investitionskosten verbunden und eine genauere Betrachtung erst nach der Durchführung eines Geothermal Response Test und einer anschließenden Simulation des Sondenfeldes möglich. Somit ist die Wahl für folgende Betrachtungen zunächst auf die Luft-Wärmepumpe gefallen.

In Abbildung 43 wird das brennstofffreie Konzept in Form einer Konzeptskizze dargestellt. Regenerative Stromquellen wie Photovoltaik oder Windkraft liefern nachhaltigen Strom für den Betrieb der Wärmepumpe. Befinden sich die Anlagen innerhalb einer Wärmegesellschaft kann überschüssiger Strom zusätzlich am Strommarkt verkauft werden – durch diese Erlöse wird der Wärmepreis weiter reduziert. In dieser Betrachtung wurde von einem günstigen Strombezug von externen Photovoltaikanlagen oder einer Windkraftanlage für den Betrieb der Wärmepumpe ausgegangen. Zur Sicherheit ist ein Spitzenlast-Gaskessel sowie eine weitere Power-to-Heat-Anlage (Heizstab oder Elektrodenheizkessel) als Redundanz vorgesehen. Während extremen Kälteperioden oder für den Fall, dass die Wärmepumpe ausfallen sollte, können diese Anlagen einspringen und die Wärmeversorgung für diesen Zeitraum sicherstellen. Um auch in solch einem Fall klimaneutral heizen zu können, kann hier in Zukunft auf Biomethan oder andere E-Fuels zurückgegriffen werden. Typischerweise lässt sich das brennstofffreie Konzept ohne regenerative Stromquellen oder die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) wirtschaftlich nicht umsetzen.

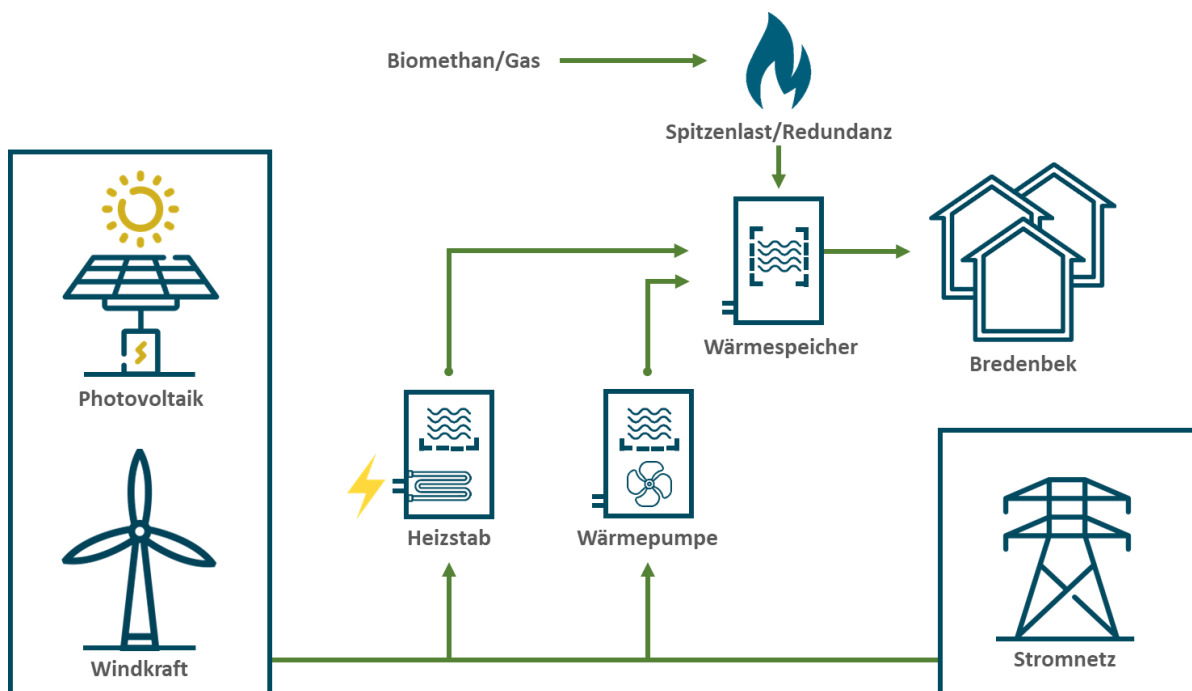


Abbildung 43: Konzeptskizze des brennstofffreien Erzeugungsszenarios

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

Abbildung 44 zeigt den Aufbau einer Heizzentrale basierend auf einer Großwärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 2,5 MW. Zu erkennen sind zentral im Bild die benötigten Rückkühlwerke, welche die Umgebungsluft für den Betrieb der Wärmepumpe ansaugen und kühlen. Rechts neben den Rückkühlwerken ist ein thermischer Speicher zu erkennen. Das Gebäude links im Bild ist das Heizhaus, welches die Wärmepumpe beinhaltet – hier wären auch, abhängig von der Wärmepumpe, schlankere Container-Lösungen denkbar.



Abbildung 44: Heizzentrale eines wärmepumpenbasierten Wärmenetzes (Aalborg CSP, 2022)

## SZENARIO 2: KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Wie bereits in Abschnitt 4.2.5 beschrieben, stellt die Kraft-Wärme-Kopplung die gleichzeitige Bereitstellung von Wärme und Strom dar. In dem erarbeiteten Konzept wird Biogas, welches idealerweise aus einer lokalen Biogasanlage bezogen wird, in einem Blockheizkraftwerk verbrannt. Der bereitgestellte Strom kann für den Betrieb einer Wärmepumpe oder die Vermarktung am Strommarkt genutzt werden.

Abbildung 45 zeigt die Konzeptskizze des Kraft-Wärme-Kopplung Konzepts. Das Konzept beinhaltet ein Blockheizkraftwerk und eine Wärmepumpe, sowie einen Gaskessel als Spitzenlastkessel und Redundanz.

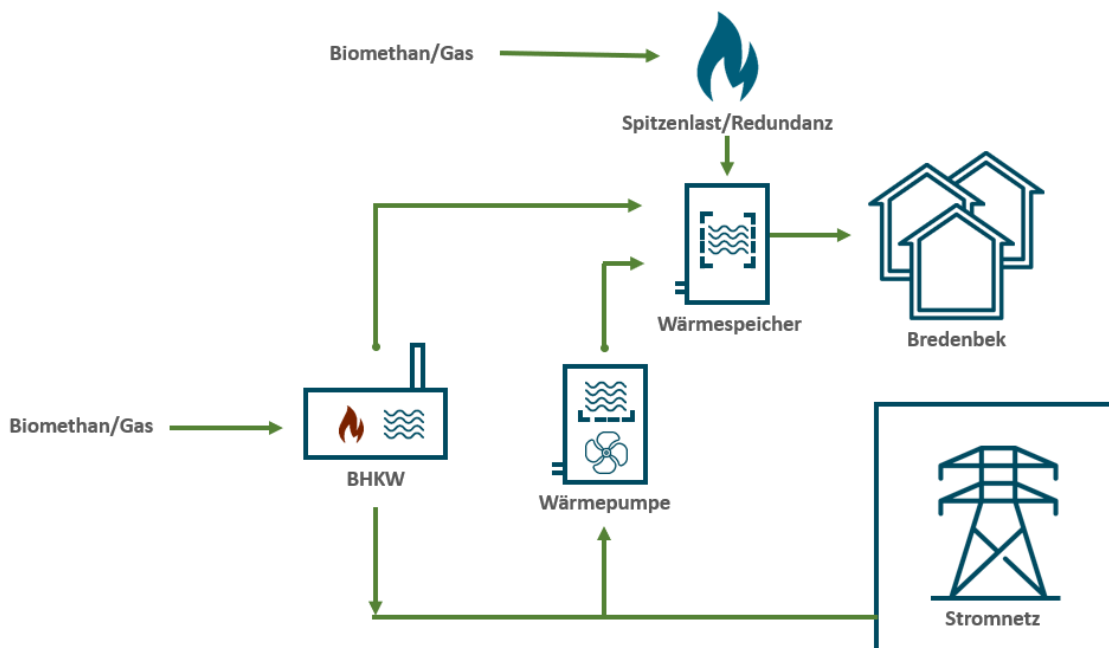


Abbildung 45: Konzeptskizze des Kraft-Wärme-Kopplungsszenarios

Ein großer Vorteil dieses Konzepts ist, dass der Betreiber des Wärmenetzes eine höhere Flexibilität bei der Bereitstellung der Wärme hat und schnell auf Veränderungen am Energiemarkt reagieren kann. Das BHKW kann beispielsweise bei hohen Strompreisen in das Stromnetz einspeisen und ansonsten die Wärmepumpe antreiben. Darüber hinaus ist das Konzept weniger abhängig von der Einbindung regenerativer Stromquellen. Durch die Möglichkeit Strom aus der KWK-Anlage zu verwenden, lassen sich typischerweise auch Wärmenetze ohne PV oder Windstrom wirtschaftlich darstellen.

Demgegenüber steht die Abhängigkeit von der Verfügbarkeit des Brennstoffes. Sollte das Angebot an Biogas bereits ausgeschöpft sein muss auf die Verbrennung von Erdgas zurückgegriffen werden.

## SZENARIO 3: HOLZHACKSCHNITZEL

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

Abbildung 46 zeigt wie bei dieser Variante die Wärme bereitgestellt wird. Das Konzept beinhaltet neben dem Wärmespeicher die Hackschnitzelanlage und einen Gaskessel für Spitzenlast und Redundanz.

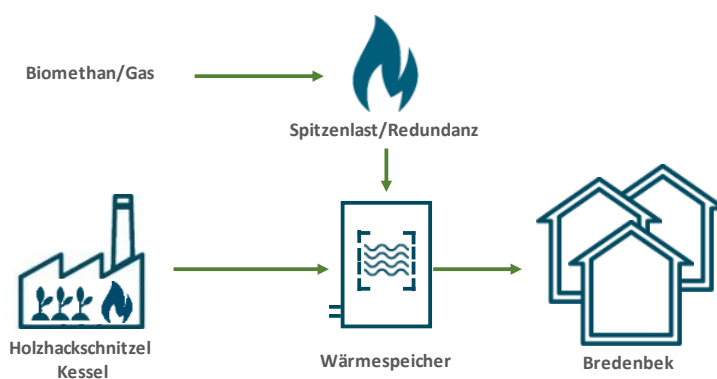


Abbildung 46: Konzeptskizze des Holzhackschnitzelszenarios

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

### 4.5.3 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

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

#### Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)

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

Wohneinheiten förderfähig. Eine Kumulierung der BEW mit anderen Fördermitteln ist grundsätzlich ausgeschlossen.

## Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien

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

## Modul 2: Systemische Förderung für Neubau- und Bestandsnetze

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

## Modul 3: Einzelmaßnahmen

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

## Modul 4: Betriebskostenförderung

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

## Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Durch Wärmerzeugung mittels eines oder mehreren Blockheizkraftwerken mit Biomethan kann für eine geplante Wärmenetzerweiterung oder Neubau die im Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)

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

Zusätzlich gibt es noch die Möglichkeit für eine Förderung von Wärme- und Kältespeichern. Bedingungen für diese Förderung sind, dass die Wärme des Speichers zu min. 50 % aus Kombination von KWK-Anlagen, EE und/oder industrieller Abwärme stammen muss. Des Weiteren muss die Wärme des Speichers zu min. 25 % aus KWK-Anlagen erzeugt werden. Der Speicher darf die mittleren Wärmeverluste von max. 15 W/m<sup>2</sup> nicht überschreiten (bezogen auf mittlere Außentemperatur und Aufstellung innen oder außen). Die Zuschlagshöhe beträgt 250 €/m<sup>3</sup> Wasseräquivalent bei einem Speichervolumen bis zu 50 m<sup>3</sup>. Über 50 m<sup>3</sup> beträgt der Zuschlag 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten. Beispiele für die ansatzfähigen Investitionskosten sind unter anderem Erdarbeiten, Behälter/Anlagenbau, Rohrleitungsbau/Pumpen sowie Elektro-/Mess-/Steuer- und Regelungstechnik.

## Landesprogramm Wirtschaft - Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme

Die Förderrichtlinie des Landes Schleswig-Holstein befindet sich für den Zeitraum 2021–2027 gegenwärtig in der Aufstellung. Diese wird finanziert aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE). Mit dieser Maßnahme werden Vorhaben gefördert, welche den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen und den Einsatz erneuerbarer Energien in diesen berücksichtigen. Für den vorherigen Zeitraum wurde eine maximale Zuwendung von 1.000.000 € gewährt, begrenzt auf 50 % der förderfähigen Kosten.

## Zinsgünstige Kredite

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

### 4.5.4 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

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

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



Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit beruht auf der VDI 2067 Richtlinie (Verein Deutscher Ingenieure, 2012) und berücksichtigt angenommene Preissteigerungen für Wartung oder Brennstoffe, Reinvestitionen und Restwerte der Anlagen. Zentrale Annahmen, die zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes getroffen wurden, werden in Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 32: Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bezeichnung	Wert
Betrachtungszeitraum (Vorgabe BEW)	30 a
Zinssatz	3,6 %
Preissteigerung Brennstoffe	2 %
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung	3 %
Netzstrom	27 ct/kWh
Direktstromeinkauf Windkraftanlage	12 ct/kWh
Stromverkauf an der Börse	16 ct/kWh
Einkauf Biomethan	7 ct/kWh
Getrocknete Holzhackschnitzel	80 €/t
Baukostenzuschuss	16.500 €

Der Baukostenzuschuss ist als Betrag zu verstehen, der vom Anschlussnehmer für den Anschluss an das Wärmenetz inklusive Übergabestation gezahlt werden muss. Es ist zu beachten, dass dieser für die Berechnung dieses Berichtes angenommen wurde und somit nicht als festgesetzter Wert zu verstehen ist. Die Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes ergeben sich aus einer Entwurfsplanung mit aktuellen Preisen der einzelnen Gewerke. Für die beim Wärmenetzbau benötigten Erdarbeiten ist die konservative Annahme getroffen worden, dass 100 % durch Schwarzdecke verlegt werden muss. Die Gesamtkosten sind Tabelle 33 zu entnehmen.

Tabelle 33: Investitionskosten des Wärmenetzes

Bezeichnung	Nettoinvestition
Fernwärmeleitung	1.630.000 €
Hausanschlüsse 100 %	1.276.000 €
<b>Gesamtinvestition</b>	<b>2.906.000 €</b>
Förderung 40 %	1.162.000 €
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>	<b>1.744.000 €</b>

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

Für die Simulation der verschiedenen Szenarien wurde angenommen, dass der Spitzenlastkessel ausschließlich mit Biomethan betrieben wird, was dem Zielbild einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung entspricht. Trotz dessen ist der Betrieb des Gesamtsystem konzeptübergreifend so ausgelegt, dass entsprechend der BEW-Anforderung maximal 10 % des Wärmebedarfes durch den Gaskessel gedeckt wird. Dies ist notwendig, da dadurch bei fehlender Verfügbarkeit von Biomethan

und dem Betrieb mit fossilem Gas der Anspruch auf die Förderung weiterbesteht. Die genaue Auslegung der jeweiligen Komponenten ist den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Für die Investitionsförderung muss beachtet werden, dass nicht alle Komponenten förderfähig sind. Gaskessel gelten zwar beim Betrieb mit Biogas als klimaneutral, sind aber nicht Gegenstand der BEW. Ebenso wird der im brennstofffreien Konzept eingesetzte Heizstab nicht gefördert. Die restlichen aufgeführten Komponenten werden mit 40 % bezuschusst.

## SZENARIO 1: BRENNSTOFFFREI

Tabelle 34 zeigt die Dimensionierung der Komponenten des brennstofffreien Konzepts. Die Gesamtinvestition der Erzeugung liegt bei diesem Szenario zwischen den Investitionskosten der beiden anderen Szenarios. Die Auslegung des Spitzenlastkessels ist aus Redundanzzwecken mit 400 kW<sub>th</sub> gewählt.

Tabelle 34: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	400 kW <sub>th</sub>	76.000 €
Heizstab	400 kW <sub>th</sub>	36.000 €
Wärmepumpe	500 kW <sub>th</sub>	921.000 €
Wärmespeicher	200 m <sup>3</sup>	91.000 €
Heizhaus	30 m <sup>2</sup>	61.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>1.185.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>756.000 €</b>

Für das brennstofffreie Konzept wurde anhand eines simulierten Verbraucherlastganges und der Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenenergie eine Aufteilung des Energiebezugs (vgl. Tabelle 35) ermittelt. Hier ist zu sehen, dass die Wärmepumpe den Großteil der Wärme bereitstellt.

Tabelle 35: Jährlicher Energiebezug des brennstofffreien Konzeptes bei 100 % Anschlussquote

Bezeichnung	Energiebezug
PV-Bezug	331.000 kWh
Wind-Bezug	592.000 kWh
Netzbezug	642.000 kWh
<b>Wärmepumpe</b>	<b>1.140.000 kWh</b>
<b>Heizstab</b>	<b>425.000 kWh</b>

Anhand dieser Differenzierung ergibt sich die Höhe der Betriebskostenförderung für die Wärmepumpe nach Modul 3 BEW (vgl. Tabelle 36). Für Wärmepumpen errechnet sich diese anhand der Effizienz, welche sich aus dem tatsächlichen Betrieb der Anlage ergibt. Dementsprechend sind die hierfür angegebenen Werte nur als Orientierung zu verstehen. Für den Bezug aus PV und Wind wurde angenommen, dass die Versorgung über eine Direktleitung erfolgt. Hierfür kann dann zwar nur der geringere Vergütungssatz angenommen werden, jedoch ist der Direktkauf deutlich günstiger.

Tabelle 36: Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – brennstoffreies Konzept

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
EE-Bezug	2,98 ct/kWh <sub>th</sub>	12.000 €/a
Netzbezug	9,04 ct/kWh <sub>th</sub>	51.000 €/a
<b>Gesamt</b>		<b>63.000 €/a</b>

Die Vergütungssätze für den Energiebezug der Wärmepumpe in diesem Szenario befinden sich nah an den von der BEW festgelegten Höchstsätzen, weshalb die Betriebskostenförderung hier einen hohen Vorteil bringt. Da die wirtschaftliche Betrachtungszeit 30 Jahre beträgt und nach 10 Jahren die Förderung der Betriebskosten endet, wurde die gesamte Fördersumme auf einen jährlichen Betrag im Betrachtungszeitraum heruntergerechnet, um im Ergebnis auf einen Arbeitspreis zu kommen, welcher Kostendeckend über den Betrachtungszeitraum wirkt.

## SZENARIO 2: KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Tabelle 37 zeigt die Dimensionierung der Komponenten des Kraft-Wärme-Kopplungskonzepts. Die Gesamtinvestition ist bei diesem Szenario am höchsten. Auch hier ist die Auslegung des Spitzenlastkessels aus Redundanzzwecken mit 550 kW<sub>th</sub> hoch angesetzt.

Tabelle 37: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – KWK

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	550 kW <sub>th</sub>	105.000 €
BHKW	250 kW <sub>th</sub>	383.000 €
Wärmepumpe	400 kW <sub>th</sub>	737.000 €
Wärmespeicher	200 m <sup>3</sup>	91.000 €
Heizhaus	60 m <sup>2</sup>	122.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>1.438.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>904.000 €</b>

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung benötigten elektrischen Energie ist Tabelle 38 zu entnehmen. Der PV-Bezug wurde für dieses Konzept mit aufgenommen, da sich südlich der Gemeinde Bredenbek eine PV-Anlage in Planung befindet, welche zur Direktversorgung in Frage kommt.

Tabelle 38: Jährlicher Strombezug im Szenario 2: Kraft-Wärme-Kopplung bei 100 % Anschlussquote

Bezeichnung	Strombezug
PV-Bezug	298.000 kWh
Netzbezug	318.000 kWh
BHKW-Bezug	378.000 kWh
BHKW Überschussstromspeisung	86.000 kWh

Die Vergütungssätze der Betriebskostenförderung sind annähernd wie die des brennstofffreien Konzepts. Da hier jedoch das BHKW 20 % des Wärmebedarfes deckt und die Wärmepumpe damit prozentual weniger bereitstellt, fällt die gesamte jährliche Fördersumme geringer aus (siehe Tabelle 39).

Tabelle 39: Jährliche Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote in den ersten 10 Jahren

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
EE-Bezug	2,96 ct/kWh <sub>th</sub>	30.000€
Netzbezug	8,90 ct/kWh <sub>th</sub>	72.000 €
<b>Gesamt</b>		<b>101.000 €</b>

## SZENARIO 3: HOLZHACKSCHNITZEL

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

Tabelle 40: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung - Holzhackschnitzel

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	500 kW <sub>th</sub>	83.000 €
HHS-Kessel	700 kW <sub>th</sub>	533.000 €
Wärmespeicher	200 m <sup>3</sup>	91.000 €
Heizhaus	120 m <sup>2</sup>	244.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>951.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>604.000€</b>

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

## ZUSAMMENFASSUNG

Tabelle 41: Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote

Konzept	Verbrauchskosten ohne Betriebskostenförderung	Verbrauchskosten mit Betriebskostenförderung
SZ1: Brennstofffrei	281.000 €	218.000 €
SZ2: Kraft-Wärme-Kopplung	283.000 €	242.000 €
SZ3: Holzhackschnitzel	121.000 €	121.000 €

Betrachtet man die verbrauchs-, betriebs- und kapitalgebundenen Kosten zusammen ergeben sich die in Abbildung 47 dargestellten spezifischen Vollkosten. Es zeigt sich, dass einzig der Holzhackschnitzelkessel bei einer Anschlussquote von 50 % geringere Vollkosten als die dezentrale Versorgung mit einer Wärmepumpe von 19,39 ct/kWh<sub>th</sub> erreicht. Mit dem brennstofffreien Konzept kann jedoch ein vergleichbarer Preis erzielt werden wie bei der dezentralen Lösung. Diese spezifischen Kosten können als Arbeitspreis beim Endkunden verstanden werden, bei welchem das System über 30 Jahre ohne Profit finanziert wird.

