

**Quartierskonzept Gemeinde Osdorf**  
**Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten  
Quartierskonzeptes**  
Kerngemeinde Osdorf

Im Auftrag von: **Gemeinde Osdorf**

Ansprechpartner\_in: Helge Kohrt, Bürgermeister der Gemeinde Osdorf

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

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

Mit Erfüllungsgehilfe:  
GP JOULE Think GmbH & Co.KG  
Maierhof 1, 86647 Buttenwiesen

Bearbeitung: M. Eng. Markus Brandt, B. Eng. Anna de Groot, M. Eng. Sören  
Haase

Stand: 29.08.2022

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

Gefördert durch:



Aufgrund eines Beschlusses des  
Deutschen Bundestages

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 „Kerngemeinde Osdorf“ .....	14
2.2 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte.....	18
2.3 Methodik und Vorgehensweise .....	19
2.4 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess.....	20
<b>3 Energetische Ausgangssituation im Quartier .....</b>	<b>22</b>
3.1 Datenquellen und Datengüte .....	22
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäude und Heizungsbestand .....	24
3.2.1 Wohngebäude .....	25
3.2.2 Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften .....	25
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor) .....	28
3.3 Bestandsaufnahme: Endenergieverbrauch .....	29
3.3.1 Quartierslastprofile Wärme .....	29
3.3.2 Quartierslastprofil Strom.....	30
3.3.3 Mobilität.....	32
3.4 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz.....	33
3.4.1 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz Wärme.....	33
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 .....	40
4.2 Potenziale für erneuerbare thermische Energie .....	44
4.2.1 Luft-Wärmepumpe .....	44
4.2.2 Geothermie .....	45
4.2.3 Grundwasser-Wärmepumpe.....	47
4.2.4 Abwärme-Wärmepumpe.....	47
4.2.5 Biomethan Blockheizkraftwerk .....	47
4.2.6 Biomasse.....	48

4.2.7	Solarthermie .....	48
4.2.8	Photovoltaisch-Thermische Kollektoren (PVT) .....	48
4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung .....	49
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG .....	50
4.3.2	Mustersanierungen .....	53
4.3.3	Sanierung Öffentliche Gebäude .....	58
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen .....	61
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung .....	65
4.5.1	Wärmenetz .....	65
4.5.2	Erzeugungskonzept .....	68
4.5.3	Fördermöglichkeiten .....	71
4.5.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	74
4.5.5	Sensitivitätsanalyse .....	78
4.5.6	Klimaverträglichkeit .....	80
4.5.7	Zeitplan und Umsetzung .....	82
4.5.8	Mögliche Betreibermodelle .....	83
4.5.9	Kostenindikation .....	84
4.5.10	Ausblick .....	85
4.6	Wärmeversorgung Stubbendorf und Austerlitz .....	86
4.7	zentrale Wärmeversorgung Schule .....	88
	Zentrale Wärmeversorgung Neubau Waldenburger Straße .....	89
4.8	Mobilität .....	89
4.8.1	Individueller Personenkraftverkehr .....	89
4.8.2	Carsharing .....	90
4.8.3	Unterstützung des Radverkehrs .....	91
4.8.4	Errichten öffentlicher Ladestationen .....	92
4.8.5	Öffentlicher Personennahverkehr .....	93
4.9	Stromversorgung .....	93
4.9.1	Individuelle Stromversorgung .....	94
4.9.2	Zentrale Stromversorgung – bilanzielle Stromprodukte .....	94
4.9.3	Osdorf – Szenario 2022 .....	96
4.9.4	Osdorf – Szenario 2028 .....	97
4.9.5	Osdorf – Szenario 2050 .....	97
<b>5</b>	<b>Maßnahmenkatalog .....</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>Umsetzungshemmnisse und Überwindungsmöglichkeiten .....</b>	<b>103</b>

6.1	Energetische Sanierung.....	103
6.2	Wärmenetz.....	104
6.3	Strom.....	105
6.4	Mobilität.....	105
6.5	Allgemeine Hemmnisse.....	106
<b>7</b>	<b>Umsetzung.....</b>	<b>106</b>
7.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	107
7.2	Controlling-Konzept.....	109
7.2.1	Gebäudesanierung.....	109
7.2.2	Wärmenetz.....	109
7.2.3	Strom.....	110
7.2.4	Mobilität.....	110
7.3	Sanierungsmanagement.....	110
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>111</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Quartiersgrenzen "Kerngebiet Osdorf" .....	14
Abbildung 2:	Das Quartier "Kerngebiet Osdorf" im Gemeindegebiet Osdorf .....	15
Abbildung 3:	Ortsteile Austerlitz und Stubbendorf .....	16
Abbildung 4:	Karte des Entwicklungsgutachten Osdorf 2015 .....	18
Abbildung 5:	Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung (EcoWert360°) .....	19
Abbildung 6:	Workshop in Dibberns Gasthof am 16.06.2022 .....	20
Abbildung 7:	Schule - Gebäudeansicht- und Bezeichnungen (Quelle: viamichelin.de) .....	26
Abbildung 8:	Ärztelhaus - Hauptstraße 6-8 .....	27
Abbildung 9:	Wohnhaus - Waldenburger Str. 1b.....	27
Abbildung 10:	Haus Dänischer Wohld .....	28
Abbildung 11:	Wärmelastgang Osdorf.....	30
Abbildung 12:	Stromlastgang Osdorf.....	31
Abbildung 13:	Wärmeatlas Quartier Kerngemeinde Osdorf .....	34
Abbildung 14:	Wärmebilanz Kerngebiet Osdorf.....	35
Abbildung 15:	Strombilanz Kerngebiet Osdorf .....	36
Abbildung 16:	Windpotenzialfläche und -vorranggebiete der Gemeinden Osdorf und Neudorf-Bornstein (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde) .....	38
Abbildung 17:	Windpotenzialfläche und -vorranggebiete der Gemeinden Osdorf und Gettorf (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde) .....	39
Abbildung 18:	Windkraftanlagen (WKA), Windpotenzialfläche und -vorranggebiete der Gemeinden Tüttendorf und Felm (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde) .....	40
Abbildung 19:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014, 2014).....	41
Abbildung 20:	Kostenidentifikation von Photovoltaikanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße eigene Darstellung nach (Kelm, 2019) .....	42
Abbildung 21:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur .....	44
Abbildung 22:	Geothermisches Potential in Osdorf .....	46
Abbildung 23:	Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG).....	51
Abbildung 24:	Referenzgebäude Baualtersklasse ≤ 1950 .....	54
Abbildung 25:	Referenzgebäude Baualtersklasse 1950-1970 .....	55
Abbildung 26:	Referenzgebäude Baualtersklasse 1970-1990 .....	56
Abbildung 27:	Dämmung oberste Geschossdecke Ärztelhaus .....	59
Abbildung 28:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme .....	64
Abbildung 29:	Dimensionierung eines möglichen Wärmenetzes der Gemeinde Osdorf.....	66
Abbildung 30:	Wärmelinienichte Osdorf bei einer Anschlussquote von 50%.....	68
Abbildung 31:	Konzeptskizze des brennstofffreien Erzeugungskonzepts .....	69
Abbildung 32:	Heizzentrale eines Wärmepumpe basierten Wärmenetzes (Aalborg CSP, 2022).....	70
Abbildung 33:	Konzeptskizze des Kraft-Wärme-Kopplung Konzepts .....	71
Abbildung 34:	Entwicklung der Vollkosten ohne die Einbindung von Wind- oder PV-Strom in Abhängigkeit der Anschlussquote .....	75
Abbildung 35:	Gegenüberstellung der potenziellen und benötigten Leistung der Nordex N149 für den Betrieb der Wärmepumpe .....	76
Abbildung 36:	Erzeugungslastgang .....	77
Abbildung 37:	Darstellung der Vollkosten für die Wärmeversorgung von Osdorf.....	78

Abbildung 38:	Sensitivitätsanalyse über den Kosten für die genutzten Energieträger .....	79
Abbildung 39:	Sensitivitätsanalyse Investitionskosten.....	80
Abbildung 40:	Zeitplan Wärmenetz .....	83
Abbildung 41:	Darstellung möglicher Wärmenetze in Stubbendorf und Austerlitz .....	87
Abbildung 42:	Vollkostenvergleich Austerlitz und Stubbendorf.....	88
Abbildung 43:	Entwicklung der PKW-CO <sub>2</sub> -Emissionen bis zum Jahr 2050.....	90
Abbildung 44:	Ertrag einer 7 kW <sub>p</sub> PV-Anlage .....	94
Abbildung 45:	Gegenüberstellung Strombedarf (grau) und PV-Erzeugung (gelb) .....	94
Abbildung 46:	Tageslastgang Mobilität .....	98
Abbildung 47:	Resultierenden Tageslastgang der E-Mobilität der Gemeinde Osdorf .....	99
Abbildung 48:	Vergleich der Stromversorgungsszenarien.....	99
Abbildung 49:	Graphische Darstellung des Maßnahmenkatalogs.....	102

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW .....	12
Tabelle 2:	Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine .....	21
Tabelle 3:	Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren .....	22
Tabelle 4:	Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach IFEU-Empfehlung (Quelle: (IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2014))	22
Tabelle 5:	Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs (eigene Darstellung auf Basis) .....	23
Tabelle 6:	Gebäudebestand nach Baualtersklassen.....	24
Tabelle 7:	Gebäudebestand im Kreis Rendsburg-Eckernförde extrahiert aus der Gebäudetypologie SH 2012 .....	24
Tabelle 8:	Heizungsbestand Kerngebiet Osdorf.....	24
Tabelle 9:	Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert	25
Tabelle 10:	Wärmebedarf nach Liegenschaften Osdorf .....	29
Tabelle 11:	Strombedarf nach Liegenschaften Osdorf.....	30
Tabelle 12:	Personenkraftwagen der Gemeinde Osdorf nach Brennstofftyp .....	32
Tabelle 13:	Vereinfachte Gesamtenergie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz. ....	33
Tabelle 14:	Verwendete CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG) .....	33
Tabelle 15:	Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen. ....	34
Tabelle 16:	CO <sub>2</sub> -Bilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen. ....	35
Tabelle 17:	Endenergiebilanz der Stromversorgung.....	36
Tabelle 18:	Regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet Osdorf.....	37
Tabelle 19:	CO <sub>2</sub> -Bilanz der Stromversorgung.....	37
Tabelle 20:	Vergütungssätze für PV-Dachanlagen .....	42
Tabelle 21:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate .....	50
Tabelle 22:	Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) .....	52
Tabelle 23:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse ≤ 1950 .....	55
Tabelle 24:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1950-1970.....	56
Tabelle 25:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1970-1990.....	57
Tabelle 26:	Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Ärztehaus .....	59
Tabelle 27:	Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Waldenburger Str. 1b.....	61
Tabelle 28:	Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme .....	64
Tabelle 29:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen der individuellen Lösungen .....	65
Tabelle 30:	Übersicht über Rohrdimension und -längen .....	67
Tabelle 31:	Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote .....	68
Tabelle 32:	Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	74
Tabelle 33:	Dimensionierung der Erzeugungsanlagen und des Wärmespeichers.....	76
Tabelle 34:	Investitionskosten der Wärmeversorgung .....	77
Tabelle 35:	Zusammenfassung der benötigten Energie für das brennstofffreie Konzept .....	78
Tabelle 36:	spezifische CO <sub>2</sub> -Emission für die bereitgestellte Wärme .....	81
Tabelle 37:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz.....	81
Tabelle 38:	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	82
Tabelle 39:	Kostenindikation für einen möglichen Fernwärmeanschluss .....	84
Tabelle 40:	Übersicht für Rohrdimensionen und -längen für Stubbendorf und Austerlitz.....	87
Tabelle 41:	CO <sub>2</sub> -Emission der Schule.....	89
Tabelle 42:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021).....	93
Tabelle 43:	Kurzbeschreibung Osdorf - Szenario 2022 .....	96
Tabelle 44:	Kurzbeschreibung Osdorf – Szenario 2028 .....	97

Tabelle 45:	Kurzbeschreibung Osdorf – Szenario 2050 .....	98
Tabelle 46:	Maßnahmenkatalog .....	101

## 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>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
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, 7.1
Aussagen zu baukulturellen Zielstellungen unter Beachtung der Denkmäler und erhaltenswerter Bausubstanz sowie bewahrenswerter Stadtbildqualitäten.	2.1, 3.2, 6.1
Gesamtenergiebilanz des Quartiers als Ausgangspunkt sowie als Zielaussage für die energetische Stadtsanierung unter Bezugnahme auf die im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28.9.2010 formulierten Klimaschutzziele für 2020 bzw. 2050 und bestehende energetische Ziele auf kommunaler Ebene.	3.4
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.	5
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und zur Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen, Maßnahmen der Erfolgskontrolle.	4
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten).	7
Information und Beratung, Öffentlichkeitsarbeit.	2.4

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung der Gemeinde Osdorf 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. 19,39 GWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 3,76 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 45 % 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 bei der statischen 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 Windpotenzials erlaubt es günstigen Strom für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Stromversorgung bereitzustellen. Bereits eine einzelne Windkraftanlage mit 5,7 MW Leistung produziert ein Vielfaches des heutigen Strombedarfs der Gemeinde. Auch bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Sektorenkopplungsmaßnahmen wird weiterhin Überschussstrom produziert. Die Wärmeversorgung kann durch den Aufbau eines Wärmenetzes und die Einbindung von regenerativ produziertem Strom nachhaltig gestaltet werden. So können im Kerngebiet bis zu 677 Haushalte wirtschaftlich sinnvoll mit nachhaltiger Fernwärme versorgt werden, wodurch bereits bei einer Anschlussquote von 50 % jährlich 1.850 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Die Errichtung eines Wärmenetzes in Stubbendorf und Austerlitz mit dem Anschluss aller Haushalte ist aufgrund hoher Investitionskosten und geringer Anschlussnehmerzahlen nicht wirtschaftlich zu realisieren. 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 Wärmepumpen als Heizsystem, die mit Strom aus regionalen Stromtarifen und eigenen Photovoltaikanlagen betrieben werden, ausgerüstet werden. Alternativ können Pelletkessel für weniger gedämmte Gebäude eingesetzt werden.

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

Die Studie zeigt: Osdorf 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 Osdorf“, 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 Osdorf, ist ein umfassendes Quartierskonzept, das im Folgenden näher beschrieben wird.

### 2.1 DAS QUARTIER „KERNGEMEINDE OSDORF“

Das Quartier „Kerngemeinde Osdorf“ liegt im Herzen der Region Dänischer Wohld, der Landschaft zwischen Kieler Förde und Eckernförder Bucht. Osdorf präsentiert sich heute als lebendiger, wirtschaftlicher Zentralort mit Einkaufsmöglichkeiten und vielen kommunalen Einrichtungen.

Bei der Gemeinde Osdorf handelt es sich um eine Flächengemeinde, so dass die unterschiedlichen Ortsteile geografisch zum Teil weit voneinander entfernt sind. Das KfW-Förderprogramm 432 sieht vor, dass das betrachtete Quartier zusammenhängend und in sich geschlossen ist. Diese Anforderung macht es notwendig, dass in der Gemeinde Osdorf lediglich der Ortsteil Osdorf (Kerngemeinde) das Quartier abbildet.