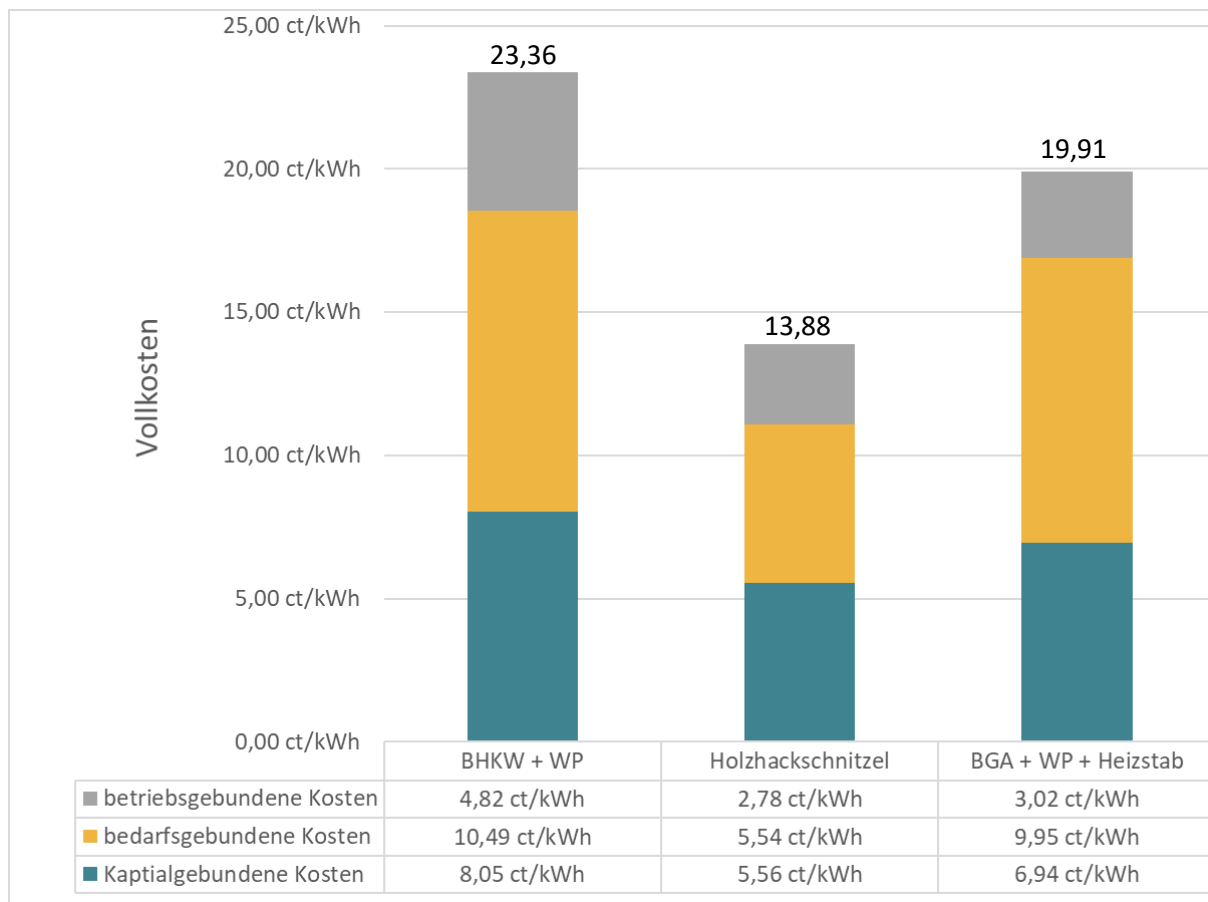


Abbildung 47: Spezifischen Vollkosten der verschiedenen Konzepte bei 50 % Anschlussquote

#### 4.5.5 SENSITIVITÄTSANALYSE

Die Vollkosten der verschiedenen Konzepte sind stark abhängig von der Anzahl der Anschlussnehmer. Je mehr Mitglieder der Gemeinde sich an das Wärmenetz anschließen, desto höher wird die Liniendichte. Wie bereits in Abschnitt 4.5.1 erwähnt wirkt sich eine höhere Liniendichte auf den Endkundenpreis aus. Diese Sensitivitätsanalyse zeigt auf, wie sich die Anschlussquote auf die Kosten für die Anschlussnehmer auswirken kann. Die Preisentwicklung bei den verschiedenen Konzepten ist Abbildung 48 zu entnehmen. Zur Darstellung dieser wurden die Wärmemenge und die Kosten für die Hausanschlüsse je nach Anschlussquote variiert. Die hier gezeigten Preise werden benötigt, um einen Betrieb des Wärmenetzes über 30 Jahre zu ermöglichen, bei dem kein Gewinn erzielt wird. Es ist deutlich zu sehen, dass vor allem im Bereich zwischen 30 % und 50 % gerade in einem kleinen Quartier wie Bredenbek jeder Anschlussnehmer zählt. Bei 92 Haushalten kann durch nur ungefähr neun Hausanschlüsse die Anschlussquote um 10 % gesteigert werden. Im Bereich von 40 % bis 50 % macht dies z.B. für die brennstofffreie Variante einen Preisunterschied von ca. 2 ct/kWh. Nimmt man einen typischen Wärmeverbrauch für ein Einfamilienhaus von 22.500 kWh im Jahr an, macht das bereits einen Unterschied von 450 €.

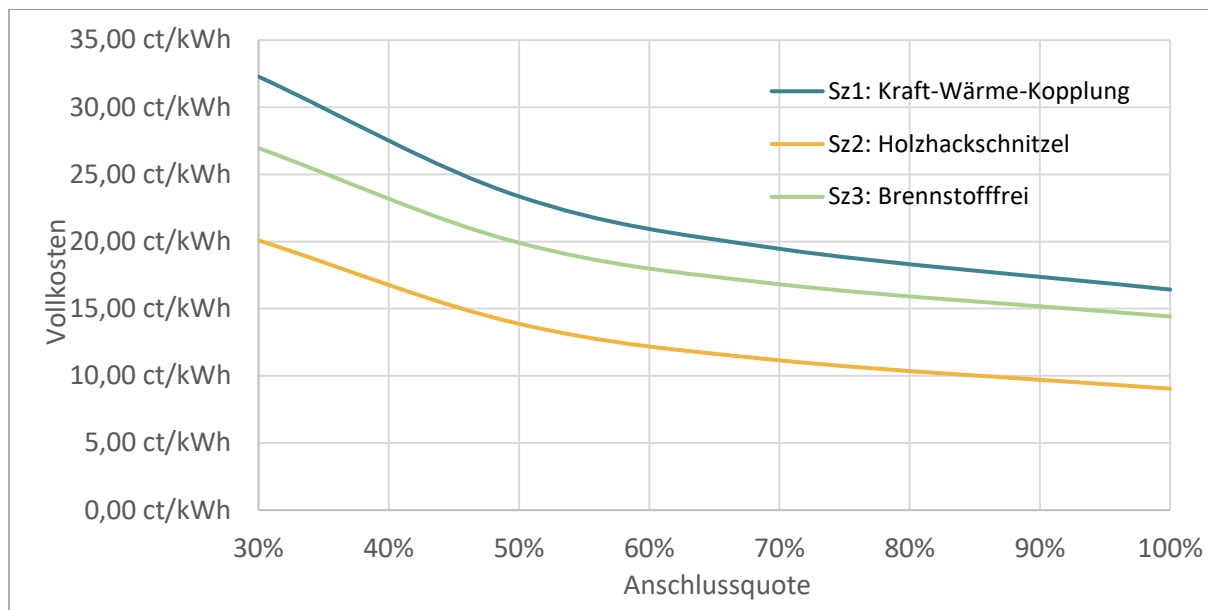


Abbildung 48: Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote

#### 4.5.6 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

Ziel dieser Studie ist, einen möglichen Pfad zur CO<sub>2</sub>-Neutralität der Gemeinde Bredenbek aufzuzeigen. Neben dem vorgestellten, möglichen Wärmenetz werden auch andere Sektoren und Lösungen untersucht, welche in Ihrer Gesamtheit zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen. In diesem Absatz werden drei wichtige Indikatoren zur Klimaverträglichkeit in Bezug auf das konzipierte Nahwärmenetz genauer untersucht:

- Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission
- Anteil erneuerbarer Energie
- Primärenergiefaktor

#### SPEZIFISCHE CO<sub>2</sub>-EMISSION

Wieviel CO<sub>2</sub> wird mit jeder verbrauchten Kilowattstunde Wärme ausgestoßen? Genau zu dieser Frage geben die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Wärmenetzes eine Auskunft. Dieser Abschnitt wird zeigen, wie sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Wärmenetzes in Zukunft voraussichtlich entwickeln wird.

Das Gebäudeenergiegesetz aus dem Jahr 2020 gibt vor, mit welchen Emissionsfaktoren verwendete Energieträger verrechnet werden. Es werden die Faktoren für fossile und biogene Brennstoffe, sowie Strom aufgeführt. Netzstrom wird beispielsweise mit 560 g CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kWh angegeben. Der Strombezug aus gebäudenahen, erneuerbaren Anlagen wie Photovoltaik oder Windkraft kann mit 0 g/kWh angesetzt werden. Bereits bei der heutigen Stromerzeugung liegt der Emissionsfaktor für Netzstrom unter dem anzusetzenden Wert von 560 g/kWh. Der CO<sub>2</sub>-Faktor für Netzstrom wird mit den gesetzten Zielen der Bundesregierung die nächsten Jahre weiter sinken, mit dem letztendlichem Ziel 2035 0 g/kWh zu erreichen.