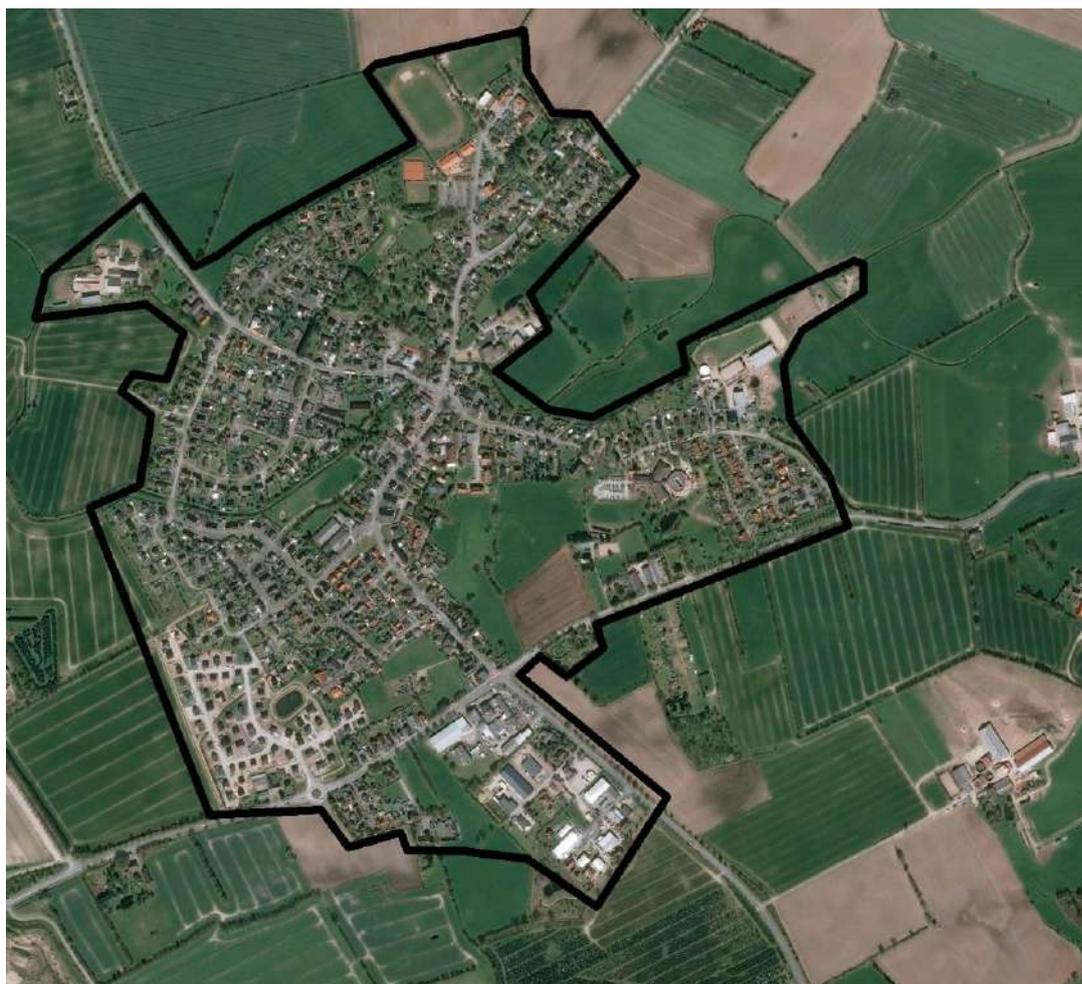


Abbildung 1: Quartiersgrenzen "Kerngebiet Osdorf"

Das Kerngebiet der Gemeinde, welches das Quartier darstellt, umfasst den Ortsteil Osdorf innerhalb der Gemeinde Osdorf. Das Kerngebiet liegt etwa 3 km östlich von der Gemeinde Gettorf entfernt, welches die nächstgrößere Ortschaft darstellt. Aus dieser Lage rührt die wahrscheinlichste Namensherkunft der Gemeinde: Dorf östlich von Gettorf. Bis in das Oberzentrum Kiel sind es 17 km bis zur Ortsmitte. Das Gemeindegebiet befindet sich unmittelbar östlich der B 76.

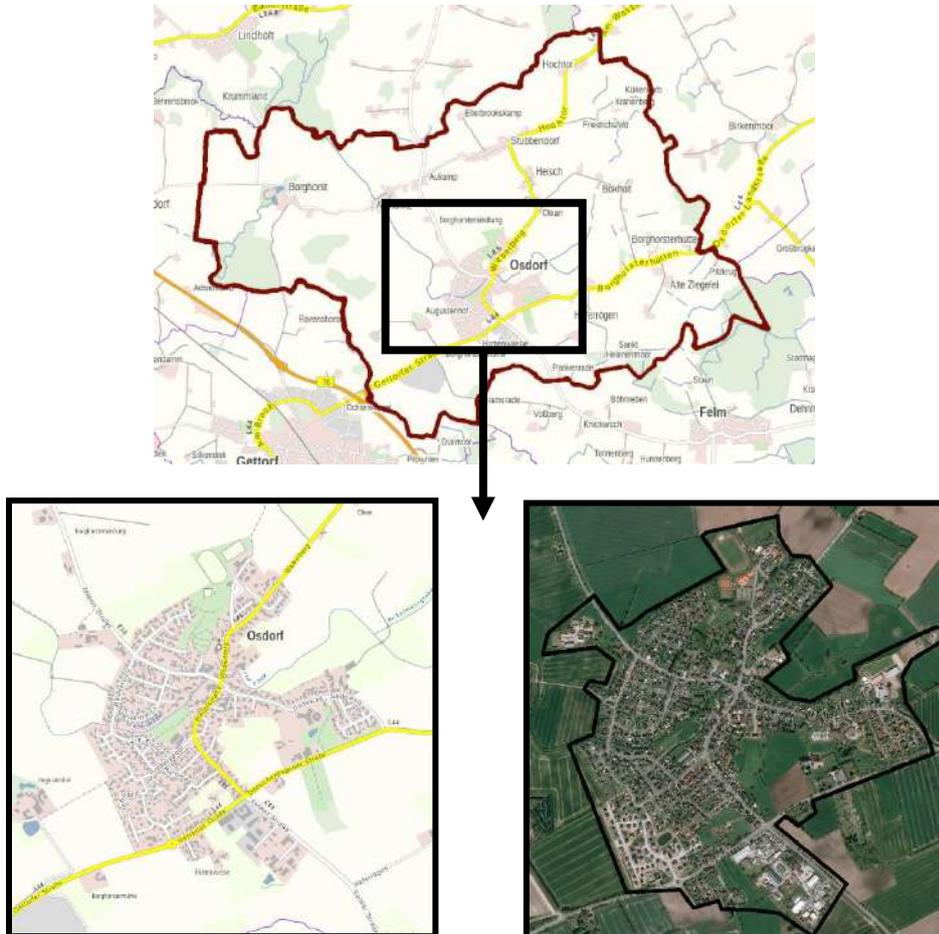


Abbildung 2: Das Quartier "Kerngebiet Osdorf" im Gemeindegebiet Osdorf

Nördlich der Kerngemeinde liegt der Ortsteil Stubbendorf und im Nord-Westen der Ortsteil Austerlitz. Hier befinden sich größere Ansammlungen an Liegenschaften, welche im Rahmen des Quartierskonzeptes mitbeleuchtet wurden. In der Mitte dieser Ortsteile, jeweils rund 500 m entfernt befindet sich eine Biogasanlage zur Verwertung von biologischen Abfällen.

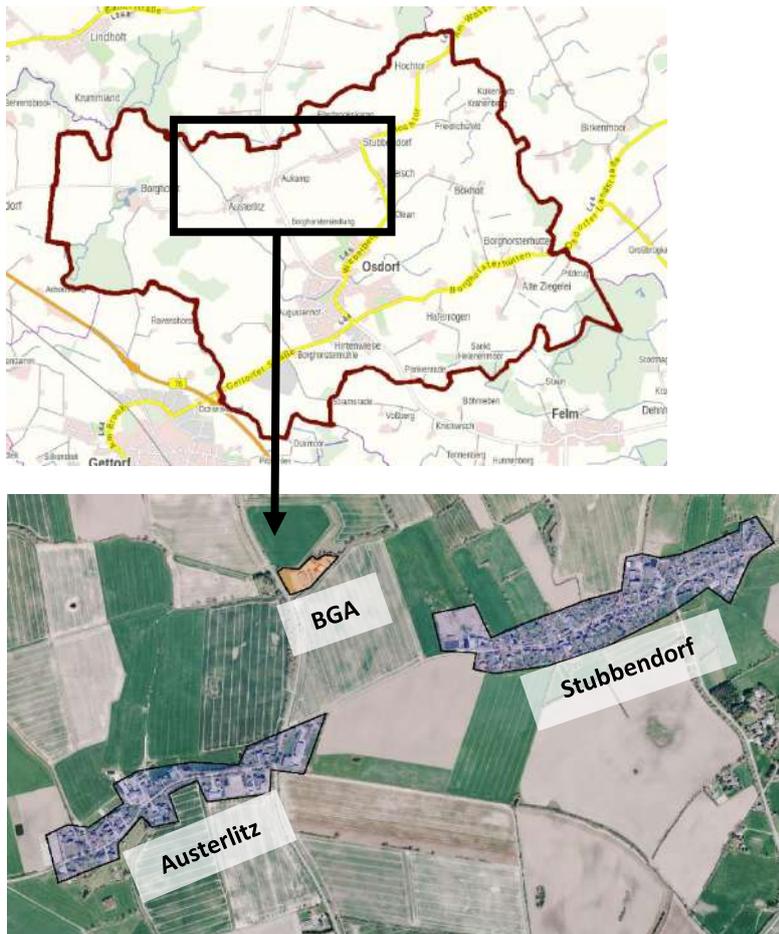


Abbildung 3: Ortsteile Austerlitz und Stubbendorf

Die energetische Ausgangssituation in Osdorf birgt viele Potenziale für energetische Einsparungen und CO<sub>2</sub>-Minderungen. Zum einen ist das Quartier bis auf vereinzelte PV-Dachanlagen auf privaten Gebäuden und Gewerbebetrieben nicht erschlossen, zum anderen ist ein Teil des Gebäudebestandes stark veraltet und nur teilweise bis gar nicht energetisch saniert. Innerhalb des Quartiers ist Potenzial für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen vorhanden. Hier gibt es einige Ackerflächen, die für eine Nutzung der solaren Stromgewinnung geeignet wären. Weiterhin könnte in der Zukunft der Gemeinde die Errichtung einer Windkraftanlage ein Thema sein, da sich innerhalb des Gemeindegebiets eine Windeignungsfläche befindet.

Ca. 90 % der Wärmeerzeugung im Quartier beruht auf der Basis fossiler Brennstoffe. Die knappe Mehrheit bildet hier die Nutzung von Erdgas mit schätzungsweise 50 % ab. In vereinzelten Gebieten besteht ein befristeter Abnahmepflicht des Erdgases. Etwa 5 % des Quartiers gehen mit gutem Vorbild voran und heizen derzeit schon mit erneuerbaren Energien. Knapp unter 4 % des Gebäudebestands heizt mit Nachtspeicheröfen.

Die Schule besteht aus sieben Gebäuden, welche zentral über einen Gaskessel versorgt werden. Die Gebäude sind zwischen 1900 und 2000 erbaut worden. Das kleine Schul-Wärmenetz besteht aus veralteten Anlagenkomponenten.

Das Altenwohn- und Pflegeheim sowie der ältere Teil der Kindertagesstätten erzeugen ihre Raumwärme ebenfalls mit Erdgas. Das neueste der vier Gebäude der Kindertagesstätten verfügt über eine Pelletheizung.

Die Mehrfamilienhäuser im Zentrum des Quartiers (Betreiber: Gemeinde und GWU aus Eckernförde) werden ebenfalls über ein kleines Wärmenetz auf Basis von Erdgas zentral versorgt. Einige Gebäude sollen abgerissen und durch Neubauten ersetzt werden.

Die Kerngemeinde bildet mit 677 Gebäuden den Großteil (62 %) des gesamten Gebäudebestands innerhalb des Gemeindegebiets ab (1.091 Wohn- und Nichtwohngebäude im Gemeindegebiet). Die Gebäudestruktur des Quartiers weist sich primär durch Gebäude mit einer Wohneinheit aus. Der Anteil an Gebäuden in der Baualtersklasse vor 1970 beträgt im Ortskern Osdorf 30 %. Weitere rund 30 % des gesamten Gebäudebestands wurde zwischen 1970 – 1990 erbaut. 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 Osdorf zu ebnet. Mit der Erstellung eines Quartierskonzeptes wird der Gemeinde Osdorf ermöglicht, auf lokaler Ebene aktiv gegen die Klimakrise und Erderwärmung vorzugehen. Es ist das Ziel, die energetische Quartiersversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien zu prüfen und gleichzeitig den energetischen Bedarf im Bestand zu optimieren und damit zu senken.

Das 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 enormes 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 Osdorf der Startschuss für die Sanierung gegeben werden, um eine realistische Chance auf die gesetzten Ziele zu haben. Zusätzlich birgt die Förderlandschaft derzeit gute Voraussetzungen, um in diesem Bereich aktiv zu werden.

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

Ein weiterer Inhalt des Konzeptes wird es sein, Lösungen für die nachhaltige Mobilität der Gemeinde zu prüfen. In diesem Bereich hat die Gemeinde bereits erste Schritte unternommen, um eine zukunftsfähige Mobilität zu implementieren. Auch Sharing-Angebote für die Mobilität sollen entstehen. Teil des Quartierskonzeptes soll es sein, die Bevölkerung für die entstandenen und geplanten Neuerungen der Mobilität zu sensibilisieren.

## 2.2 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Im Jahr 2015 wurde für Osdorf ein Innenbereichsentwicklungsgutachten erstellt. Alle für das Quartierskonzept relevanten Aspekte des Gutachtens sind in die weiteren Betrachtungen eingeflossen. Die Zielsetzung dieses Gutachtens war die städteplanerische Analyse des Ortskerns und die damit verbundene Nutzbarmachung des Innenbereichspotenzials. Dabei standen die Schaffung einer Grundlage für zukünftige Planungen und eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung im Mittelpunkt. Als weitere Gründe zur Erstellung wurden im Gutachten folgende genannt:

- Bestehende Infrastruktur stärker nutzen, Verkehrsflächen, Ver- und Entsorgung
- Verkehrsströme reduzieren
- Bedarfsgerechte Entwicklung und Berücksichtigung des demografischen Wandels
- Städtebauliche Missstände erkennen und beheben (Leerstände von Gewerbeflächen, Wohnbauflächen, ehemalige Hofstellen).



Abbildung 4: Karte des Entwicklungsgutachten Osdorf 2015

Durch öffentliche Beteiligungsprozesse wurde die Stimmung und Meinung der Bevölkerung aufgenommen und ausgewertet. Neue Bereiche für potenzielle Bebauung sowie Baulücken innerhalb des Ortes wurden identifiziert. Weitere Ergebnisse waren der Wunsch nach Erhalt und gleichzeitigem

Beleben des Ortsbildes, sowie der Ansiedlung essenzieller Gewerbe wie einer Apotheke und einem weiteren Lebensmittelhandel.

## 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.

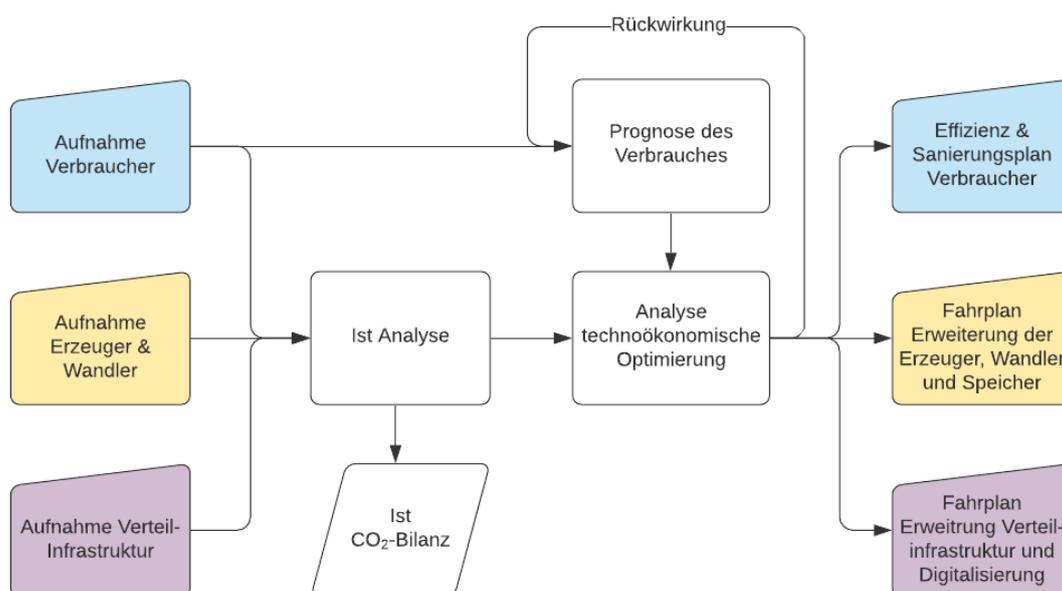


Abbildung 5: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung (EcoWert360°)

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

Zum Auftakt des Konzeptes gab es am 25.08.2021 eine Kick-Off Veranstaltung mit der Amtsverwaltung und der Gemeindevertretung. Hier wurde das Konzept initial vorgestellt. Am 27.01.2022 wurde ein Lenkungsgruppentreffen einberufen, welches statt einer ursprünglich geplanten Öffentlichkeitsveranstaltung stattfand. Auf Grund der Corona Pandemie und steigender Inzidenzwerte sah sich die Lenkungsgruppe in Abstimmung mit dem Planungsteam dazu gezwungen, den Termin zu verschieben. Auf dem einberufenen Lenkungsgruppentreffen wurde das weitere Vorgehen mit der Öffentlichkeit und der Termin für die Öffentlichkeitsveranstaltung besprochen und vereinbart. Der Termin wurde auf den 24.03.2022 gesetzt. Die Veranstaltung fand als Informationsabend in Präsenz in Dibberns Gasthof statt. Eine weitere Öffentlichkeitsveranstaltung wurde am 16.06.2022 in Form eines Workshops organisiert. Hier konnten Anwohner\_innen Fragen, Anregungen und Bedenken zum Konzept und allen die Thematik betreffenden Bereichen 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 „energetische Gebäudesanierung und Heizungs austausch“, „Fördermaßnahmen“, „Rund um die Fernwärme“ und „Rund um Die Studie“ gegangen werden. Nach einer vorgegebenen Zeit haben die Gruppen im Uhrzeigersinn rotiert. So hat jede Person Input aus jedem Stand erhalten.



Abbildung 6: Workshop in Dibberns Gasthof am 16.06.2022

Weiterhin fand eine Umfrage während des Quartierskonzeptes statt. Ziel war die Erfassung des energetischen Ist-Zustandes. Ein wichtiger Kernpunkt war die Meinungsabfrage und das Interesse an einem Fernwärmenetz in Osdorf. Außerdem sollten Gebäudedaten, sowie Heizungsformen und Wärmeverbrauch abgefragt werden. Die Umfrage erfolgte im gesamten Quartier und wurde über Flyer in der lokalen Presse durchgeführt. Der Rücklauf ergab eine Beteiligung von ca. 4 %.

Es sollte mindestens ein weiterer Informationsabend für die Bürger\_innen in Dibberns Gasthof abgehalten werden. Aufgrund der Corona Pandemie und der späten ersten Veranstaltung war die Umsetzung nicht sinnvoll realisierbar. Das Quartierskonzept wurde von Pressemitteilungen begleitet, sodass der Stand des Projekts in der Presse mit der Bevölkerung geteilt wurde. Auch über die Internetseite der Gemeinde Osdorf, die Landingpage des Projektes und soziale Medien ist informiert

worden. Auf der Landingpage wurden Veranstaltungen angekündigt und gehaltene Präsentationen sowie Informationsmaterial zum Download angeboten. Auch ein Aufruf zur Beteiligung am Quartierskonzept ging über diese Plattform an die Bürger\_innen. Hierdurch formte sich neben dem *Arbeitskreis Klima* eine erweiterte Lenkungsgruppe. Neben den Veranstaltungen fand ein regelmäßiger Austausch mit der Lenkungsgruppe in Form von physischen Treffen und digitalen Sitzungen statt.

Unmittelbar vor Abschluss des Berichts wurde auf einem Dorffest am 20.08.2022 ein Stand mit Aushängen eingerichtet, der die Ergebnisse des Workshops und des Quartierskonzeptes darstellt. Dieser wurde selbstständig durch den *Arbeitskreis Klima* betreut.

Das Interesse der Bürger\_innen soll durch eine öffentliche Ergebnispräsentation, im Rahmen der Gemeindevertretersitzung, mit einer Vorstellung der vorgeschlagenen Maßnahmen weiter gestärkt und in die Phase des Sanierungsmanagements übergeleitet werden.

*Tabelle 2: Öffentlichkeitsveranstaltungen - Termine*

1.	Kick-Off Veranstaltung mit Amtsverwaltung und Gemeindevertretung	25.08.2021
2.	Informations-Abend	24.03.2022
3.	Informations-Abend + Workshop	16.06.2022
4.	Aushänge und Stand auf dem Dorffest	20.08.2022
5.	Öffentliche Ergebnispräsentation auf der Gemeindevertretersitzung	27.09.2022

### 3 ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION IM QUARTIER

Im folgenden Kapitel soll die energetische Ausgangssituation des Quartiers dargestellt werden. 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 Osdorf wurde auf Grundlage der höchsten und zweithöchsten Güteklasse gearbeitet. Regionale Kenndaten sind unter anderem in die Validierung von Hochrechnungen eingeflossen. Zur Datenerhebung wurde auch mit einer Fragebogenaktion gearbeitet. Aufgrund der geringen Rückläufe (4%) wurden die Fragebögen bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

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 in der Kerngemeinde Osdorf beträgt 80 %. 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 auf Basis)*

Daten	Quelle	Datengüte	Wertung Datengüte	Anteil am Endenergie- verbrauch	Datengüte anteilig (Wertung x Anteil)
Stromverbrauch	SH Netz	A	1	16,2 %	16,2 %
Erdgasverbrauch	Stadtwerke Kiel	A	1	43,6 %	43,6 %
Heizölverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	24,3 %	12,2 %
Biomasseverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	15,9 %	8,0 %
<b>Gesamt</b>				<b>100%</b>	<b>80%</b>

## 3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDE UND HEIZUNGSBESTAND

Der Gebäudebestand ist geprägt durch die typische Bebauung im ländlichen Raum von Schleswig-Holstein. Im Quartier stehen 677 erfasste Gebäude, davon werden 645 als beheizt angesehen (siehe Tabelle 6). Die Betrachtung des Gebäudebestands nach Baualtersklassen lässt erkennen, dass es sich bei Osdorf um ein junges Quartier handelt. 39 % der Gebäude wurden 1990 oder später gebaut.

Tabelle 6: Gebäudebestand nach Baualtersklassen

	1990 und später	1970-1990	1950-1970	bis 1950	gesamt
Anzahl Gebäude	265	207	150	55	677
	39%	31%	22%	8%	100%

Der statistische Gebäudebestand des Kreises Rendsburg-Eckernförde zeigt 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 mehr als 90 % der Gebäude in Osdorf auf Basis fossiler Energieträger wie Öl und Gas beheizt. Diese Gebäude benötigen 80 % des gesamten Wärmebedarfs Osdorfs.

439 der primären Heizungsanlagen des Quartier Osdorfs werden mit Gas betrieben (siehe Tabelle 8). Nur ein geringer Anteil (ca. 6 %) der Gebäude verfügt über Anlagen auf Basis regenerativer Energien (21 x Holz, 17 x Wärmepumpen)

Tabelle 8: Heizungsbestand Kerngebiet Osdorf

Heizungsart	Anlagenanzahl	Anlagenleistung gesamt [MW]
Öl	164	3,0
Gas	439	5,8
Holz (Heizung)	21	0,4
Holz (Ofen/Kamin)	351	
Wärmepumpe	17	0,2

## 3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Kerngebiet Osdorf befinden sich 599 Wohnhäuser. Dies entspricht ca. 88 % des gesamten Gebäudebestands. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Osdorf liegt 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 21 kWh/(m<sup>2</sup>a) und damit 14 %. 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 Osdorf	150

## 3.2.2 NICHT-WOHNGEBÄUDE UND ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Die Nicht-Wohngebäude und öffentlichen Gebäude haben mit 986 MWh/a entsprechend 5 % einen geringen Anteil am thermischen Energieverbrauch in Osdorf. Diesen Energieverbrauch teilen sich 18 Gebäude im Quartier. Dies umfasst unter anderem mehrere Schul- und KiTa-Gebäude, einen Bauhof und ein Feuerwehrhaus. Die Schule nimmt hiervon den größten Anteil ein.

Im Rahmen des Quartierskonzepts wurden folgende Liegenschaften näher betrachtet:

- Schule
- Ärztehaus
- Waldenburger Str. 1b

### Schule

Die Schule Osdorf ist ein Gebäudekomplex, bestehend aus insgesamt sieben beheizten Gebäuden aus unterschiedlichen Baujahren; darunter eine Sporthalle. Das ehemalige Rektorenhaus (Nr. 3, siehe Abbildung 7) das älteste Gebäude des Komplexes wurde in den 1870er Jahren erbaut. Das Dachgeschoss des Rektorenhauses wurde in den 1990er Jahren umgebaut und wird seitdem vom Sportverein genutzt. Haus Nr. 5 wurde in den 1880er Jahren erbaut und wird zur Hälfte für Klassenräume und zur Hälfte als Wohnfläche vom Hausmeister genutzt. Haus Nr. 8 wurde 1982 erbaut und zwischen 2009 und 2010 mit einem Satteldach erweitert. Die Sporthalle wurde 1968 erbaut und 2008 energetisch saniert. Die der Einfachheit halber als Drillinge bezeichneten Gebäude wurden von Nordost nach Südwest in den Jahren 1960, 1962 und in den 1990er Jahren erbaut.

Der Gemeinde wurde ein separater Bericht zur energetischen Sanierung der Schule ausgehändigt.

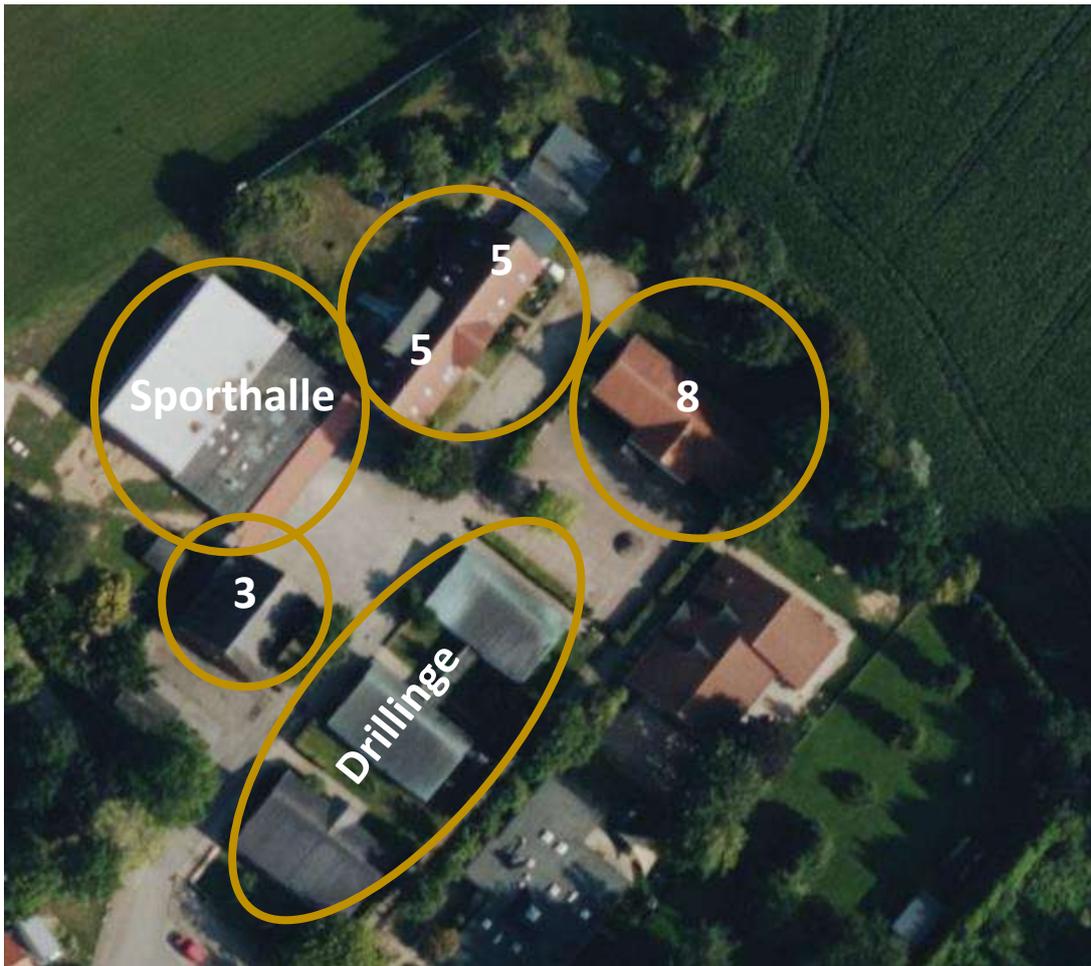


Abbildung 7: Schule - Gebäudeansicht- und Bezeichnungen (Quelle: viamichelin.de)

## Ärztehaus

Das Ärztehaus in der Hauptstraße 6-8 ist ein 1985 errichtetes ehemaliges Sparkassengebäude. 2017 wurde es in das jetzige Ärztehaus umgebaut. Die Umbauten haben die Gebäudehülle, bis auf den Einbau von drei Fenstern und den Neubau des Eingangsbereichs, unberührt gelassen. Das Erdgeschoss wird als Arztpraxis genutzt. Im Dachgeschoss befindet sich Wohnraum. Darüber befindet sich ein nicht ausgebauter Dachboden. Das Gebäude ist komplett unterkellert. Die Kellerräume dienen hauptsächlich als Lagerflächen. Das Bestandsgebäude und ein 2017 errichteter Anbau (Seminarraum) auf der Rückseite des Ärztehauses werden mit einem veralteten Öl-Kessel beheizt. Der Öl-Verbrauch liegt bei ca. 7.500 l/a.