In Tabelle 42 werden die genutzten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren sowie die resultierenden spezifischen und absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Wärmenetzes bei einer Sanierungsquote von 1 % bis zum Jahr 2045 dargestellt. Die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors für Netzstrom entspricht eigenen Annahmen und Erwartungen, wie sich der Strommix in Zukunft entwickeln könnte. Es wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung den Stromsektor bis zum Jahr 2035 zu dekarbonisieren erreicht wird, der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Netzstrom bis dahin auf 0 g/kWh sinkt und Szenario 1 damit im Jahr 2035

CO<sub>2</sub>-neutral sein wird. Bis dahin wird von einer linearen Absenkung des CO<sub>2</sub>-Äquivalentes ausgegangen. Es zeigt sich, dass bereits mit dem heutigen Strommix, insbesondere durch den hohen Anteil an Windstrom, niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen für das Wärmenetz resultieren. Im Jahr 2045 wird die Wärmeversorgung mit dem brennstofffreien Szenario CO<sub>2</sub>-neutral. Szenario 2 und 3 hingegen haben im Jahr 2045 weiterhin hohe Emissionen vorzuweisen. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Faktoren wurden auf Basis der im jeweiligen Szenario verwendeten Energiemengen und den in der Tabelle aufgeführten CO<sub>2</sub>-Faktoren berechnet. Im Szenario 3 wurde nur die durch die Wärmeerzeugung entstehenden Emissionen des BHKW berücksichtigt. Die Werte beruhen auf einer Anschlussquote von 100 %.

Tabelle 42: spezifische CO<sub>2</sub>-Emission für die erzeugte Wärme

Energieträger		CO <sub>2</sub> -Emission				
		2021	2025	2030	2040	2045
Wärmeabsatz (kWh/a)		2.814.000	2.703.000	2.570.000	2.325.000	2.211.000
Biogas		140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh
Holz		20 g/kWh	20 g/kWh	20 g/kWh	20 g/kWh	20 g/kWh
Netzstrom		560 g/kWh	467 g/kWh	233 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh
PV-/Windstrom		0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh
Sz. 1	spez. CO <sub>2</sub> -Emission	128 g/kWh	107 g/kWh	53 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	<b>359,4 t/a</b>	<b>287,9 t/a</b>	<b>136,6 t/a</b>	<b>0 t/a</b>	<b>0 t/a</b>
Sz. 2	spez. CO <sub>2</sub> -Emission	120 g/kWh	110 g/kWh	83 g/kWh	57 g/kWh	57 g/kWh
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	<b>338,8 t/a</b>	<b>297,0 t/a</b>	<b>214,3 t/a</b>	<b>132,5 t/a</b>	<b>126,0 t/a</b>
Sz. 3	spez. CO <sub>2</sub> -Emission	96 g/kWh	96 g/kWh	96 g/kWh	96 g/kWh	96 g/kWh
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	<b>270,8 t/a</b>	<b>260,1 t/a</b>	<b>247,3 t/a</b>	<b>223,7 t/a</b>	<b>212,7 t/a</b>

Sofern die Wärmeversorgung über das Wärmenetz gleichermaßen Heizöl und Erdgas als Energieträger ersetzt (vgl. Tabelle 16) kann der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei heutigen Wärmebedarf bereits um ca. 405,6 t CO<sub>2</sub>/a gesenkt werden.

## ANTEIL ERNEUERBARER ENERGIE

Besonders aufgrund der Umweltwärme für den Betrieb der Wärmepumpe, welche zu 100 % erneuerbar angerechnet wird, ist der erneuerbare Anteil an der Wärmeversorgung in Szenario 1 sehr hoch. Für den Betrieb der Wärmepumpe ist ein geringer Anteil an Netzstrom erforderlich. Dieser wird mit einem erneuerbaren Anteil von 46 % angesetzt, was dem Anteil im deutschen Strommix aus dem Jahr 2022 entspricht, (Umweltbundesamt, 2023). Der erneuerbare Energieanteil an der Wärmeversorgung ist in Tabelle 43 dargestellt – für das brennstofffreie Erzeugungskonzept beträgt er ca. 89,5 %. Mit Zunahme des erneuerbaren Anteils im Stromnetz wird der nicht erneuerbare Anteil der Wärmeversorgung weiter sinken, bis die Versorgung 100 % erneuerbar ist.

Tabelle 43: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz

Erzeuger	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Szenario 1	3.301.900 kWh	2.955.320 kWh	346.580 kWh
		<b>89,5 %</b>	<b>10,5 %</b>
Szenario 2	3.301.900 kWh	3.129.915 kWh	171.985 kWh
		<b>94,8 %</b>	<b>5,2 %</b>
Szenario 3	3.301.900 kWh	3.301.900 kWh	0 kWh
		<b>100 %</b>	<b>0 %</b>

## PRIMÄRENERGIEFAKTOR

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

Tabelle 44: Berechnung des Primärenergiefaktors

	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz.1	Netzstrom	174.350	1,8	313.830
	WP-Strom	467.450	1,2	560.940
	PV-/Windstrom	923.450	0	-
	Wärmelieferung	2.813.800	<b>0,31</b>	<b>874.770</b>
§22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,31</b>	
Sz.2	Biogas	1.145.800	1,1	1.260.380
	Netzstrom	-	1,8	-
	WP-Strom	318.500	1,2	382.200
	PV-/Windstrom	298.450	0	-
	Wärmelieferung	2.813.800	<b>0,58</b>	<b>1.642.580</b>
§22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,58</b>	
Sz.3	Holz	3.301.650	0,2	660.330
	Wärmelieferung	2.813.800	<b>0,3</b>	<b>660.330</b>
	§22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,2</b>



Tabelle 44 zeigt die Eingangsparameter und Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung. Nach GEG § 22 Absatz 3 ist zunächst ein Wert von 0,3 anzusetzen, wenn der ermittelte und veröffentlichte Wert des Primärenergiefaktors unter 0,3 liegt. Dieser darf um einen Wert von 0,001 für jeden Prozentpunkt des aus erneuerbaren Energien oder aus Abwärme erzeugten Anteils der im Wärmenetz genutzten Wärme verringert werden. Somit ergibt sich ein minimal möglicher Primärenergiefaktor nach Kappung von 0,2. Dieser wird von Szenario 3 erreicht. Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix wird auch der Faktor von Szenario 1 in Zukunft diesen Wert erreichen.

## 4.5.7 ZEITPLAN UND UMSETZUNG

Der Bau eines Wärmenetzes, welches das Zentrum der Gemeinde Bredenbek erschließt, würde typischerweise in mehreren Bauabschnitten erfolgen. Zunächst würden Gebiete erschlossen, die zum einen dicht an der finalen Heizzentrale liegen und idealerweise das höchste Absatzpotenzial innerhalb der Gemeinde aufweisen. Von dieser Keimzelle wächst das Wärmenetz in folgenden Bauabschnitten in den gesamten Ort. Baugebiete wie erst kürzlich errichtete Neubaugebiete können als letztes erschlossen werden.

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

### 1. Kundengewinnung:

Wie in den vorangegangenen Abschnitten bereits beschrieben, ist die Gewinnung von Kunden ein zentrales und wichtiges Element bei der Umsetzung eines Wärmenetzes. Die Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von der Akzeptanz und der Anschlussbereitschaft am Wärmenetz ab.

Die Kundengewinnung für den ersten Bauabschnitt stellt somit den ersten und wichtigsten Schritt bei der Umsetzung eines Wärmenetzes dar.

### 2. Planungsphase:

Abhängig von der Kundengewinnung kann es Sinn ergeben, einzelne Straßen früher oder entsprechend später zu erschließen. In der Planungsphase wird das Wärmenetz und die Dimensionierung der Erzeugungsanlagen konkretisiert.

### 3. Erste Bauphase → Bauabschnitt 1:

Das Wärmenetz befindet sich in der Umsetzung

### 4. Wärmenetz aktiv

Der Bauabschnitt ist fertiggestellt und alle akquirierten Kunden werden mit Wärme beliefert

Diese grob skizzierten Schritte wiederholen sich mit jedem folgendem Bauabschnitt. Wie die Bauabschnitte gewählt werden, liegt am Ende in der Hand einer möglichen Betreibergesellschaft.

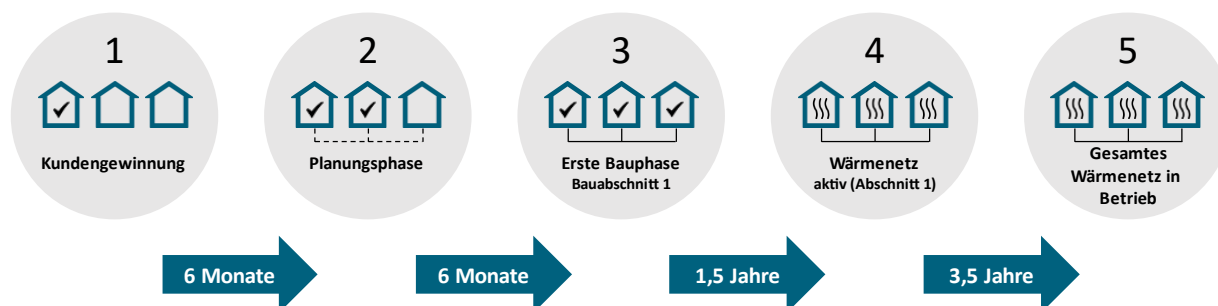


Abbildung 49: Zeitplan Wärmenetz

Abbildung 49 zeigt die beschriebenen Phasen bei der Umsetzung eines Wärmenetzes und gibt eine Einschätzung, wie lang die Erschließung der Gemeinde Bredenbek bei einem idealtypischen Bauverlauf dauern könnte. Die Zeitangaben sind jeweils zu addieren, folglich kann die Erschließung des gesamten Ortes ca. 6 Jahre in Anspruch nehmen. Abhängig vom Projektverlauf und der Akzeptanz in der Gemeinde kann es hierbei stets zu Abweichungen kommen.

#### 4.5.8 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

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

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

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

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

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

## 4.6 MOBILITÄT

In diesem Abschnitt werden mehrere Möglichkeiten zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich der Mobilität in Bredenbek betrachtet und beschrieben. Es werden verschiedene Handlungsoptionen aufgezeigt, die in Ihrer Gesamtheit zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität in Bredenbek beitragen können.

### 4.6.1 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamts waren im Januar 2022 1.055 Personenkraftwagen innerhalb der Gemeinde Bredenbek zugelassen, darunter 45 PKW in gewerblicher Haltung (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022). Auf Grund der Tatsache, dass nachhaltige Mobilität aktuell hauptsächlich über batterieelektrische Fahrzeuge realisiert wird, werden diese im Rahmen der Studie betrachtet.

Der Strombedarf und die damit einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von bereits vorhandenen Elektroautos sind bereits im Stromlastgang der Gemeinde Bredenbek enthalten, aus diesem Grund werden im Folgenden nur Fahrzeuge betrachtet, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Das Kraftfahrt-Bundesamt gibt für den Raum Rendsburg-Eckernförde an, dass es sich bei 37 % der PKW um Diesel-Fahrzeuge und bei 57 % um Benzin-Fahrzeuge handelt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022). Die dadurch geschätzte Anzahl an PKW-Typen sind in Tabelle 45 aufgelistet.