Abbildung 8: Ärztehaus - Hauptstraße 6-8

## Waldenburger Str. 1b

Das zweigeschossige Wohngebäude in der Waldenburger Str. 1b wurde im Jahr 1978 gebaut. Es verfügt über acht Wohnungen und wird über einen zentralen Gaskessel aus dem Jahr 1995 beheizt. In den Hausfluren sind Holzfenster und Türen mit dem Baujahr 1976 verbaut. Fenster und Türen des Gebäudes sind sanierungsbedürftig. Die Gebäudehülle ist seit der Errichtung weitestgehend unberührt geblieben.



Abbildung 9: Wohnhaus - Waldenburger Str. 1b

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

Im Quartier Kerngebiet Osdorf ist eine Vielzahl von Gewerben angesiedelt. Diese sind zum Großteil entlang der Hauptstraße und im südlich gelegenen Gewerbegebiet zu finden. Das Gewerbe mit dem größte Wärmebedarf ist das Altenwohn- und Pflegeheim Haus Dänischer Wohld. Diese Einrichtung verfügt über eine Erdgasheizungsanlage und über ein eigenes Erdgas BHKW. Die Unternehmen mit dem größten Strombedarf sind die Fleischerei, der Treppenbauer und das Haus Dänischer Wohld. Über den Strombedarf der Bäckerei liegen uns keine Daten vor, doch wird angenommen, dass hier ein ebenfalls hoher Strombedarf vorhanden ist. Das Treppenbauunternehmen bemüht sich seit vielen Jahren um eine positive Klimabilanz. Die Firma *Fokus Zukunft* hat 2022 das Unternehmen erstmals als klimaneutral zertifiziert.



Abbildung 10: Haus Dänischer Wohld

Im Dorf finden sich mehrere Pferdehöfe, mehrere Gastwirtschaften und ein Lebensmittelgeschäft. Im Gewerbegebiet sind Handwerksunternehmen und Handelsunternehmen ansässig. Dazu zählen unter anderem ein Getränkehändler, ein Händler für Autoteile, ein Maler und Lackierer, eine Zimmerei und ein Fliesenleger.

### 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 der Gemeinde Osdorf, 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. 19,39 GWh/a.

Tabelle 10: Wärmebedarf nach Liegenschaften Osdorf

Liegenschaft	Wärmebedarf	Lastprofil
Wohngebäude	15.468 MWh/a	EFH
Feuerwehr	56 MWh/a	GKO
Freizeit, Vereinsheim, Bürgerhaus	13 MWh/a	GKO
Gebäude für religiöse Zwecke	57 MWh/a	GKO
Gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen	80 MWh/a	GMF
Gewerbe	2.857 MWh/a	GHD
KiTa	196 MWh/a	GKO
Schule	469 MWh/a	GKO
Werkstatt	193 MWh/a	GMK
<b>Summe Osdorf</b>	<b>19.392 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:

- GKO: Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen
- EFH: Einfamilienhaus
- GMF: haushaltsähnliche Gewerbebetriebe
- GHD: Summenlastprofil Gewerbe/Handel/Dienstleistungen
- GMK: Metall und Kfz

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 11 dargestellte Wärmelastgang für die Gemeinde Osdorf. Dieser Lastgang stellt den gesamten Wärmebedarf der Gemeinde dar. Für kleinere Umgriffe oder Bauabschnitte sowie abweichende Anschlussquoten wird das Verfahren mit entsprechend angepassten Wärmemengen verwendet. Abbildung 11 zeigt darüber hinaus, dass Osdorf eine Spitzenlast im Winter von ca. 6 MW hat.

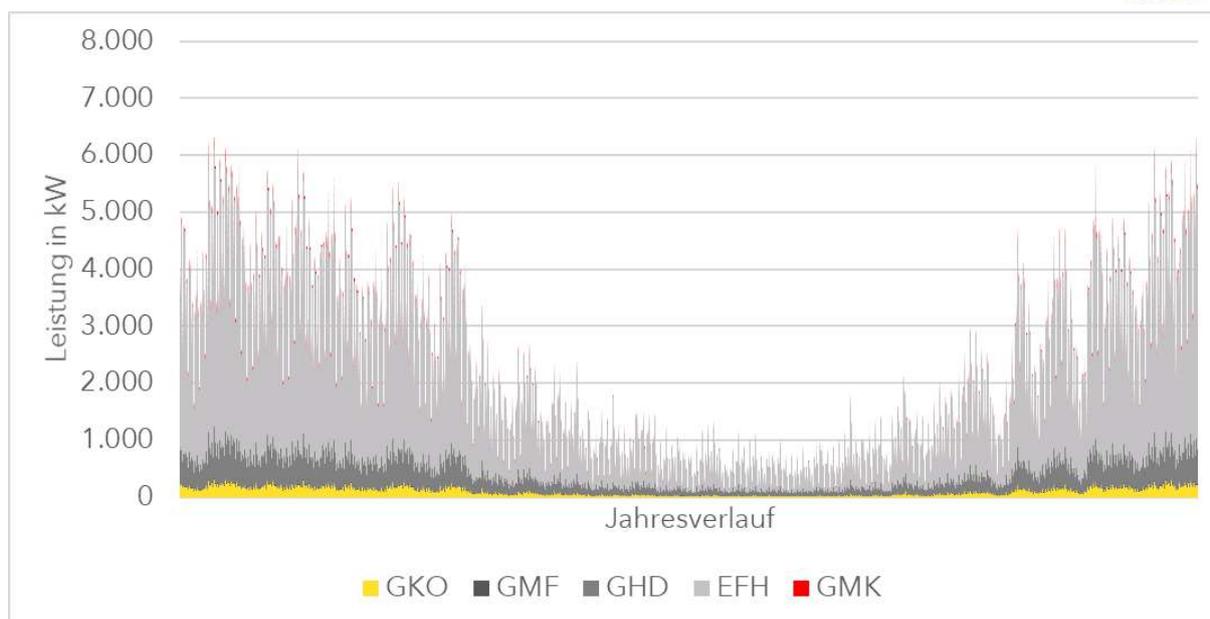


Abbildung 11: Wärmelastgang Osdorf

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 Osdorf ist mit ca. 3,76 GWh/a ermittelt worden und verteilt sich auf die bereits in Kapitel 3.3.1 gezeigten Liegenschaften.

Tabelle 11: Strombedarf nach Liegenschaften Osdorf

Liegenschaft	Strombedarf	Lastprofil
Wohngebäude	2.553.306 kWh/a	H0
Feuerwehr	3.871 kWh/a	G3
Freizeit, Vereinsheim, Bürgerhaus	17.121 kWh/a	G4
Gebäude für religiöse Zwecke	3.906 kWh/a	G6
Gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen	15.299 kWh/a	H0
Gewerbe	1.057.891 kWh/a	G0
KiTa	26.279 kWh/a	G1
Schule	22.528 kWh/a	G1
Werkstatt	8.669 kWh/a	G1
Pumpwerk + Pumpstation	49.145 kWh/a	G3
<b>Summe Osdorf</b>	<b>3.758.015 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
- G3: Gewerbe durchlaufend
- G4: Laden/Friseur
- G6: Wochenendbetrieb

Die Zuordnung der Lastprofile erfolgt über eine Empfehlung des VDEW (VDEW, 2000). Der berechnete Stromlastgang kann Abbildung 12 entnommen werden. Die berechnete maximale Leistung beträgt ca. 795 kW.

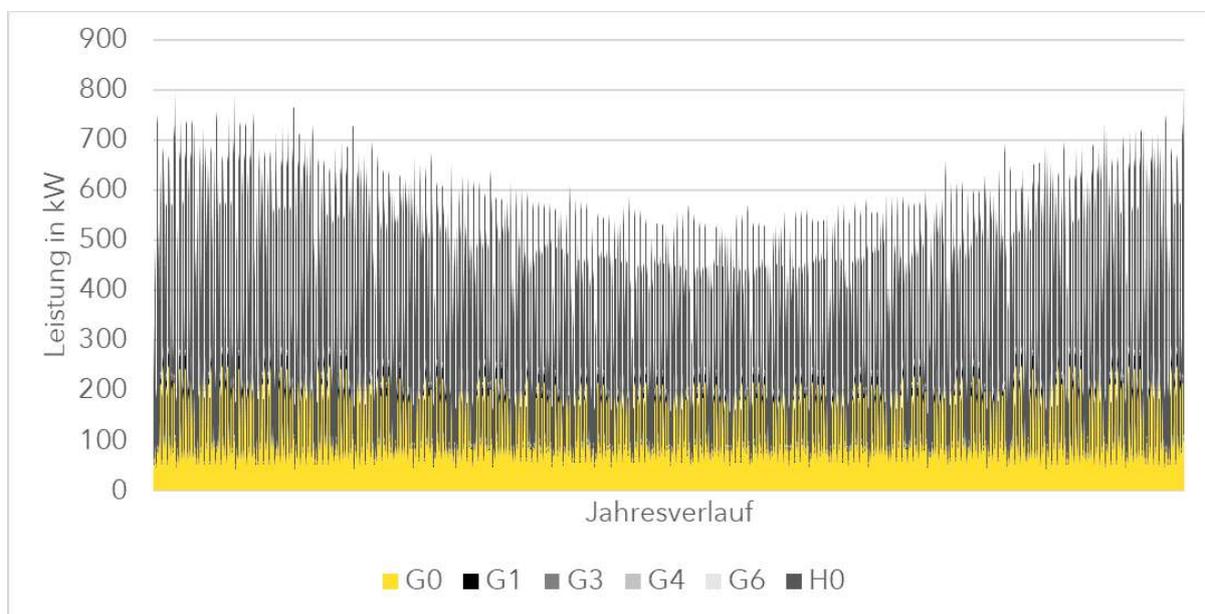


Abbildung 12: Stromlastgang Osdorf

### 3.3.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gibt es zum 01. Januar 2022 1.764 zugelassene Personenkraftwagen in der Gemeinde Osdorf, wovon sich 53 PKW im Besitz gewerblicher Halter befinden. Darüber hinaus werden 115 Lastkraftwagen und 232 Krafträder gelistet. Aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft werden zusätzlich 113 Zugmaschinen aufgeführt. (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022)

Bei den PKWs 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 1,5% liegt – bei Hybridfahrzeugen sind es 2,4%. Werden die Daten des KBA auf die Zulassungszahlen der Gemeinde runtergerechnet, ergibt sich die folgende Fahrzeugverteilung (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022):

Tabelle 12: *Personenkraftwagen der Gemeinde Osdorf nach Brennstofftyp*

Fahrzeugtyp	Anzahl	%-Anteil
Benzin	1022	57,94
Diesel	661	37,47
Gas	12	0,68
Hybrid	43	2,44
Elektrisch	26	1,47

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 4.8.

## 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>Kerngebiet Osdorf</b> 677 Gebäude	19.392	3.758	4.171	2.104	<b>6.275</b>

## VERWENDETE EMISSIONSFAKTOREN

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

Energiequelle	Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> /kWh]
Heizöl	0,310
Erdgas	0,240
Holz	0,020
Strommix Deutschland	0,560

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

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärme wurde mit Hilfe von Schornsteinfegerdaten und Bezugsdaten der SH-Netz erstellt. Durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), welche vom Kreis Rendsburg-Eckernförder zur Verfügung gestellt wurden, konnte die Bilanz 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 Baualterklassen der Gebäude. Somit konnten Berechnungen für die einzelnen Gebäude gemacht werden. Zur weiteren Detailschärfung wurde mit Hilfe von Wurfsendungen eine Umfrage im Quartier durchgeführt. Der Rücklauf blieb bei ca. 4 %, weshalb die erhobenen Daten vernachlässigt wurden.

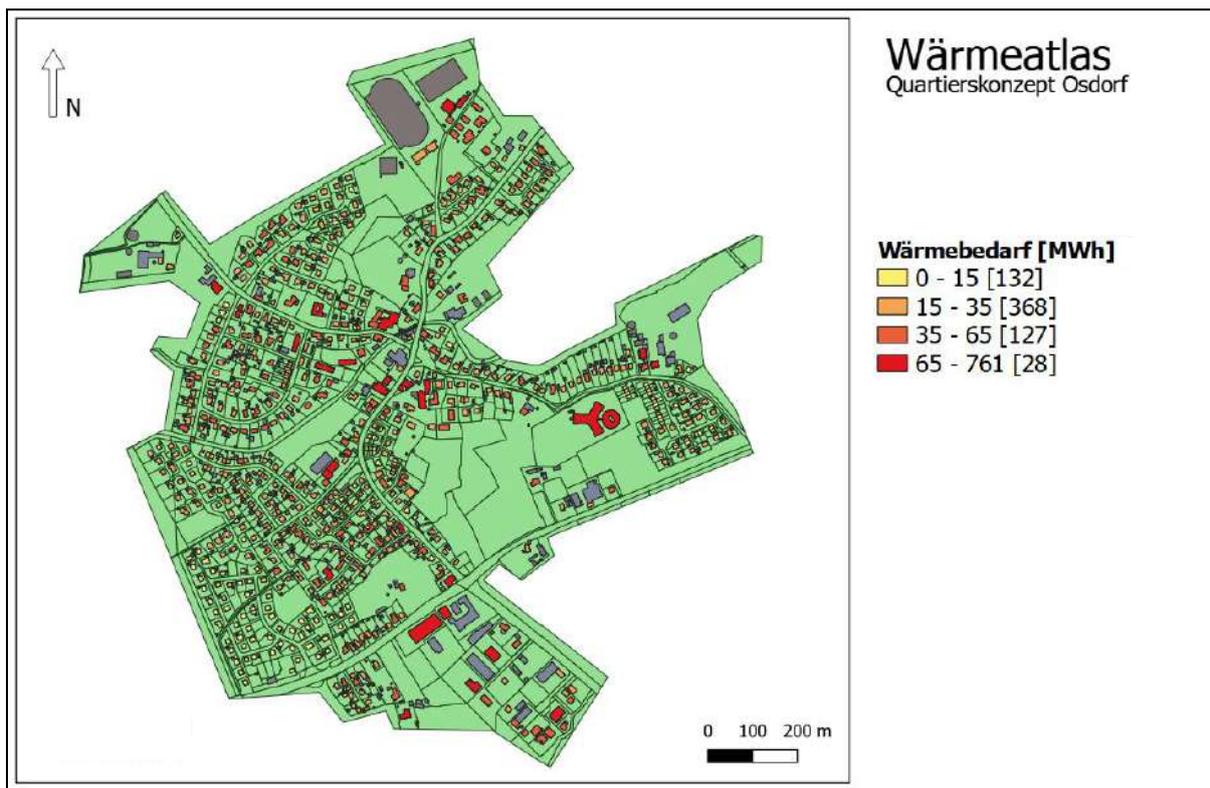


Abbildung 13: Wärmeatlas Quartier Kerngemeinde Osdorf

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 80 %. Als Gebäude mit dem größte Wärmebedarf wurde das Altenwohn- und Pflegeheim Dänischer Wohld identifiziert.