Tabelle 45: PKW nach Kraftstofftyp

PKW				
Benzin	Diesel	Gas	Hybrid	Elektro
57,4 %	37,1 %	0,7 %	2,9 %	1,9 %
606	391	7	31	20

Auf Grund der geringen Anzahl von Gas- und Hybrid-Fahrzeugen werden diese im Rahmen der Studie zunächst nicht weiter betrachtet, womit die 997 benzin- und dieselpetriebenen Fahrzeuge in die weitere Betrachtung fallen.

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gibt für den kleinstädtischen bzw. ländlichen Raum eine durchschnittliche Jahresfahrleistung pro PKW von ca. 15.900 km an (BMDV, 2018). Dieser Wert muss auf Grund der aktuellen Entwicklung hin zu einer verstärkten Nutzung des Homeoffice, ausgelöst durch die Corona-Pandemie, nach unten korrigiert werden. Es wird die Annahme getroffen, dass sich die Jahresfahrleistung künftig um ca. 10% reduziert – was eine Fahrleistung von 14.310 km/a zur Folge hat. Außerdem wird davon ausgegangen, dass ein Diesel einen Verbrauch von 7,0 l/100 km und ein Benziner einen Verbrauch von 7,7 l/100 km hat, welcher sich in den letzten Jahren nicht signifikant reduziert hat (Statista, 2022). Für elektrische Fahrzeuge wird ein Verbrauch von 22 kWh/100 km angenommen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh Diesel wurden auf Basis des CO<sub>2</sub>-Faktors von Heizöl (siehe Tabelle 14), die pro kWh Benzin wurden auf Basis von (Umweltbundesamt, 2022) berechnet.

Für die Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen im individuellen Personenverkehr bis zum Jahr 2050 werden 3 Mobilitätsszenarien aufgestellt:

1. Szenario 1:  
In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2050 alle PKW innerhalb der Gemeinde elektrisch betrieben werden.
2. Szenario 2:  
Bis zum Jahr 2050 werden 80 % der PKW batterieelektrisch betrieben.
3. Szenario 3:  
In diesem Szenario werden im Jahr 2050 60 % der PKW batterieelektrisch betrieben.

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge wird in dieser Betrachtung davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge mit Strom aus dem Stromnetz geladen werden. Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor der einzelnen Stützjahre entspricht dabei den Werten aus Tabelle 42. Die Ergebnisse dieses Vergleichs werden in Abbildung 50 dargestellt. Neben der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen kann der Abbildung die angenommenen E-Fahrzeuganzahl bis 2050 entnommen werden.

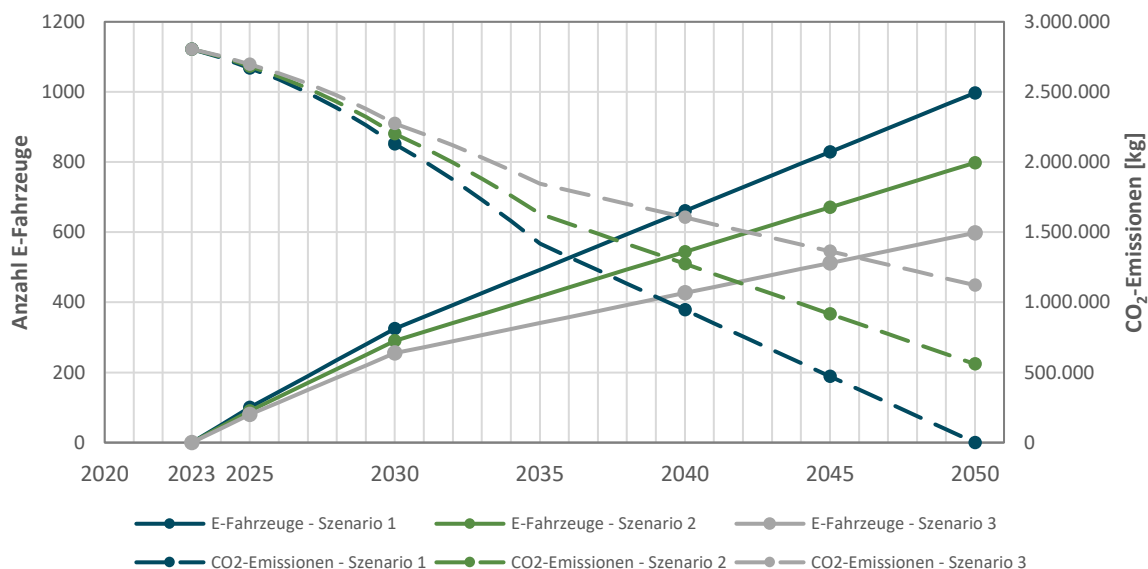


Abbildung 50: Entwicklung der PKW-CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050

## 4.6.2 CARSHARING

Carsharing ist ein bereits etabliertes Angebot im städtischen Raum. Hier sind Parkplätze nur begrenzt vorhanden und alltägliche Wege können i.d.R. mit kurz getakteten, öffentlichen Verkehrsmitteln, zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Entsprechend kann die PKW-Nutzung eine Ausnahme darstellen und ist zudem in vielen Fällen flexibel planbar (geringer Gleichzeitigkeitsfaktor). Damit sind wenig Fahrzeuge in der Lage, einen großen Teil des motorisierten Mobilitätsbedarfes der städtischen Bewohner abzudecken. Ein anderes Bild stellt sich im ländlichen Raum dar: hier ist die Anzahl der privaten Parkplätze bezogen auf die Einwohnerzahl deutlich höher und alltägliche Wege wie die Strecke zum Arbeitsplatz oder zur nächsten Einkaufsmöglichkeit weisen deutlich höhere Entfernungen auf. Gleichzeitig ist die Taktung öffentlicher Verkehrsmittel deutlich geringer. Entsprechend liegt die PKW-Nutzung nahe und ist für viele Bewohner das alltägliche Verkehrsmittel. Demnach wäre eine höhere Anzahl an Fahrzeugen zur Deckung des Mobilitätsbedarfes erforderlich. Nichtsdestotrotz besitzen in Deutschland Haushalte Zweit- oder sogar Drittwagen, welche nur wenig genutzt werden. An dieser Stelle kann der Einsatz von Carsharing Angeboten auch im ländlichen Raum sinnvoll sein und zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen.

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

Für die Umsetzung eines Dörpsmobil gibt es drei mögliche Betreibermodelle:

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

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

Durch die Nutzung von Carsharing Angeboten kann, bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 7,7 l/100 km Benzin, mit einem elektrischen Fahrzeug ca. 20 kg CO<sub>2</sub> auf 100 km eingespart werden. Darüber hinaus kann ein elektrisches Carsharing Angebot der Anwohnerschaft durch Ausprobieren und Testen einen Einstieg in die eigene Elektromobilität bieten und somit die Transformation der Mobilität innerhalb der Gemeinde vorantreiben.

#### 4.6.3 UNTERSTÜTZUNG DES RADVERKEHRS

Fahrradfahren ist gesund, unkompliziert, klimafreundlich und macht Spaß. Das Umweltbundesamt schätzt, dass die PKW-Nutzung durch das Fahrradfahren um 30% nachlassen könnte (Umweltbundesamt, 2021). Obwohl dieser Wert eine Abschätzung für deutsche Ballungsgebiete ist und sich der Wert nicht direkt auf Bredenbek übertragen lässt, ist zu erahnen, dass der Ausbau des Radverkehrs ein großes Potenzial zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen hat. Wer täglich 1 km Fahrrad fährt und dafür das Auto stehen lässt spart jährlich ca. 80 kg CO<sub>2</sub> ein.

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

- **Ausbau und Beleuchtung von Radwegen**  
Radwege geben Radfahrern Sicherheit und machen das Fahrradfahren attraktiver. Die Beleuchtung ländlicher Radwege, beispielsweise ein Weg zum Bahnhof kann gerade im Winter, wenn es spät hell und früh dunkel wird, das Radfahren zu einer attraktiven Alternative zum Auto machen.
- **Schaffen von Abstellplätzen für Fahrräder**  
An zentralen Orten innerhalb des Ortes, vor allem bei Anbindungsstellen an den ÖPNV, sollten zusätzliche Möglichkeiten geschaffen werden das Fahrrad abzustellen. Die Errichtung zusätzlicher Parkplätze kostet die Gemeinde zwischen 2.000 und 3.000 €. Auf der gleichen

Fläche können für wesentlich geringere Kosten bis zu acht Fahrräder abgestellt werden. (Umweltbundesamt, 2021)

- **Service-Angebote**

Anbieten/Eröffnen einer Service-Station für Reparaturen am Fahrrad  
Aufstellen eines Schlauchautomaten oder einer stationären Luftpumpstation

- **E-Bike-Sharing**

Elektrische Fahrräder stellen eine gute Möglichkeit dar die Natur ohne große Anstrengung hautnah zu erleben. Allerdings sind die Investitionskosten für E-Fahrräder deutlich höher als die eines herkömmlichen Fahrrads. E-Bike-Sharing kann eine Möglichkeit darstellen der Anwohnerschaft und Gästen die Nutzung von E-Bikes zu ermöglichen. Es gibt bereits Container-Lösungen, bei denen die E-Bikes in einem Container gelagert werden und zur Abholung bereitstehen. Auf dem Dach können PV-Module installiert werden, um die Fahrräder mit nachhaltigem Strom zu laden. Eine Buchung der Fahrräder wäre beispielsweise ebenfalls über eine App möglich.

- **Kampagnen für Fahrräder**

Die Aufklärung über nachhaltige Mobilität beginnt bereits im Kindergarten bzw. in der Schule. Aufklärung über die Vorteile des Radfahrens, Wettbewerbe oder die Errichtung von Fahrradparcours kann bereits früh zu einer Begeisterung für das Fahrradfahren beitragen.

Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs werden über das Klimaschutzprogramm 2030 gefördert. Zur Unterstützung des Radverkehrs sind bis 2023 insgesamt Mittel in einer Höhe von 1,46 Milliarden € vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr zur Verfügung gestellt worden. Diese Förderung soll nach aktueller Planung bis zum Jahr 2030 weitergeführt werden. Detaillierte Informationen zur Förderung des Radverkehrs werden vom Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. bereitgestellt. (ADFC, 2020)

#### 4.6.4 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur in Bredenbek nahelegt, dass die große Mehrheit der Anwohnerschaft elektrische Fahrzeuge direkt am Eigenheim laden kann, gilt dies sicher nicht für alle Bredenbeker. Die Errichtung einer oder mehrerer öffentlicher Ladesäulen an zentralen Orten der Gemeinde gibt auch der Anwohnerschaft ohne eigene Lademöglichkeiten die Chance unkompliziert auf die Elektromobilität umzusteigen. Darüber hinaus wird Besuchern die Möglichkeit gegeben direkt in der Gemeinde Fahrzeuge zu laden. Als mögliche Standorte für öffentliche Ladepunkte sollte für PKW das Bredenhuis und das Sportzentrum in Betracht gezogen werden. Für E-Bikes bieten sich die Schule und ebenso das Sportzentrum an.

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

## 4.6.5 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 46 zeigt für unterschiedliche Verkehrsmittel die verursachten Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) in Gramm pro Personenkilometer [g/Pkm] CO<sub>2</sub>-Äquivalent in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Auslastung im Jahr 2019 – vor der Coronapandemie. Es zeigt sich, dass trotz der höchsten Auslastung das Flugzeug für Inlandflüge mit 214 g/Pkm die meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht und somit das klimaschädlichste Transportmittel darstellt. Bei einer durchschnittlichen Belegung von 1,4 Personen pro PKW verursacht der PKW 154 g/Pkm – allerdings zeigt sich an dieser Stelle das Potenzial für Carsharing und Fahrgemeinschaften, da eine Zunahme der Personenanzahl die Emission pro Personenkilometer weiter reduziert.

Tabelle 46: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021)

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







In Bezug auf den öffentlichen Personennahverkehr können Tabelle 46 zwei wichtige Punkte entnommen werden. Zunächst ist zu erkennen, dass der ÖPNV, ob Bahn oder Bus, 2019 die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personenkilometer verursacht hat. Zum anderen zeigt sich, dass gerade der Nahverkehr mit einer Auslastung von unter 30% – Linienbusse im Nahverkehr sogar unter 20% – enormes Potenzial für weitere CO<sub>2</sub>-Einsparungen hat.

Eine Möglichkeit den ÖPNV zu fördern wäre eine Fahrplan- und Taktverdichtung, durch die das ÖPNV-Angebot flexibler gestaltet werden kann. Gibt es Busverbindungen, die aktuell einmal pro Stunde fahren, bei denen aber auch eine 30-minütige Taktung denkbar wäre? Bredenbek ist in dieser Hinsicht nicht direkt handlungsfähig, kann aber Verbesserungsvorschläge erarbeiten. Darüber hinaus sollte bei zentralen Bushaltestellen die Möglichkeit geschaffen werden Fahrräder abzustellen und über mehrere Stunden stehen zu lassen. Eine weitere Möglichkeit zur Stärkung des ÖPNV wäre die Schaffung von Angeboten zur Subventionierung von Monatstickets.




## 5 MAßNAHMENKATALOG

Im Folgenden werden Maßnahmen definiert, die im Rahmen eines Sanierungsmanagements zu realisieren sind (siehe Tabelle 47). Über die Darstellung von maximal drei Bäumen wird die Priorität der einzelnen Maßnahme beschrieben, wobei drei Bäume die höchste Priorität darstellt.

Tabelle 47: Maßnahmenkatalog

Wärme		
1.	<b>Wärmenetz realisieren (Versorgung)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Findung eines Betreibermodells (z.B. Gemeindeenergiwerk)</li> <li>• Entwurfsplanung für gesamten Ortsteil Bredenbek</li> <li>• Kundenakquise</li> <li>• Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen zum Thema Wärmenetze</li> <li>• Realisierung des Netzes in einzelnen Bauabschnitten</li> </ul>	
2.	<b>Einzelversorgungslösungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen</li> <li>• Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen im SaM</li> <li>• Unterstützung bei Fördermittelakquise und Umsetzung</li> </ul>	
3.	<b>Sanierung öffentliche Gebäude</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Schule (Gebäudehülle)</li> <li>2) Landhaus (Gebäudehülle)</li> <li>3) Bredenhuus (Gebäudehülle, Photovoltaik)</li> <li>4) KiTa (Photovoltaik)</li> </ol>	
4.	<b>Sanierung private Gebäude</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen des Quartiers</li> <li>• Unterstützung bei der Fördermittelakquise</li> <li>• Dokumentation der Beratungen als Monitoring-Tool</li> <li>• Informationsveranstaltungen</li> </ul>	
Strom		
5.	<b>Errichtung Erneuerbarer Energien zur Nutzung im Quartier</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenakquise für eigene Windkraft- oder PV-Anlagen der Gemeinde</li> <li>• Gewinnung lokaler EE-Anlagen zur Stromlieferung für das Quartier</li> <li>• Genehmigungsfähigkeit der akquirierten Flächen prüfen</li> <li>• Umsetzungsbegleitung bei der Errichtung</li> </ul>	
6.	<b>Vertrieb regionaler EE-Produkte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gründung eines Bürgerenergiwerkes/Gemeindewerkes</li> <li>• Erstellung der Produktportfolios (Haushaltsstromtarif, Mobilitätstarif und Wärmepumpentarif)</li> <li>• Werbung &amp; Vermarktung</li> </ul>	
7.	<b>PV-Dachanlagen mit Stromdirektleitungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwurfsplanung der PV-Anlagen auf den Dächern des Bredenhuus &amp; der Sporthalle</li> <li>• Entwicklung des Stromdirektleitungskonzeptes</li> <li>• Umsetzungsbegleitung der Projekte</li> </ul>	
8.	<b>PV-Dachanlagen &amp; Batterie für Einzellösung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergänzend zu Punkt 4.</li> <li>• Unterstützung bei Eigenversorgungs-lösungen</li> </ul>	



Mobilität & Städteplanung		
9.	<p>Förderung der Elektromobilität innerhalb der Gemeinde</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung bei der Errichtung zusätzlicher Ladesäulen</li> <li>• Errichtung öffentlicher Ladesäulen</li> <li>• Aufklärungskampagnen zu Vorurteilen gegenüber der Elektromobilität</li> </ul>	
10.	<p>Carsharing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carsharing Angebot schaffen</li> <li>• Umfragen und Informationsveranstaltungen zur Bedarfsermittlung organisieren</li> <li>• Evaluierung verschiedener Betreibermodelle</li> </ul>	
11.	<p>Radverkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausbau und Beleuchtung von Radwegen, die in und aus der Gemeinde führen</li> <li>• Aufbauen eines örtlichen E-Bike-Sharing Angebotes</li> <li>• Serviceangebot für Fahrräder schaffen (Reparatur- und Luftpumpstationen)</li> <li>• Errichten von Abstellmöglichkeiten für Fahrräder an zentralen Bushaltestellen</li> </ul>	

Im Bereich der Wärmeversorgung sind die Maßnahmen mit der höchsten Priorität sowohl die Realisierung eines Wärmenetzes als auch die Sanierung der öffentlichen Gebäude. Bei der Realisierung eines Wärmenetzes handelt es sich um die Maßnahme mit dem größten zeitlichen Aufwand und beinhaltet sowohl kurzfristige Aufgaben wie die Findung einer Betreibergesellschaft, als auch langfristige Aufgaben mit der Realisierung des Netzes in einzelnen Bauabschnitten. Bei der Sanierung der öffentlichen Gebäude handelt es sich um eine kurz bis mittelfristige Aufgaben.

Bei den beschriebenen Maßnahmen zur Stromversorgung ist die Errichtung erneuerbarer Anlagen zur Stromproduktion im Quartier mit einer mittleren Priorität zu versehen. Der Vertrieb regionaler Stromprodukte über ein Gemeindeenergiwerk hat eine geringe Priorität. Bei beiden Maßnahmen handelt es sich um mittel- bis langfristige Maßnahmen. Die Errichtung von PV-Dachanlagen auf öffentlichen Gebäuden ist mit hoher Priorität zu bearbeiten. Durch die bereits vorhandene Stromdirektleitung im Besitz der Gemeinde lassen sich einfach CO<sub>2</sub> und Kosten einsparen.

Carsharing kann wie bereits beschrieben im ländlichen Raum einen Mehrwert erzielen, wird aber im Vergleich zu anderen Maßnahmen eher untergeordnet. Aus diesem Grund wird die Priorität der Maßnahme Carsharing für ein Sanierungsmanagement als mittel eingestuft. Die weitere Förderung der Elektromobilität und des Radverkehrs wird mit geringer und mittlerer Priorität eingestuft. Bei der Errichtung öffentlicher Ladesäulen hat dies vor allem mit dem hohen Anteil an Einfamilienhäusern in Bredenbek zu tun, da ein Großteil der Anwohner wahrscheinlich primär über eigene Wallboxen laden wird.

Für eine besser Übersichtlichkeit und Darstellung der Priorisierung und der zeitlichen Einordnung wird in Abbildung 51 der Maßnahmenkatalog graphisch aufbereitet. Die Farben beschreiben jeweils den Bereich Wärme, Strom oder Mobilität der Maßnahme. Auf der X-Achse wird zwischen kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Maßnahmen differenziert. Die Y-Achse stellt die Priorisierung dar. Die verschiedenen Farben der Maßnahmen dienen der Unterteilung in die drei Sektoren Wärme (blau), Mobilität (grau) und Strom (grün). Eine weitere Konkretisierung der Maßnahmen lässt sich über die Länge der Blöcke ablesen. So gibt die Länge der einzelnen Blöcke jeweils an, wie lange die Umsetzung einer Maßnahme dauert.