Tabelle 15: Endenergiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchstypen.

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch Wärme [MWh/a]
Gewerbe	2.857
Nichtwohngebäude	249
Öffentliche Gebäude	737
Wohngebäude	15.548
<b>Summe</b>	<b>19.392</b>

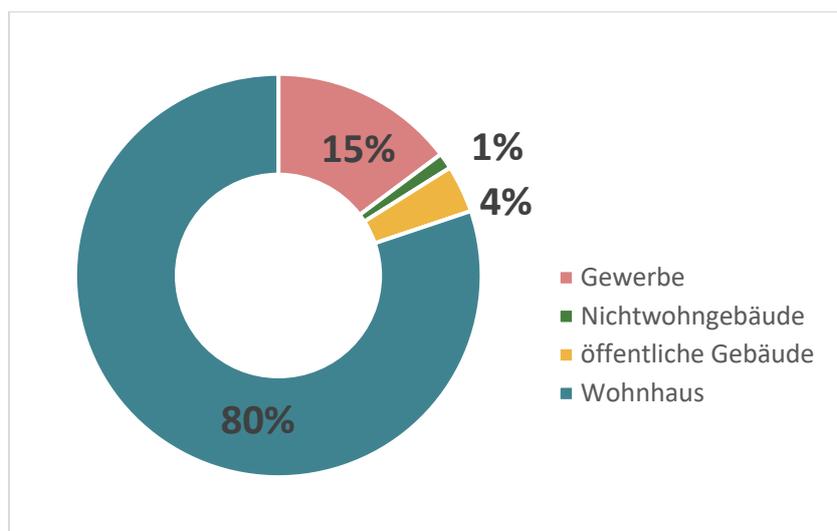


Abbildung 14: Wärmebilanz Kerngebiet Osdorf

Das Gasnetz in Osdorf ist sehr gut ausgebaut. Beinahe jedes Gebäude, welches einen Zugang zum Gasnetz wünscht, kann diesen erhalten. Dies wird deutlich durch den von der SH-Netz vorliegenden Plan des Gasnetzes in Osdorf. 49 % der in Osdorf produzierten Wärme wird mit Gas und 30 % mit Heizöl erzeugt. 21 % des Wärmebedarfs werden erneuerbar und 2 % mit Strom gedeckt (siehe Tabelle 16).

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wärmeerzeugung teilt sich zu 45 % auf die Wärmeerzeugung mit Heizöl und zu 55 % auf die Erzeugung mit Erdgas auf. Die Anteile von Strom und Holz am CO<sub>2</sub>-Ausstoß Osdorfs sind bei der Wärmeerzeugung zu vernachlässigen.

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	1.831	45	5.906	30
Erdgas	2.266	55	9.443	49
Holz	0,07	0	3.690	19
Strom	0,20	0	354	2
<b>Summe</b>	<b>4.097</b>	<b>100</b>	<b>19.392</b>	<b>100</b>

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

Die Bezugsdaten des Quartier Osdorfs wurden vom Netzbetreiber (SH-Netz AG) zur Verfügung gestellt. Einzelne Gewerbe haben Auskunft über ihren jeweiligen Stromverbrauch gegeben. Diese Bilanz erfasst nicht den kompletten Anteil des Stromverbrauchs der Gewerbebetriebe im Quartier Osdorf. Analog zu Tabelle 15 zeigt Tabelle 17 die Endenergiebilanz der Stromversorgung. Auch hier nimmt der Anteil der Wohngebäude den größten Teil von 68 % ein (siehe Abbildung 15). Die Gewerbe haben einen Anteil von 28 %. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Anteil in der Realität höher ist.

Tabelle 17: Endenergiebilanz der Stromversorgung.

Verbrauchstyp	Endenergieverbrauch Strom [MWh]
Gewerbe	1.058
Nichtwohngebäude	62
Öffentliche Gebäude	70
Wohngebäude	2.569
<b>Summe</b>	<b>3.758</b>

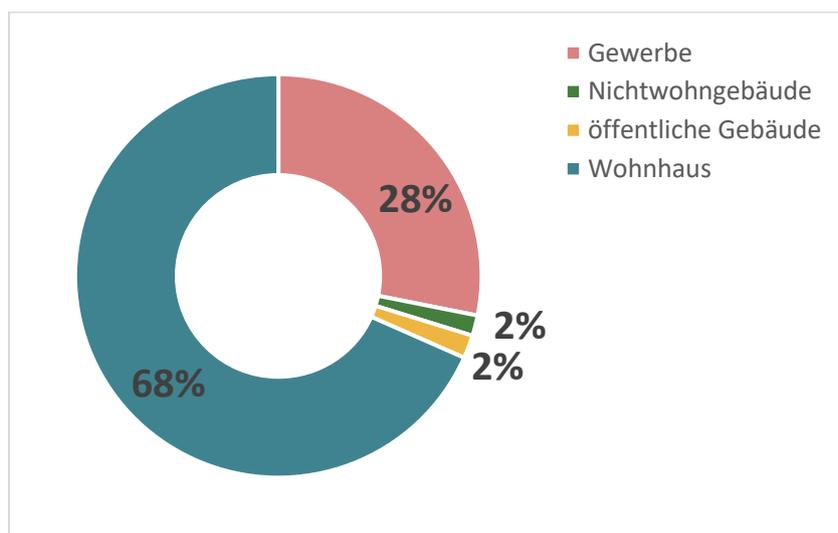


Abbildung 15: Strombilanz Kerngebiet Osdorf

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

Im Norden des Quartiers, zwischen den Ortsteilen Austerlitz und Stubbendorf, befindet sich eine BGA für die Verwertung von Lebensmittelresten. Die aufgelisteten 740 kW Erzeugerleistung finden sich hier in dem Betrieb von zwei BHKWs wieder. Die thermische Energie der BHKWs wird fast ausschließlich für die Hygienisierung der Substrate der BGA verwendet.

Der Großteil des auf dem Gemeindegebiet Osdorf regenerativ erzeugten Stroms wird durch PV-Dachanlagen auf privaten Gebäuden erzeugt.

Tabelle 18: Regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet Osdorf

	Bruttoleistung [kW]	Nettoleistung [kW]
Biomasse	740	740
Solare Strahlungsenergie	1.747	1.575
<b>Summe</b>	<b>2.487</b>	<b>2.315</b>

Für die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung liegen keine Daten zur tatsächlichen Nutzung von erzeugtem PV-Strom in Form von Eigenversorgungsanlagen vor. Weiterhin sind auf Grund des geringen Rücklaufs der Umfrage keine Daten über die bilanzielle Nutzung von Grünstroms (Ökostromverträge) vorhanden. Für die CO<sub>2</sub>-Bilanz Strom wurde ausschließlich der deutsche Strommix angesetzt. Daher setzt sich die prozentualen Anteile der Emissionstypen der CO<sub>2</sub>-Bilanz identisch zum Stromverbrauch zusammen.

Tabelle 19: CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stromversorgung.

Emissionstyp	CO <sub>2</sub> -Ausstoß Strom [t CO <sub>2</sub> /a]
Gewerbe	592
Nichtwohngebäude	35
Öffentliche Gebäude	39
Wohngebäude	1.438
<b>Summe</b>	<b>2.104</b>

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

### 4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

#### 4.1.1 WIND

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 Osdorf 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 Osdorf und Neudorf-Bornstein über ein Gebiet mit einer Größe von ca. 49,6 ha verfügen, welches als Potenzialfläche ausgewiesen ist. Nach dem Beschluss im Dezember 2020 wird dieses jedoch nicht als Vorranggebiet übernommen. Grund für die Entscheidung ist unter anderem ein Seeadlerhorst, welcher sich in ca. 3 km Entfernung befindet, (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde). Abbildung 16 ist den Datenblätter *Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde* entnommen und zeigt das zuvor beschriebene Gebiet.

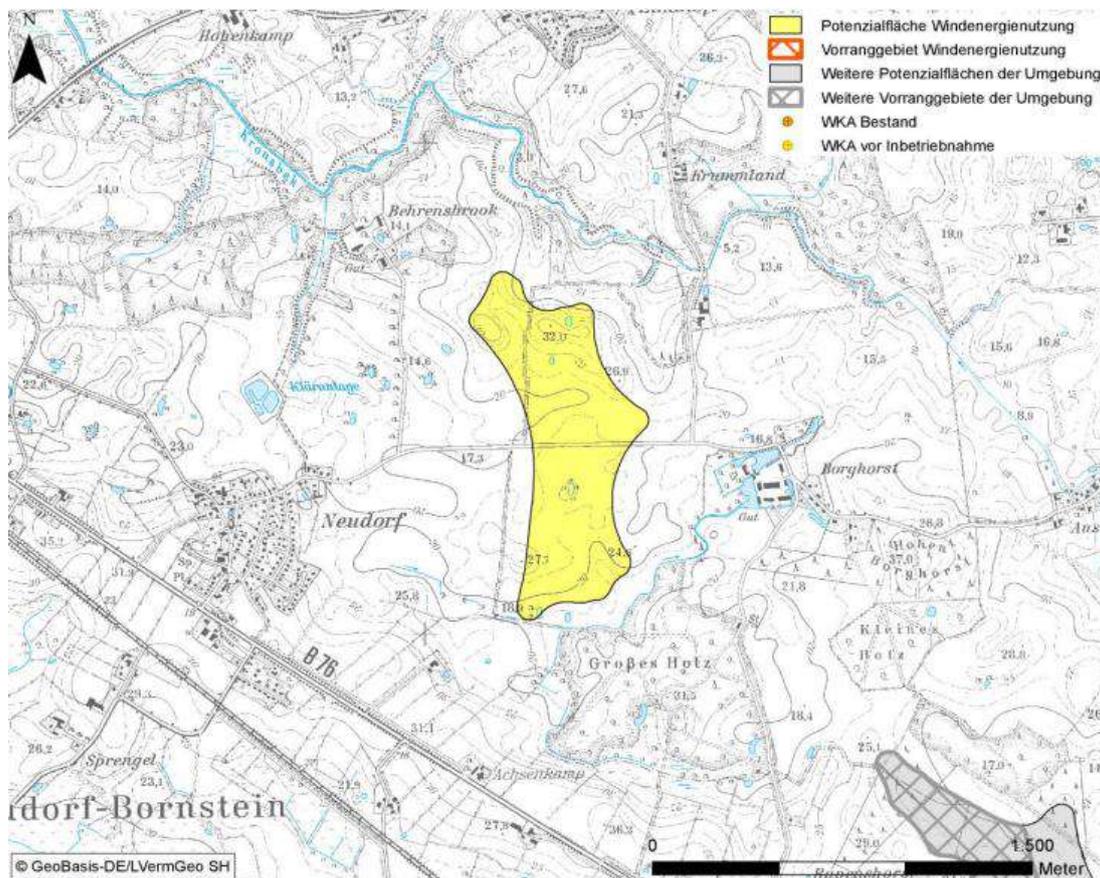


Abbildung 16: Windpotenzialfläche und -vorranggebiete der Gemeinden Osdorf und Neudorf-Bornstein (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde)

Analog zu dem zuvor beschriebenen Fall von Osdorf und Neudorf-Bornstein verhält es sich mit einer Windpotenzialfläche nord-östlich von Osdorf, welche den Gemeinden Osdorf und Schwedeneck zugeordnet wird (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde). Nähere Informationen können dem Regionalplan entnommen werden.

Ein weiteres Betrachtungsgebiet des Regionalplans betrifft neben der Gemeinde Osdorf die Gemeinde Gettorf. Die betreffenden Windpotenzialflächen bzw. Vorranggebiete können Abbildung 17 entnommen werden.

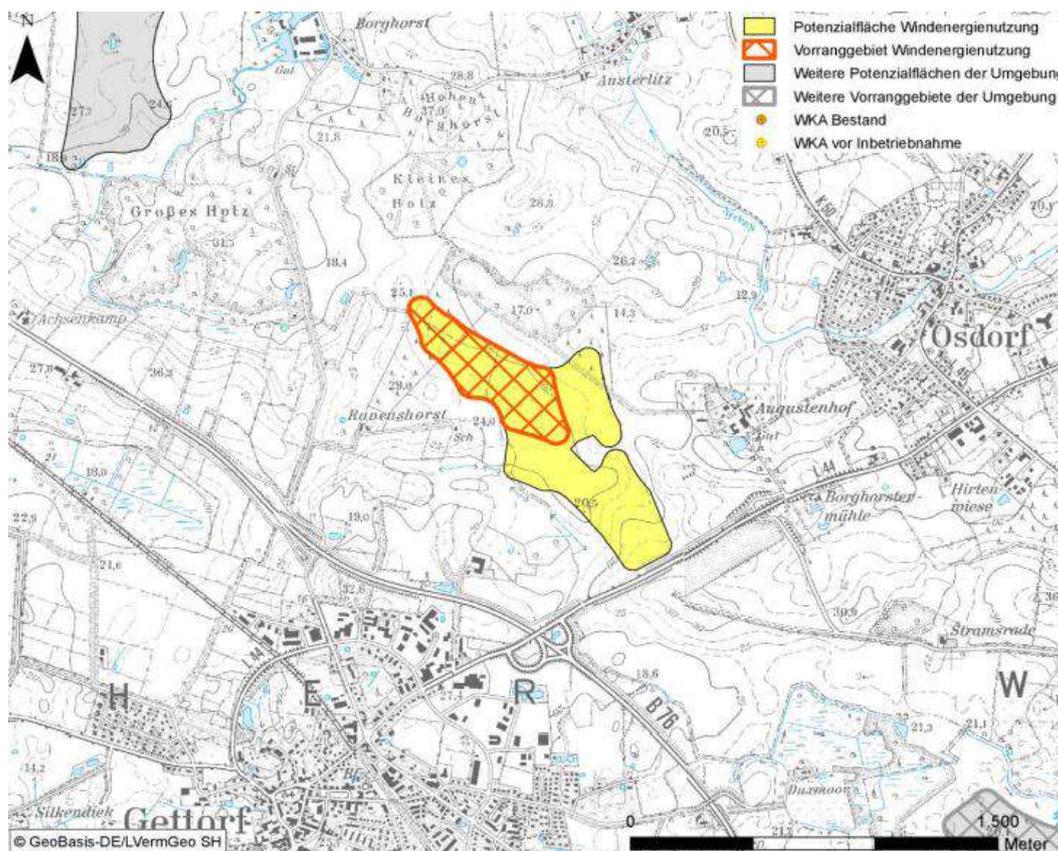


Abbildung 17: Windpotenzialfläche und -vorranggebiete der Gemeinden Osdorf und Gettorf (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde)

Das Vorranggebiet zur Windenergienutzung nach Abbildung 17 umfasst eine Fläche von ca. 16 der insgesamt 41,7 ha. In diesem Gebiet werden bereits zwei Anlagen geplant, welche eventuell für eine Direktlieferung von nachhaltigem Wind-Strom zur Verfügung stehen.

Eine weitere Windvorrangfläche betrifft die Nachbargemeinden Tüttendorf und Felm. Hier sind nach Abbildung 18 insgesamt sieben Windkraftanlagen installiert. Nach (Pierott, 2022) sind diese seit dem Jahr 2001 in Betrieb und laufen dementsprechend aktuell aus dem EEG aus. Da in Windvorranggebieten ein Repowering grundsätzlich möglich ist, kann für 5 der insgesamt sieben Windkraftanlagen von einer Neuinstallation ausgegangen werden. Die beiden weiteren WKA befinden sich außerhalb des ausgewiesenen Vorrangflächen und können zum heutigen Stand nicht erneuert werden. Es wäre zu prüfen, inwieweit die beiden Windkraftanlagen zur Einbindung in ein Energieversorgungskonzept für die Gemeinde Osdorf zur Verfügung stünden.

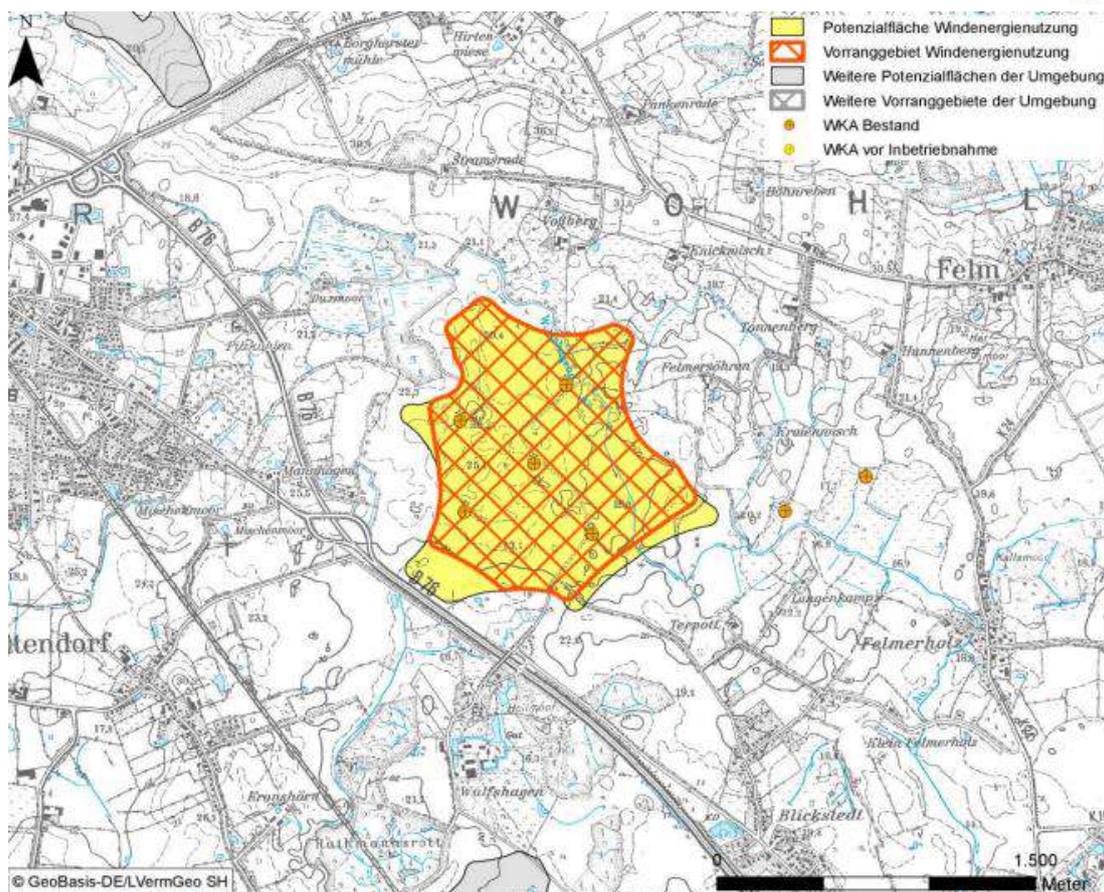


Abbildung 18: Windkraftanlagen (WKA), Windpotenzialfläche und -vorranggebiete der Gemeinden Tüttendorf und Felm (Datenblätter Potenzialflächen Rendsburg-Eckernförde)

Wird eine 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 Jahre entspricht dem heutigen Stand, wenn der gesamte Umsetzungsprozess inklusive Planung, Genehmigungsverfahren und Inbetriebnahme berücksichtigt werden soll.

Der Wind weht im Bereich Osdorf vorwiegend aus West und Süd-West. Im Südwesten liegt die Gemeinde Gettorf, ansonsten liegen überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen mit niedrigem Bestand vor, was gute Voraussetzungen für die Nutzung von Windkraftanlagen bietet.

#### 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.

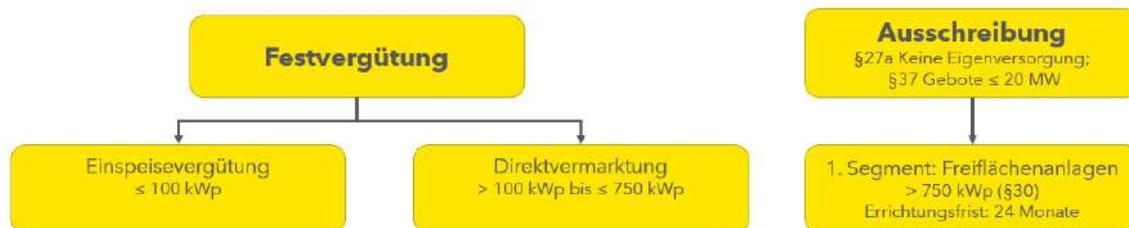


Abbildung 19: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014, 2014)

Nach Abbildung 19 ist die Vergütung nach dem EEG abhängig von der Anlagengröße. Kleinere Anlagen bis 750 kW Nennleistung müssen nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen, sondern erhalten eine feste Einspeisevergütung (Anlagen bis 100 kW) bzw. einen anzulegenden Wert über die Direktvermarktung (ab 100 kW) (Ministerium für Umwelt, 2019).

**Einspeisevergütung:** Die Vergütung für Anlagen mit Inbetriebnahme zum 01.10.2022 beträgt 4,47 ct/kWh. Die monatliche Kostendegression beträgt 1,4 % (Bundesnetzagentur, 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 (Uhland, 2020), (Bundesnetzagentur, 2022).

**Ausschreibung:** Die maximale Anlagengröße beträgt 20 MW. Die Anlagen dürfen nicht zur Eigenversorgung beitragen. 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, 2021).

Darüber hinaus gelten mit der Novellierung vom 30. Juli 2022 erhöhte Vergütungssätze [ct/kWh] für Photovoltaik Dachanlagen, welche im Folgenden kurz aufgeführt werden (Carmen, 2022):

Tabelle 20: Vergütungssätze für PV-Dachanlagen

	Eigenverbrauch	Einspeisung
Bis 10 kW	8,60	13,4
Bis 40 kW	7,5	11,3
Bis 100 kW	6,2	11,3
Bis 300 kW	6,2	9,4
Bis 750 kW	6,2	6,2

In diesem Zusammenhang sind unter Eigenverbrauch Anlagen zu verstehen, die zunächst den Eigenstrombedarf decken und ausschließlich überschüssigen Strom ins Stromnetz einspeisen. Demgegenüber sind Volleinspeiser-Anlagen, die keinen Eigenverbrauch decken, sondern 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 20 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. Dies lässt sich insbesondere auf die Position BOS (Balance of System) zurückführen, welche die Steuereinheit, Laderegler, mechanische Tragstruktur, elektrische Verkabelung und Schutzvorrichtungen umfasst. Entsprechend ist es sinnvoll, eine möglichst zusammenhängende Fläche zu nutzen.

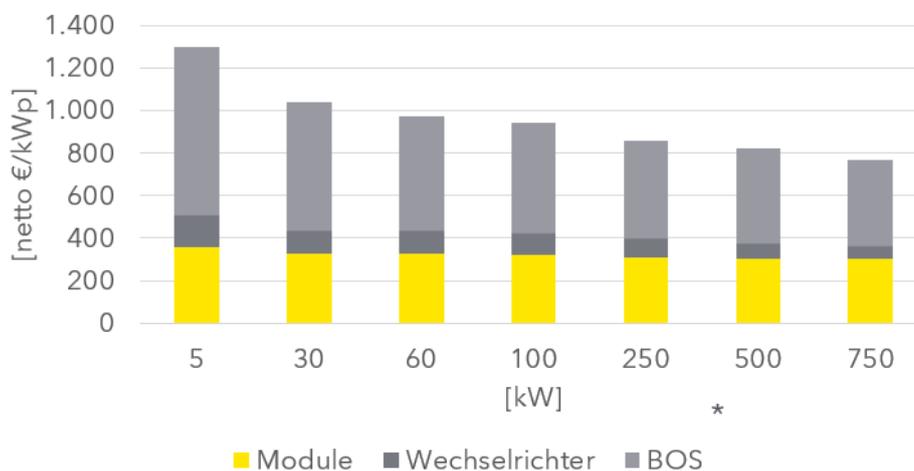


Abbildung 20: Kostenidentifikation von Photovoltaikanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße eigene Darstellung nach (Kelm, 2019)

Wird eine PV-Freiflächenanlage unabhängig von einer festen Vergütung über das EEG angestrebt, so ist deren Wirtschaftlichkeit bei einer zusammenhängenden Fläche von ca. 20 - 25 ha gegeben, was in etwa einer installierten Nennleistung von 20 - 25 MW<sub>p</sub> entspricht (Uhland, 2020). Der Planungshorizont von PV-Freiflächenanlagen beträgt zwei bis drei Jahre (von der Idee bis zur Inbetriebnahme).

Im Vergleich zu Windkraftanlagen haben Photovoltaik-Anlagen einen hohen Flächenverbrauch je kW 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).

Das Ertragspotenzial von PV-Anlagen wird über die standortspezifische Einstrahlung abgeschätzt. Für die Gemeinde Osdorf ist über die vergangenen Jahre eine horizontale Globalstrahlung von jährlich 1.017 kWh/m<sup>2</sup> bei einer durchschnittlichen Einstrahlung von 116 W/m<sup>2</sup> ermittelt worden (DWD, 2022). Dies entspricht in etwa dem Durchschnittswert von 1.000 kWh/m<sup>2</sup> für Deutschland (solarwatt, 2022).

Nach einem Auszug aus dem Kartenwerk des Amt Dänischer Wohld befinden sich die Flächen außerhalb der Kerngemeinde überwiegend in privatem Besitz. Über Pachtung oder Erwerb dieser Flächen könnten PV-Anlagen für das Energiesystem umgesetzt werden. Für private Haushalte ist die jeweilige Ausrichtung und Neigung der Dachfläche zu prüfen.

## 4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

Dieser Abschnitt wird das vorhandene Potenzial und die entsprechenden Technologien für eine erneuerbare Wärmebereitstellung in Osdorf 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, große Menge erneuerbarer Energie zu nutzen. Die Effizienz der Wärmepumpe, die sogenannte Leistungszahl, ist neben der Vorlauftemperatur von der Quellentemperatur 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 geringen Investitionskosten und einfache Umsetzung der Luft-Wärmepumpe. 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 21 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.

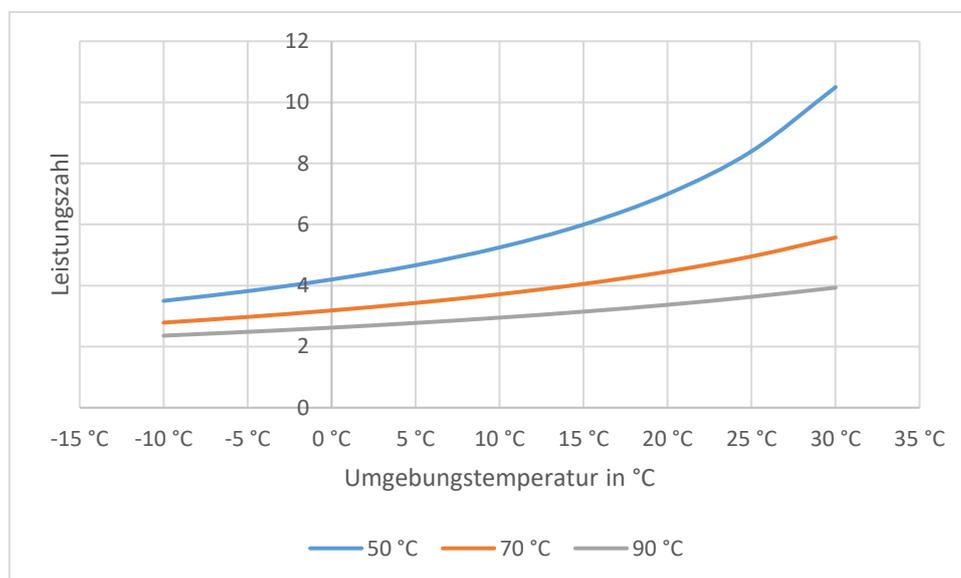


Abbildung 21: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur

Für die Verwendung von Luft-Wärmepumpen werden zusätzliche Rückkühlwerke benötigt. Diese können als Tischkühler oder V-Kühler ausgeführt werden. Beispielhafte Rückkühlwerke der Firma Güntner 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 150m 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 1,5m 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 Nachströmen von Energie im Untergrund statt. 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 1500 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 meistens 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 Meter 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 nicht absolut angegeben werden.