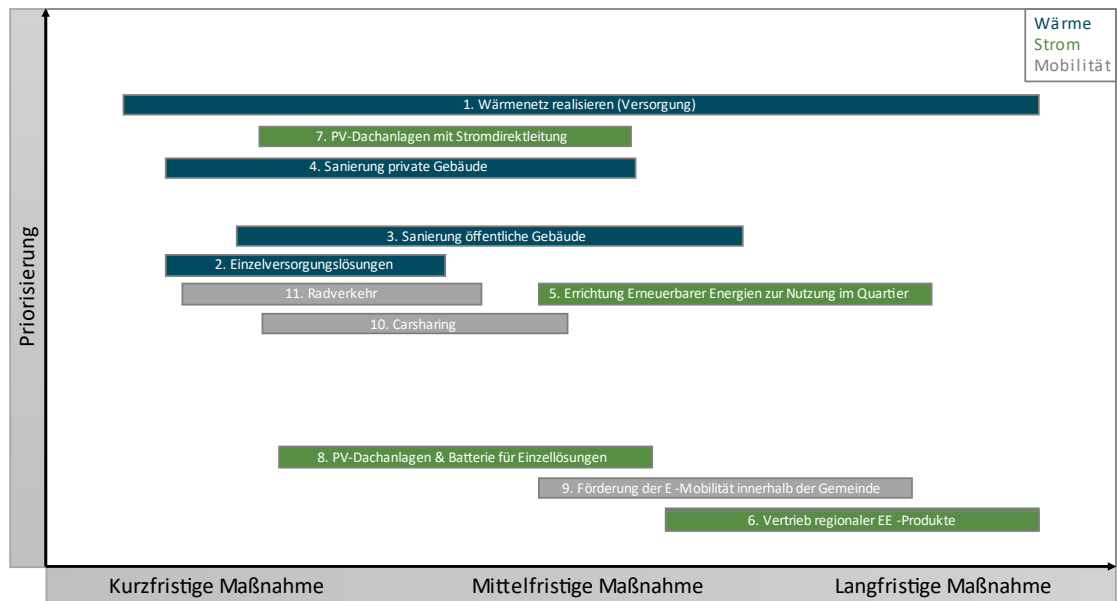


Abbildung 51: Graphische Darstellung des Maßnahmenkatalogs

## 6 UMSETZUNGHEMMNISSE UND ÜBERWINDUNGSMÖGLICHKEITEN

### 6.1 ENERGETISCHE SANIERUNG

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

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

#### **Persönliche Hemmnisse**

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

#### **Finanzielle Hemmnisse**

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

## **Bauliche Hemmnisse**

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

## **Überwindungsmöglichkeiten**

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

## **6.2 WÄRMENETZ**

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

### **Persönliche Hemmnisse**

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

## Sonstige Hemmnisse

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

- Investitionskosten für den Anschluss an das Wärmenetz
- Bei geringen Anschlussquoten können Kostensteigerungen bei Investitionen oder dem Energieeinkauf zu einer Unwirtschaftlichkeit des Wärmenetzes führen
- Es findet sich kein passender Standort für Heizzentrale  
Sollte kein passender Standort in der Nähe der Gemeinde gefunden werden kann eine lange Zuleitung die Vollkosten des Netzes erhöhen  
Außerdem muss der Standort der Heizzentrale mit Emissionsschutzverordnung konform sein
- Es kommt zu keiner Einigung mit Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen
- Die Errichtung eigener regenerativer Stromquellen kann auf Grund von Flächenverfügbarkeit oder anderen Faktoren nicht umgesetzt werden
- A210 & Bahntrasse: Direktleitungen regenerativen Energieerzeugungsanlagen südlich der Trassen sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht umsetzbar und fallen damit aus der Betrachtung, womit ein großer Teil des Potenzials wegfällt
- Gesprächsbereitschaft/Erreichbarkeit des BGA-Besitzers

## Überwindungsmöglichkeiten

Ein wichtiger Teil bei der Überwindung der vorgestellten Hemmnisse stellt die Aufklärung über eine mögliche Wärmenetzplanung dar. Über Informationsaushänge, Kampagnen und Infoabende kann den Anwohnenden die Unsicherheit bei dem Thema genommen werden und so die Akzeptanz erhöht werden. Darüber hinaus kann sich die Gemeinde in einem frühen Stadium der Projektentwicklung mit öffentlichen Liegenschaften für einen Anschluss an das Wärmenetz entscheiden, oder sich bestenfalls an einer möglichen Betreibergesellschaft beteiligen. So wird eine entsprechende Signalwirkung innerhalb der Gemeinde erzeugt.

Zusätzliche sollte direkt mit Beginn einer Wärmenetzplanung der Austausch mit Flächeneigentümern und Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen in der Umgebung begonnen werden.

## 6.3 STROM

Folgende Hemmnisse sind bei der Stromversorgung in Bredenbek wesentlich:

- A210 & Bahntrasse: Direktleitungen regenerativen Energieerzeugungsanlagen südlich der Trassen sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht umsetzbar und fallen damit aus der Betrachtung, womit ein großer Teil des Potenzials wegfällt
- Marktlage PV: Aktuell sind die Preise für Module stark gestiegen. Je nach Lage, Verschattung und Verbrauch sind eigene PV-Anlage aktuell unter Umständen nicht wirtschaftlich
- Aktuelle Strompreisentwicklung  
Für ein Bürgerenergiewerk und die Vermarktung bilanzieller Stromprodukte sorgen die aktuellen Strompreise an der Börse und die Unsicherheit für die weitere Preisentwicklung dafür, dass aktuell wahrscheinlich keine günstigen Stromtarife angeboten werden könnten
- Umsetzung Bürgerenergiewerk: Stakeholder finden, einbinden und verantworten (koordinativer Aufwand)

## 6.4 MOBILITÄT

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

### Individueller Personenkraftverkehr

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

### ÖPNV

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

### Carsharing (Dörpsmobil)

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

## 6.5 ALLGEMEINE HEMMNISSE

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

## 7 UMSETZUNG

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

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

### 7.1 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

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

Wird die Mitnahme der Bevölkerung verfehlt, kann z.B. eine ausreichende Erhöhung des Sanierungsgrads meist nicht erreicht werden. Insbesondere bei der geplanten Errichtung eines Wärmenetzes ist in Bredenbek die transparente und stetige Kommunikation mit der Öffentlichkeit ein Schlüssel für eine erhöhte Anschlussdichte. 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 Bredenbek könnte auch mit einem Mund-zu-Mund-Effekt zu rechnen sein, bei welchem Menschen die bereits einen erfolgreichen Förderantrag gestellt haben, die Erfahrungen mit Nachbarn oder Bekannten teilen und die Mystifizierung dieses Prozesses außer Kraft setzt.

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

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

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

Aus den Öffentlichkeitsveranstaltungen ging hervor, dass bei Bewohner\_innen des Quartiers ein Anschlussbegehren an ein Fernwärmenetz vorhanden ist. Die Rolle des Sanierungsmanagements liegt in der Fördermittelbeschaffung aber auch in der vermittelnden Rolle zwischen Privatperson und zukünftigen Anlagenbetreibern. Es geht 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 Bredenbek wäre eine Unterstützung denkbar.

## **Bausteine der Öffentlichkeitsarbeit**

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

- **Lenkungsgruppe**

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



- **Informationsveranstaltungen**  
Veranstaltungen für die breite Öffentlichkeit sind wichtig, um die Bevölkerung zu informieren, über Projektverläufe aufzuklären und einen Raum für Fragen, Bedenken und Kritik zu schaffen.
- **Pressemitteilungen**  
Mitteilungen in der lokalen Presse sind für die Ankündigung von Veranstaltungen von großer Bedeutung. Zu Beginn des Projektes sollte die lokale Presse gesichtet und die entsprechenden Ansprechpartner\_innen ermittelt werden. In Bredenbek gibt es keine lokalen Zeitungen oder Amtsblätter. Nach Einschätzung der Lenkungsgruppe kann dieser Teil vernachlässigt werden.
- **Flugblätter**  
Da in der heutigen Zeit viele Menschen die Zeitungen gar nicht oder nicht zur Gänze lesen ist die Verteilung von Flugblättern oder Broschüren ein effektives Mittel um die Aufmerksamkeit der Bürger\_innen zu erhalten. Hier können Ankündigungen gemacht oder allgemein informiert werden. Im Rahmen des Quartierskonzept haben sich Flugblätter als effektives Mittel bewehrt.
- **Beschilderung**  
Das Projekt nach außen zu tragen und nicht im Stillen zu agieren ist wichtig, um auch der letzten Person zu zeigen, dass vor Ort etwas passiert. Ein Schild an einer privaten oder öffentlichen Baustelle, die auf das Sanierungsmanagement hinweist, kann in den Köpfen einen Anstoß setzen. Auch Aushänge an öffentlichen Plätzen oder die Auszeichnung von zentralen Punkten des Projektes sollten in Betracht gezogen werden.
- **Beratung**  
Individuelle Beratungen helfen dabei, die Berührungängste mit der Thematik zu nehmen und kleine Projekte voranzutreiben. Fragen klären, auf individuelle Probleme eingehen und unterstützend zur Hand gehen sind hier die wichtigsten Aspekte der Kommunikationsarbeit.
- **Soziale Medien**  
Wenn es vor Ort bereits Gruppen oder Kanäle der sozialen Medien gibt, sollten diese unbedingt genutzt werden. Vor allem die jüngere Generation der Bürger\_innen sollte sich so einfacher erreichen lassen und zum Mitmachen animierbar sein.

## 7.2 CONTROLLING-KONZEPT

Als übergeordnete Kenngröße des Projekterfolges sollte die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Austoßes stehen. Eine fortlaufende Kontrolle und Aktualisierung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz sind ein guter Weg, um den Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen zu dokumentieren. In einem nachgelagerten Sanierungsmanagement sollte eine regelmäßige Erfolgskontrolle durchgeführt werden. Hier schlagen wir eine Kooperation mit dem CO<sub>2</sub>-Compass (<https://co2compass.org/>) vor. Der CO<sub>2</sub>-Compass ist eine Initiative, die sich das Ziel gesetzt hat, die Erfolge der Energiewende in Kommunen in einer App zu visualisieren, um so der Gemeindeverwaltung und den Bürger\_innen ein kontrollierendes und gleichzeitig motivierendes Werkzeug in die Hand zu geben.

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

## 7.2.1 GEBÄUDESANIERUNG & HEIZUNGSAUSTAUSCH

Eine Kontrolle des Sanierungsstands im Quartier ist lückenlos nicht einfach umzusetzen. Ein Indikator für den fortschreitenden Sanierungserfolg kann unter anderem die im Quartier verbauten Anlagen zur Wärmeerzeugung sein. Diese lassen sich über den Schornsteinfeger erfassen und jährlich vergleichen. Die Art des Brennstoffs und die Anlagenleistung kann einen Rückschluss auf CO<sub>2</sub>-Einsparungen über die energetische Gebäudesanierung geben.

Weiterhin ist es zu empfehlen regelmäßig beim Gasnetzbetreiber einen aktuellen Stand der Bezugsdaten einzuholen. Hier gilt es die Zahl der Anschlussstellen und der Verbrauchten Menge Gas auszuwerten. Ein Rückgang der Anschlussstellen lässt die Annahme der Erhöhung des Anteils an regenerativer Wärmeerzeugung bzw. Wärmepumpen zu. Ein Rückgang der verbrauchten Gasmenge bei gleicher Anzahl Anschlussstellen zeigt eine Zunahme der umgesetzten Sanierungen an der Gebäudehülle.

Zusätzlich kann ein\_e im Quartier eingesetzte\_r Sanierungsmanager\_in über die Durchführung und Dokumentation von Energieberatungen eine Aussage über die im Quartier potenziell durchgeführten energetischen Maßnahmen treffen.

## 7.2.2 WÄRMENETZ

Im Wärmenetz ist ein Controlling der laufenden Maßnahmen in verschiedener Hinsicht möglich. Dadurch kann die Entwicklung der Anzahl der Anschlussstellen als Kennzahl betrachtet werden, genau wie die Anzahl der erschlossenen Gebiete. Die primäre Entwicklung der Anschlussstellen wird vom Wärmenetzbetreiber überwacht und auch berichtet. So kann abgeschätzt werden, welcher Anteil der Gemeinde an das Netz angeschlossen ist und ob die selbst gesetzten Ziele hinsichtlich der Anschlussquote erreicht werden.

Außerdem sollte die Wärmeversorgung hinsichtlich der Energieträger überwacht werden. Auf diese Weise kann überprüft werden, ob der tatsächliche Erzeugungsmix den ursprünglichen Annahmen entspricht.