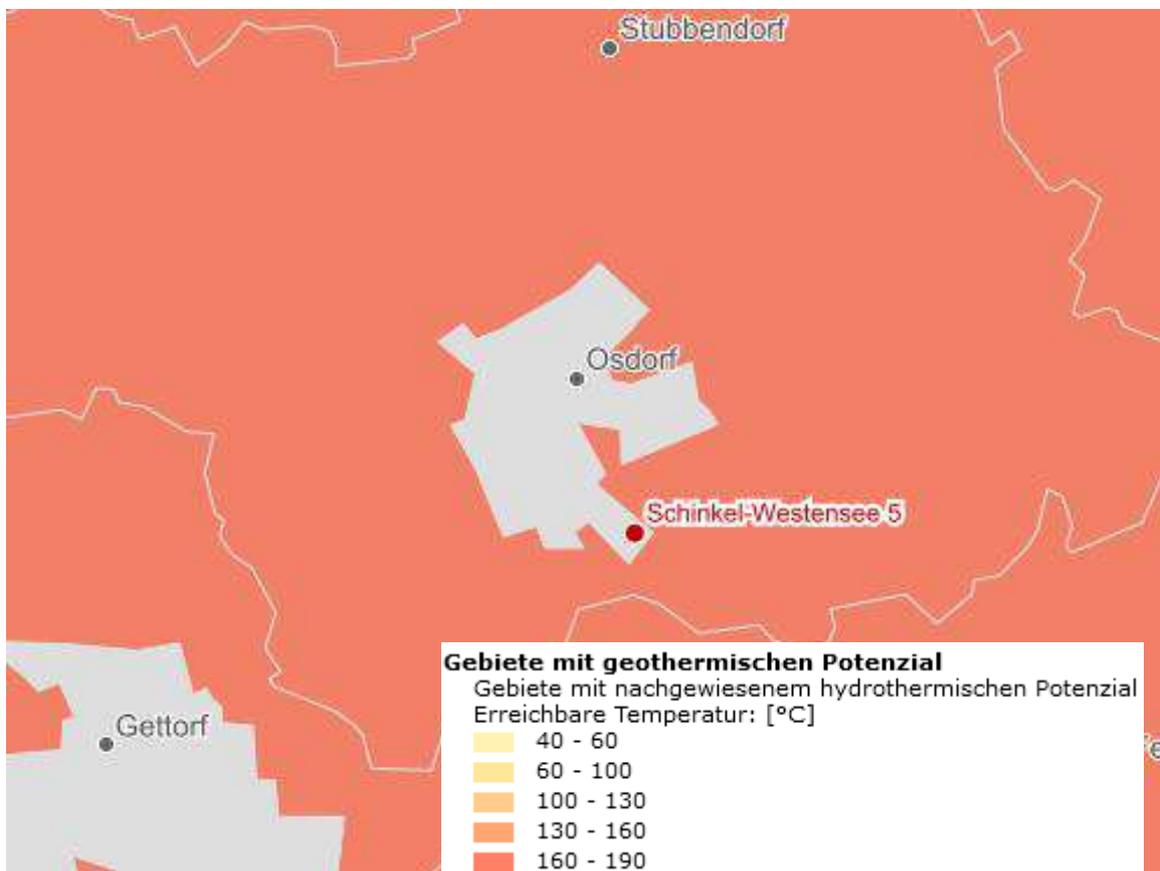


Abbildung 22: Geothermisches Potential in Osdorf

Diese Karte zeigt einen Ausschnitt, auf welchem zu erkennen ist, dass Osdorf theoretisch in einem Gebiet mit hydrothermalestem Potenzial liegt. Hier wäre es also theoretisch möglich Geothermie zur Wärmebereitstellung zu nutzen. Hydrothermal bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Wasser aus tieferen, wasserführenden Schichten genutzt wird.

In Osdorf befindet sich eine verfüllte Explorationsbohrung (Schinkel-Westensee- 5) mit 1892 m Tiefe von 1964 bei welcher nach Kohlenwasserstoffen gesucht wurde. Es sollen Temperaturwerte vorliegen die beim Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG) abgefragt werden können (LBEG Niedersachsen in Bergbaufragen für Schleswig-Holstein zuständig). Diese Daten könnten Rückschlüsse auf die Machbarkeit von tiefer Geothermie in Osdorf bieten.

Bei Bohrungen in diese Tiefen, stellen sich aber 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 Erdwärmepumpen deutlich über dem von Luft-Wärmepumpen.

#### 4.2.3 GRUNDWASSER-WÄRMEPUMPE

Der Einsatz von Grundwasser-Wärmepumpen verbindet prinzipiell Vorteile der Luft- und Erdwärmepumpe. Die Investitionskosten einer Grundwasser-Wärmepumpe sind, zumindest für die Verwendung von Großwärmepumpen, geringer als bei Erdwärmepumpen. 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.

Im Projektverlauf gab es einen Austausch mit dem Kreis Rendsburg-Eckernförde zum Thema Grundwassernutzung. Die Gemeinde Osdorf befindet sich, mit Ausnahme einiger Straßenteile im Westen der Gemeinde, innerhalb des Wassereinzugsgebietes des Wasserbeschaffungsverbandes Dänischer Wohld. Erfahrungsgemäß führen hohe Eisen- und Manganwerte im Grundwasser zu Problemen beim Betrieb der Anlage.

#### 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 Osdorf keine Wärmequellen identifiziert werden konnten, die Abwärme in ausreichender Menge zur Verfügung stellen.

#### 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. Eben diese 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 Wärmeübertrager 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 Wärmeübertrager 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. Abgedeckten 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 den 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 Osdorf 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

Der Gesamtenergiebedarf von Osdorf beträgt 23,15 MWh/a (exklusive Mobilität), wovon 67 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird. Der Gesamtbedarf an Wärme für Gebäude ist 19,39 MWh/a.

Der Gebäudebestand von Osdorf 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 in Osdorf liegt bei 151 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 21 Tabelle 21 ist die Sanierungsrate mit 1 %, 2 % und 5 % dargestellt. Die Sanierungsrate gibt eine Auskunft darüber, wie viel Prozent des Gebäudebestand Jährlich saniert wird. Aktuell wird in Deutschland mit einer Sanierungsrate von 1% (Ariadne-Report, 2021) gerechnet. Bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von 1% wird Osdorf eine Reduzierung von 26% auf 14,3 GWh/a erreichen. Auch bei einer Sanierungsrate von 5% wird der Gebäudesektor in Osdorf 2050 nicht Klimaneutral sein.

Tabelle 21: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate

	2020	2030	2040	2050
	<b>Wärmebedarf [MWh]</b>			
	<b>Sanierungsrate 1%</b>			
<b>Wärmebedarf Osdorf</b>	19.392	17.538	15.861	14.344
Prozentuale Einsparung	0%	10%	18%	26%
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Wärme</b>	4.098	3.706	3.351	3.031
	<b>Sanierungsrate 2%</b>			
<b>Wärmebedarf Osdorf</b>	19.392	15.845	12.946	10.578
Prozentuale Einsparung	0%	18%	33%	45%
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Wärme</b>	4.098	3.348	2.736	2.235
	<b>Sanierungsrate 5%</b>			
<b>Wärmebedarf Osdorf</b>	19.392	11.611	6.952	4.162
Prozentuale Einsparung	0%	40%	64%	79%
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen Wärme</b>	4.098	2.453	1.469	879

Die in Tabelle 21 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 reduziert 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.

#### 4.3.1 FÖRDERMÖGLICHKEITEN IM BEG

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ist seit dem 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)

Die Förderung erfolgte bis zum 27.07.2022 in jedem Fördertatbestand wahlweise als direkter Investitionszuschuss des BAFA oder als zinsverbilligter Förderkredit mit Tilgungszuschuss der KfW. Ab dem 28.07.2022 entfällt die Kreditförderung in der BEG EM durch die KfW.

## 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 bis zum 14.08.2022 ist in der nachstehenden Abbildung 23 dargestellt.

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	Fördersatz mit Austausch Ölheizung	Fachplanung	
Gebäudehülle <sup>1</sup>	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	20 %			
Anlagentechnik <sup>1</sup>	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	20 %			
Heizungsanlagen <sup>1</sup>	Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“	20 %	20 %		
	Gas-Hybridanlagen	30 %	40 %		
	Solarthermieanlagen	30 %	30 %		
	Wärmepumpen	35 %	45 %	50 %	
	Biomasseanlagen <sup>2</sup>	35 %	45 %		
	Innovative Heizanlagen auf EE-Basis	35 %	45 %		
	EE-Hybridheizungen <sup>2</sup>	35 %	45 %		
	Errichtung, Erweiterung, Umbau eines Gebäudenetzes	Mindestens 55 % Anteil EE im Wärmemix	30 %		
		Mindestens 75 % Anteil EE im Wärmemix	35 %		
		Anschluss an ein Gebäudenetz	30 %	40 %	
Anschluss an ein Wärmenetz	Mindestens 25 % Anteil EE im Wärmemix	35 %	45 %		
	Mindestens 55 % Anteil EE im Wärmemix	30 %	40 %		
Heizungsoptimierung <sup>1</sup>	Mindestens 25 % Anteil EE im Wärmemix oder Primärenergiefaktor höchstens 0,6	30 %	40 %		
	Mindestens 55 % Anteil EE im Wärmemix oder Primärenergiefaktor höchstens 0,25	35 %	45 %		

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

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)  
 Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND/4.0) Stand: 14. April 2022

Abbildung 23: Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Ab dem 15.08.2022 werden die Förderquoten teilweise durch die BEG-Reform im Juli/August 2022 angepasst. Mit der BEG EM werden Einzelmaßnahmen ab dem 15.08.2022 in Bestandsgebäuden mit 5 – 35 % weniger gefördert als bisher. Die Änderungen sind nachfolgend in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22: Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Einzelmaßnahmen Zuschuss	Standard	Boni			Max.	
	Fördersatz	iSFP	Heizungs- Austausch	Effiziente Wärmepumpe	Max. Fördersatz	Differenz zur Förderung vor dem 15.08.
Solarthermie	25%	-	-	-	25%	-10%
Biomasse	10%	-	10%	-	20%	-35%
Wärmepumpe	25%	-	10%	5%	40%	-10%
Innovative Heizungstechnik	25%	-	10%	-	35%	-15%
EE-Hybrid	25%	-	10%	5%	40%	-15%
EE-Hybrid mit Biomasseheizung	20%	-	10%	5%	35%	-20%
Wärmenetzanschluss	25%	-	10%	-	35%	-15%
Gebäudenetzanschluss	25%	-	10%	-	35%	-15%
Gebäudenetz Errichtung/Erweiterung	25%	-	-	-	25%	-15%
Gebäudehülle <sup>1)</sup>	15%	5%	-	-	20%	-5%
Anlagentechnik <sup>2)</sup>	15%	5%	-	-	20%	-5%
Heizungsoptimierung	15%	5%	-	-	20%	-5%

Die Änderungen der Förderbestimmungen:

- Für den Austausch von funktionstüchtigen Gasheizungen wird ein Bonus von 10 Prozentpunkten gewährt, wenn deren Inbetriebnahme zum Zeitpunkt der Antragsstellung mindestens 20 Jahre zurückliegt, womit nun der Austausch aller fossiler Heizungsanlagen mit zusätzlichen 10 Prozentpunkten gefördert wird,
- Für den Austausch von Nachtspeicherheizungen wird ein Bonus von 10 Prozentpunkten gewährt und
- Die Förderung von Gasbetriebenen Anlagen wird aufgehoben (Einstellung jeglicher Förderung fossiler Heizungen).

Der individuelle 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.

## **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.

### 4.3.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands in Osdorf Referenzgebäude 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 Osdorfs 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 24: Referenzgebäude Baualtersklasse  $\leq 1950$

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Gebäude aus dem Jahre 1950 mit einem spezifischen Endenergiebedarf von  $168 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ , entsprechend des GEG in der Klasse F. Die Gas-Heizung wurde um 1990 eingebaut. An der Rückseite des Gebäudes wurde 2003 angebaut. Weiterhin ist auf der nordwest-Wand des Bestandsbau im gleichen Jahr ein Wärmedämmverbundsystem aufgebracht worden.

### **Maßnahme 1 – Heizungsoptimierung**

Die Optimierung der Heizanlage macht in den meisten Gebäuden Sinn. Diese Maßnahme umfasst den Einbau digitaler Thermostate, einen hydraulischen Abgleich des Heizsystems und den Austausch einer veralteten Heizungspumpe mit einer Hocheffizienzpumpe. Digitale Thermostate bergen den Vorteil der Einstellungsmöglichkeit der Heizzeiten (z.B. Nachtabenkung). 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 vorgebäugt werden. Stromeinsparungen durch eine effiziente Umwälzpumpe und die gleichmäßige Verteilung von Heizungswasser können eine Einsparung von bis zu 20 % bewirken. Die Einsparung bei einer hocheffizienten Umwälzpumpe resultiert aus dem geringeren Strombedarf.

### **Maßnahme 2 – Erneuerung der Fenster**

Einige Fenster des Gebäudes haben das Baujahr 1976 und sind damit 46 Jahre alt. Ein typischer Fensteraustausch wird bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von  $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  entsprechen sie außerdem nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen. Es werden ein großes, zwei mittlere und zwei kleine Fenster ausgetauscht. Alle weiteren Fenster des Gebäudes eignen sich noch nicht für eine Erneuerung.

### **Maßnahme 3 – Austausch Gas-Heizung mit Luftwärmepumpe**

Der bestehende Gas-Kessel ist zur Erstellung des Berichts ca. 31 Jahre alt. Mit diesem Alter kann das Ende der Lebenszeit eines Wärmeerzeugers erreicht sein. Die Betrachtung einer alternativen Form der Wärmeerzeugung liegt nicht nur durch steigende Preise für fossile Brennstoffe auf der Hand. Auch die gesteigerte Effizienz und ein besserer  $\text{CO}_2$ -Fußabdruck sind gute Gründe für die Installation einer Wärmepumpe.

Tabelle 23: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse ≤ 1950

	Investition [€]	Förderung BEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energieeinsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]	jährl. Einsparung [kg CO <sub>2</sub> /a]
<b>M1</b>	1.060 €	190 €	870 €	7 %	480 €/a	2	742 kg/a
<b>M2</b>	9.000 €	1.800 €	7.200 €	11 %	570 €/a	11	772 kg/a
<b>M3</b>	25.000 €	10.000 €	15.000 €	15 %	2.100 €/a	8	1.610 kg/a

#### 4.3.2.2 Mustersanierung Baualtersklasse 1950-1970



Abbildung 25: Referenzgebäude Baualtersklasse 1950-1970

Das betrachtete Gebäude ist ein über Eck gebautes Doppelhaus. In der Betrachtung wurde nur auf eine Wohneinheit eingegangen. Die Immobilie wurde im Jahre 1958 gebaut und hat einen spezifischen Endenergiebedarf von 208 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Es befindet sich nach dem GEG in der Gebäudeklasse Klasse G und besitzt eine Gas-Heizung aus dem Jahre 1989. 2012 wurde ein Brennwertgerät nachgerüstet. Die meisten Fenster wurden in den letzten Jahren ausgetauscht und befinden sich auf einem guten energetischen Standard.

#### Maßnahme 1 – Heizungsoptimierung

Die Optimierung der Heizungsanlage setzt sich wie in der vorangegangenen Baualtersklasse zusammen. In dieser Immobilie ist die Besonderheit vorhanden, dass für beide Doppelhaushälften eine zentrale Wärmeversorgung vorhanden ist. Ein hydraulischer Abgleich würde sich hier in doppelter Hinsicht lohnen. Vorausgesetzt das System ist hydraulisch in einem schlechten Zustand. In jedem Fall können Stromeinsparungen durch den Austausch der Heizungspumpen sowie Heizwärmeeinsparungen durch die Verwendung von digitalen Thermostaten erreicht werden.

## Maßnahme 2 – Einblasdämmung

Laut der Aussage des Besitzers 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 Dach

Das Dach der Immobilie ist 64 Jahre alt und hat damit das Ende der Lebenszeit erreicht. Zur Zeit der Erbauung der Immobilie war es typisch keine Dämmung im Dach zu verbauen. Das Dach verfügt über keine Dämmung und stellt damit, gerechnet auf die Fläche, das Gebäudebauteil mit dem höchsten Energieverlust dar. Durch die hohen Kosten einer Dachsanierung ist diese Maßnahme jedoch nicht als zu priorisierende Maßnahme anzusehen.