## 7.2.3 STROM

Beim Controlling des Stromteils kann als erster Schritt die Anzahl und Leistung der installierten PV-Anlagen innerhalb der Gemeinde evaluiert und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Über den Netzbetreiber oder Smartmeter können darüber hinaus die Stromverbräuche ausgewertet werden. Diese Auswertungen können ebenfalls, mit Angabe der eingesparten CO<sub>2</sub>-Menge im Vergleich zu den Vorjahren veröffentlicht werden.

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

## 7.2.4 MOBILITÄT

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

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

## 7.3 SANIERUNGSMANAGEMENT

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

Zusammengefasst lauten die Aufgaben des Sanierungsmanagements:

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

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

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

- Aalborg CSP. (2022). Heat Pump Systems. Abgerufen am 9. Juni 2022 von <https://www.aalborgcsp.com/business-areas/heat-pump-systems>
- ADAC. (22. Juli 2020). Kosten für E-Autos: Ladeverluste nicht vergessen. Abgerufen am 9. Juli 2022 von <https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/technik/ladeverlust.html>
- ADFC. (2020). Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club - Förderung kommunaler Radverkehrsinfrastruktur. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.adfc.de/artikel/foerderung-kommunaler-radverkehrsinfrastruktur>
- Ariadne-Report. (2021). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich gerechnet*. Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung . Von [https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne\\_Szenarienreport\\_Oktober2021\\_Kapitel3\\_Waermewende.pdf](https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_Kapitel3_Waermewende.pdf) abgerufen
- Bafa. (2. August 2022). Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): EU Kommission genehmigt Förderung von grünen Fernwärmenetzen. (B. f. Ausfuhrkontrolle, Hrsg.) Von [https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Energieeffizienz\\_waermenetze/20220822.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Energieeffizienz_waermenetze/20220822.html) abgerufen
- BDEW. (2016). *Leitfaden - Abwicklung von Standardlastprofilen Gas*. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.
- BGW, B. d.-u. (2006). *Anwendung von Standardlastprofilen zur Belieferung nicht-leistungsgemessener Kunden*. Berlin und Brüssel: wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH.
- BMDV. (Dezember 2018). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - Mobilität in Deutschland. Abgerufen am 5. Juli 2022 von [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017\\_Tabellenband\\_Deutschland.pdf](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Tabellenband_Deutschland.pdf)
- BMKW. (14. Juli 2022). *65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024*. [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6). Von [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6) abgerufen
- BMUV. (2016). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz - Der Klimaschutzplan 2050. Abgerufen am 7. Juli 2022 von <https://www.bmuv.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050>
- BMWi. (2021). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*.
- BMWK. (2023). *Bundesministerium für Wirtschaft und Klima*. Von Photovoltaik Strategie: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=6) abgerufen
- BNetzA. (24. März 2023). *Marktstammdatenregister*. Von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Startseite/> abgerufen

- Böhm, T. d. (2022). Von <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/421/644> abgerufen
- Bundesnetzagentur. (2023). Anzulegende Werte für Solaranlagen November 2021 bis Januar 2022.
- Bundesregierung. (2. Mai 2022). Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. (2021). BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2021. Abgerufen am 5. Mai 2022 von [https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV\\_Altbau.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Altbau.pdf)
- C.A.R.M.E.N e.V. (30. Juli 2022). EEG 2023: Neue Vergütungssätze für Photovoltaik gelten ab 30. Juli 2022. Abgerufen am 5. August 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/08/02/eeg-2023-neue-verguetungssaetze-fuer-photovoltaik-gelten-ab-30-juli-2022/>
- C.A.R.M.E.N e.V. (2022). Heizungsmodernisierung - ein Kostenvergleich. Abgerufen am 10. Juni 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/03/20/heizungsmodernisierung-im-einfamilienhaus-ein-kostenvergleich/>
- Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde.* (kein Datum). Von [https://www.schleswig-holstein.de/mm/downloads/MILIG/lepWind\\_2020/Planunterlagen\\_RP2/Datenblaetter\\_RDE\\_PR2.pdf](https://www.schleswig-holstein.de/mm/downloads/MILIG/lepWind_2020/Planunterlagen_RP2/Datenblaetter_RDE_PR2.pdf) abgerufen
- Dörpsmobil SH. (2020). Ein Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum. Abgerufen am 4. Juni 2022 von [https://www.doerpsmobil-sh.de/fileadmin/user\\_upload/Anlage\\_Doerpsmobil\\_Leitfaden\\_Dez\\_2020.pdf](https://www.doerpsmobil-sh.de/fileadmin/user_upload/Anlage_Doerpsmobil_Leitfaden_Dez_2020.pdf)
- DWD. (2022). Testreferenzjahre (TRY). Von <https://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/testreferenzjahre.html> abgerufen
- Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH. (2016). *PRAXISLEITFADEN NAHWÄRME*. Kaiserslautern.
- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022. (28. 06 2022).
- Fraunhofer ISE. (14. Februar 2020). PVT - Status Quo für den Anwendermarkt. Abgerufen am 2. August 2022 von [https://www.getec-freiburg.de/fileadmin/content/GETEC/PDF\\_Dokumente/Vortraege\\_2020/FR\\_PVT\\_KramerK\\_final\\_V2.pdf](https://www.getec-freiburg.de/fileadmin/content/GETEC/PDF_Dokumente/Vortraege_2020/FR_PVT_KramerK_final_V2.pdf)
- geg. (8. August 2020). Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer.
- GEG. (2022). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)*.
- Hamburg Institut. (2016). Planungs- und Genehmigungsleitfaden für Freiflächen-Solarthermie. in Baden-Württemberg.
- HEATPUMPDATA. (2022). Abgerufen am 9. Juni 2022 von <https://heatpumpdata.eu/>
- Heinz, D. (2018). Erstellung und Auswertung repräsentativer Mobilitäts- und Ladeprofile für Elektrofahrzeuge in Deutschland. doi:10.5445/IR/1000086372

- KBA. (1. Januar 2022). Abgerufen am 25. Juli 2022 von [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html)
- Kelm, T. M. (2019). Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz. Teilvorhaben II c.: *Solare Strahlungsenergie*.
- KfW. (30. 11 2022). *Infoblatt CO2-Faktoren*. Von [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004912\\_Infoblatt\\_295\\_CO2\\_Faktoren.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004912_Infoblatt_295_CO2_Faktoren.pdf) abgerufen
- Kleinertz, B. F. (2019). Vergleich und Bewertung verschiedener Speicherkonzepte für Nahwärmenetze der 4. Generation. *Vortrag im Rahmen der 11. Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT vom 13. – 15. Februar 2019 in Wien*.
- Kraftfahrt-Bundesamt. (1. Januar 2022). Abgerufen am 5. Juli 2022 von [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html)
- Kraftfahrt-Bundesamt. (1. Januar 2022). Abgerufen am 15. Juli 2022 von [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/umwelt\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/umwelt_node.html)
- Meteonorm. (2023).
- Ministerium für Inneres, I. R. (2022). *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II. Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. Von [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung\\_raumordnung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene\\_wind/fh\\_teilfortschreibung\\_lep\\_wind\\_RP2.html#doc81d469bb-9c93-438e-aa36-fd73d7750240bodyText2](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung_raumordnung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene_wind/fh_teilfortschreibung_lep_wind_RP2.html#doc81d469bb-9c93-438e-aa36-fd73d7750240bodyText2) abgerufen
- Ministerium für Inneres, I. R.-H. (kein Datum). Regionalplans für den Planungsraum II in Schleswig-Holstein Kapitel 5.7 (Windenergie an Land).
- Ministerium für Umwelt, K. u.-W. (2019). Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden. Stuttgart.
- Ministeriums für Inneres, I. R. (01. 09 2021). *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich*. Von Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich. Gemeinsamer Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt Natur und abgerufen
- Pierott, M. (2022). *thewindpower.net*. Von [https://www.thewindpower.net/windfarm\\_de\\_28877\\_gut-wulfshagen.php](https://www.thewindpower.net/windfarm_de_28877_gut-wulfshagen.php) abgerufen
- Solarthermalworld. (8. Dezember 2021). Abgerufen am 2. August 2022 von <https://solarthermalworld.org/news/between-three-and-eight-million-heat-pumps-2030/>
- solarwatt. (2022). Einstrahlungskarte des Deutschen Wetterdienstes. Abgerufen am 2022 von <https://www.solarwatt.de/ratgeber/einstrahlungskarte>
- Statista. (27. Januar 2022). Abgerufen am 6. Juli 2022 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/484054/umfrage/durchschnittsverbrauch-pkw-in-privaten-haushalten-in-deutschland/>

- TGA-Praxis. (12. Mai 2022). PVT-Wärmepumpensysteme für Mehrfamilienhäuser. Abgerufen am 2. August 2022 von [https://www.tga-praxis.de/sites/default/files/public/data-fachartikel/MGT\\_2022\\_05\\_PVT-Waermepumpensysteme-\\_fuer-Mehrfamilienhaeuser\\_12-15.pdf](https://www.tga-praxis.de/sites/default/files/public/data-fachartikel/MGT_2022_05_PVT-Waermepumpensysteme-_fuer-Mehrfamilienhaeuser_12-15.pdf)
- UBA. (November 2021). Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>
- Uhland, T. S. (2020). *energieagentur-suedwest*. Von [https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020\\_05\\_solar\\_cluster\\_bw\\_\\_pv-netzwerk\\_photovoltaik\\_in\\_kommunen\\_-\\_broschuere\\_online\\_final.pdf](https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020_05_solar_cluster_bw__pv-netzwerk_photovoltaik_in_kommunen_-_broschuere_online_final.pdf) abgerufen
- Umweltbundesamt. (3. März 2021). Radverkehr. Abgerufen am 7. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#vorteile-des-fahrradfahrens>
- Umweltbundesamt. (2022). *CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe*. Von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_28-2022\\_emissionsfaktoren-brennstoffe\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_28-2022_emissionsfaktoren-brennstoffe_bf.pdf) abgerufen
- Umweltbundesamt. (2023). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklung und Trends in Deutschland 2022*. Von [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=3) abgerufen
- Umweltbundesamt. (17. März 2023). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Abgerufen am 27. März 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>
- VDEW. (1999). *Representative VDEW-Lastprofile*. Frankfurt (Main): Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.
- VDEW. (2000). *Zuordnung der VDEW-Lastprofile zum Kundengruppenschlüssel*. Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.
- Verbraucherzentrale. (17. Juni 2021). Ist ein Tarif mit Ökostrom und Ökogas überhaupt sinnvoll? Abgerufen am 28. Juni 2022 von <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/ist-ein-tarif-mit-oekostrom-und-oekogas-ueberhaupt-sinnvoll-8207>
- Verein Deutscher Ingenieure. (2012). *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung*.
- Wirth, D. H. (2023). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Freiburg.