Tabelle 24: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1950-1970

	Investition [€]	Förderung GEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energie-einsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisation [a]	jährl. Einsparung [kg CO <sub>2</sub> /a]
<b>M1</b>	1.200 €	240€	960 €	12 %	480 €/a	2	896 kg/a
<b>M2</b>	2.000 €	400 €	1.600 €	24 %	710 €/a	3	1.399 kg/a
<b>M3</b>	49.500 €	9.900 €	39.600 €	22 %	660 €/a	35	1.293 kg/a

### 4.3.2.3 Mustersanierung Baualtersklasse 1970-1990



Abbildung 26: Referenzgebäude Baualtersklasse 1970-1990

Dieses Gebäude ist ein einstöckiges Gebäude mit einem wenig genutztem Wohnbereich im Keller. Es stammt aus dem Jahr 1979 und hat einen spezifischen Endenergiebedarf von 174 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Es befindet sich nach dem GEG in der Gebäudeklasse Klasse F. Das Dach ist nicht gedämmt und die

oberste Geschossdecke verfügt über eine ca. 10 cm Schicht Mineralwolle. Die Dachbodenluke bildet hier eine Wärmebrücke. Die Außenwände sind ca. 40 cm Dick und mit Hartschaumplatten isoliert. Die Wärmeerzeugung erfolgt über eine ca. 42 Jahre alte Öl-Heizung. Im Erdgeschoss, dem hauptsächlich benutzten Wohnbereich, ist Fußbodenheizung verlegt.

## Maßnahme 1 – Heizungsoptimierung

Wie bei den vorangegangenen Referenzgebäuden wird auch hier die Optimierung der Heizungsanlage angesetzt. Der Hydraulische Abgleich sowie der Austausch der Heizungspumpen wird als Grundlage verwendet. Von der Verwendung von digitalen Thermostaten wird auf Grund der Fußbodenheizung abgesehen.

## Maßnahme 2 – Dämmung oberste Geschossdecke

Die Oberste Geschossdecke dieses Gebäudes ist bereits mit 10 cm Mineralwolle gedämmt. Eine weitere 10 cm starke Schicht Dämmwolle zu verlegen ist eine kostengünstige Lösung, um den Energiebedarf der Immobilie zu senken. Hierdurch kann der Wärmeverlust der obersten Geschossdecke mehr als halbiert werden. Dies entspricht einer gesamten Wärmeeinsparung von ca. 9 %.

## Maßnahme 3 – Austausch Öl-Heizung mit Luftwärmepumpe

Da in dieser Immobilie eine Fußbodenheizung existiert, ist die Vorlauftemperatur des Heizsystems gering (30-40 °C). Aus den in Abschnitt 4.3.2.1 beschriebenen Gründen ist die Installation einer Wärmepumpe hier zu empfehlen. Das Heizsystem ist bereits gut für eine solche Maßnahme ausgelegt, so dass keine großen baulichen Eingriffe umgesetzt werden müssen. Die jährlichen Einsparungen bei dieser Maßnahme wurden mit einem Heizölpreis von 1,54 €/l (Stand: 18.06.22) berechnet. Die betrachtete Luftwärmepumpe wurde mit einer Jahresarbeitszahl von 2,6 angesetzt.

Tabelle 25: Zusammenfassung der Mustersanierungen Baualtersklasse 1970-1990

	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>	1.500 €	300 €	1.200 €	8 %	620 €/a	2	1.355 kg/a
<b>M2</b>	4.600 €	920 €	3.680 €	9 %	470 €/a	8	965 kg/a
<b>M3</b>	29.000 €	11.600 €	17.400 €	10%	2.552 €/a	7	1.602 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 Dänischer Wohld Bauunterlagen zu den betrachteten Gebäuden zur Verfügung gestellt. Insbesondere bei der Schule waren diese Unterlagen nicht in voller Gänze vorhanden. Dies lässt sich auf die teilweise hohen Alter der Gebäude zurückführen. Die Wärmeversorgung des Ärztehauses und der Waldenburger Str. 1b ist nicht als Sanierungsmaßnahme untersucht worden. Die öffentlichen Gebäude im Zentrum des Quartiers sollen perspektivisch an ein in Osdorf entstehendes Fernwärmenetz angeschlossen werden. Die Wärmeversorgung der Schule wurde in der Ausschreibung des Konzeptes gefordert und ist in Abschnitt 4.7 dargestellt.

#### 4.3.3.1 Schule

Die Schule, bestehend aus insgesamt sieben Gebäuden inkl. Sporthalle, hat aufgrund verschiedener Baujahre und Sanierungsmaßnahmen unterschiedliche energetische Zustände. Bei der Begehung der Einrichtung am 28.02.2022 wurden mögliche Maßnahmen ermittelt und in einem Bericht zusammengefasst.

Insgesamt wurden drei Maßnahmen näher betrachtet. Diese sind die Fassadensanierung, welche für Gebäude mit schlechten Dämmeigenschaften betrachtet wurden, der Fensteraustausch und die Installation einer PV-Anlage auf den Dächern der Sporthalle und der nebenstehenden Gebäude der KiTa. Die genaue Betrachtung der Maßnahmen ist im dazugehörigen Bericht zu finden.

Die Maßnahmen waren zum Zeitpunkt der Aufnahme teilweise mit langen Amortisationszeiten verbunden, welche sich jedoch im Zusammenhang mit der gegenwärtigen geopolitischen Situation und der damit einhergehenden Erhöhung der Energiepreise verkürzt haben.

#### 4.3.3.2 Ärztehaus

Das Ärztehaus befindet sich auf dem energetischen Standard von 1985. Durch die in die Jahre gekommenen Fenster ist der energetische Standard mitunter schlechter zu bewerten, da eventuell Zugluft entsteht.

Die Bemaßung der obersten Geschossdecke liegt für Berechnungen nicht vor. Daher ist sie hier nur textlich beschrieben und nicht mit in Tabelle 26 aufgenommen.

#### **Dämmung oberste Geschossdecke**

Die am Wohnraum anliegenden Dachfläche und der Obersten Geschossdecke sind mit 10 cm Mineralwolle gedämmt. Nach heutigem Standard sind 25 cm Dämmung nicht unüblich. Da die neue Eindeckung des Daches mit hohen Kosten verbunden ist, empfehlen wir die oberste Geschossdecke mit 10 cm Dämmmaterial aufzudämmen. Hierfür muss lediglich der Holzboden des Dachbodens entfernt und nach der Aufbringung der zusätzlichen Dämmung wieder angebracht werden. Für wenige tausend Euro lassen sich nicht zu vernachlässigende Energieeinsparungen realisieren. Es wird angenommen, dass sich diese Maßnahme nach wenigen Jahre amortisiert.



Abbildung 27: Dämmung oberste Geschossdecke Ärztehaus

**Maßnahme 1 – Austausch Fenster**

Die Fenster des Ärztehauses sind zur Erstellung dieses Berichts 39 Jahre alt und befinden sich nicht mehr auf dem Stand der Technik. Wie bereits in 4.3.2.1 beschrieben wurde, ist das Ende der Lebenszeit der Fenster damit beinahe erreicht. Über den Austausch der Fenster lässt sich voraussichtlich ca. 12 % der jährlichen Wärmeenergie des Ärztehauses einsparen (Tabelle 26). Die Fenster müssen 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.

**Maßnahme 2 – Dämmung Außenwände**

Die Wände des Ärztehauses verfügen über keine Dämmung und auch keinen Luftspalt. Sie sind damit nicht für die das Einblasen eines rieselfähigen Dämmstoffes geeignet. Eine weitere Möglichkeit der Außenwanddämmung ist Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems. Hierbei wird eine Dämmung von außen auf die Fassade aufgebracht. Die Kosten können hier je nach verwendetem Material stark variieren. Aus diesem Grund ist in Tabelle 26 ein Minimal- und ein Maximalwert für die Investitionskosten angegeben.

Tabelle 26: Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Ärztehaus

	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>	29.300 €	5.860 €	23.440 €	12 %	1.400 €	14	2.780 kg/a
<b>M2</b>	Min: 39.000 €	Min: 7.800 €	Min: 31.200 €	14 %	1.700 €	Min: 16 Max: 26	3.300 kg/a
	Max: 78.000 €	Max: 15.600 €	Max: 62.400 €				

## 4.3.3.3 Waldenburger Str. 1b

### **Maßnahme 1 – Austausch der Fenster und Türen**

Die insgesamt 64 Fenster und Türen des Mehrfamilienhauses sind größtenteils aus demselben Baujahr wie das Gebäude und können somit durch Fenster mit deutlich besseren Isolierungseigenschaften ersetzt werden. Wie schon erwähnt, sind die Fenster und Türen teilweise nichtmehr in einem einwandfreien baulichen Zustand.

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

Die Wände dieses Gebäudes verfügen über eine 3 cm starke Dämmung aus Hartschaum. Weiterhin ist ein Luftspalt von 4,5 cm vorhanden. Hier wäre es möglich einen rieselfähigen Dämmstoff einzubringen. Diese Maßnahme ist in Tabelle 28 mit M2.1 beschrieben. Vor einer Umsetzung einer solchen Maßnahme muss die Gebäudehülle einer spezialisierten Firma bewertet werden. Hierbei geht es um eine mögliche Feuchtigkeitsbildung innerhalb der Wände. Weiterhin ist es möglich auf die Außenwand eine Dämmschicht mit Verkleidung aufzubringen (M2.2). Hierbei handelt es sich um die aufwendigere und kostenintensivere Maßnahme. Nach einer Prüfung der Gebäudehülle könnte diese Maßnahme eine gute Alternative zu Maßnahme M2.1 darstellen.

Bei der Berechnung dieser Maßnahmen wurden die Wände der Laubengänge vernachlässigt. Nur die mit Klinker versehenen Flächen wurden betrachtet. Hierbei handelt es sich um Annahmen, da keine bemaßten Zeichnungen des Gebäudes zur Verfügung standen.

### **Maßnahme 3 – Dämmung der Geschoss- und Kellerdecken**

Durch die nachträgliche Dämmung von Geschoss- und Kellerdecken können jeweils etwa 70 % der Wärmeverluste des jeweiligen Bereichs eingespart werden. Die Berechnung der Geschossdeckenfläche wurde anhand der Grundfläche durchgeführt. Außerdem muss, falls die Dachbodenfläche weiterhin begehbar sein soll, ein zweiter Boden auf der Dämmung ergänzt werden. Dies ist in den Kosten von M3.1 in Tabelle 27 in Form eines einfachen Holzbodens mit einbezogen. Die Berechnung der Maßnahme dient als Orientierung und muss bei Durchführung eingehend geprüft und ggf. angepasst werden.

Für die Dämmung der Kellerdecke wurde die Fläche der Decke des umbauten Raums des Kellergeschoßes herangezogen.

Tabelle 27: Zusammenfassung Sanierungsmaßnahmen Waldenburger Str. 1b

	Investition [€]	Förderung GEG [€]	Investition mit Förderung [€]	Energie- einsparung Wärme [%]	jährl. Einsparung [€/a]	Statische Amortisat- ion [a]	jährl. Einsparung [kg CO <sub>2</sub> /a]
<b>M1</b>	40.200 €	8.040 €	32.160 €	22 %	2.600 €/a	13	4.300 kg/a
<b>M2.1</b>	Min: 17.000 €	Min: 3.400 €	Min: 13.600 €	12 %	1.450 €/a	Min: 11 Max: 14	2.450 kg/a
	Max: 23.700 €	Max: 4.700 €	Max: 19.000 €				
<b>M2.2</b>	Min: 50.800 €	Min: 10.100 €	Min: 40.700 €	13 %	2.650 €/a	Min: 19 Max: 31	2.800 kg/a
	Max: 101.600 €	Max: 20.300 €	Max: 81.300 €				
<b>M3.1</b>	Min: 16.000 €	Min: 3.200 €	Min: 12.800 €	22 %	2.650 €/a	Min: 6 Max: 9	4.500 kg/a
	Max: 24.000 €	Max: 4.800 €	Max: 19.200 €				
<b>M3.2</b>	Min: 15.000 €	Min: 3.000 €	Min: 12.000 €	12 %	1.450 €/a	Min: 11 Max: 14	2.400 kg/a
	Max: 20.000 €	Max: 4.000 €	Max: 16.000 €				

## 4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNGSLÖSUNGEN

Der folgende Abschnitt befasst sich mit verschiedenen Szenarien zur dezentralen Wärmeversorgung und soll eine Entscheidungshilfe vor allem für Gebäude, die außerhalb des Kerngebiets der Gemeinde liegen, darstellen. 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.

### 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 2026 ist der Einbau einer neuen Ölheizung bis auf bestimmte Ausnahmen untersagt. Für Bestandsanlagen gibt es kleine 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 Komprimierung des Kältemittels steigt die Temperatur auf ein im Heizungssystem benötigtes Niveau. Nach Abgabe der Wärme an das Heizungssystem wird das Kältemittel entspannt und der Prozess beginnt von vorne. Der Energiebedarf des Prozesses wird mit Strom gedeckt. Um hohe Stromkosten zu vermeiden ist eine Kombination mit Photovoltaik anzustreben.

## **SOLARTHERMIE**

Solarthermieanlagen werden typischerweise auf Gebäudedächern installiert. Die Sonnenstrahlung trifft auf eine Absorberfläche, die die Wärme an in Schlangen gelegten 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 ersteren Falle 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 benannten Technologien entsteht bei einer Brennstoffzelle zusätzlich zur Wärme auch noch Strom als Ausgangsprodukt. Hier lässt man kontrolliert Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser reagieren. Bei der Reaktion wird Energie frei, welche man als Strom aus dem System auskoppeln 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 Osdorf 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 Gasheizung oder alternative Heizungssysteme ausgetauscht wird. Abbildung 28 zeigt die gerechneten Varianten und die entsprechenden Vollkosten. Die Gasheizungslösung stellt unter den getroffenen Annahmen (siehe Tabelle 28) über die nächsten 20 Jahre die unwirtschaftlichste Lösung dar, was durch die zu erwartenden Gaspreise zu erklären ist. Bei der Wärmepumpen-Variante wird Strom für die Wärmepumpe zunächst aus dem Stromnetz bezogen. Trotz des leicht reduzierten Wärmepumpenstrompreises weist diese Variante die zweithöchsten Bedarfskosten auf. Die höchsten Investitionskosten hat die Variante Wärmepumpe + PV + Batterie allerdings sind diese in dieser Rechnung zu 100% auf den Wärmebedarf bezogen worden – tatsächlich gibt es natürlich durch die PV-Anlage zusätzliche Einsparungen bei den regulären Stromkosten, was die Installation einer PV-Anlage unabhängig von dem Gebrauch einer Wärmepumpe interessant macht.

Es zeigt sich, dass in Bestandsgebäuden die Wärmepumpe eine Alternative darstellen kann. Die geringsten Vollkosten von 20,39 ct/kWh werden allerdings von der Hackschnitzelvariante erreicht. 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.

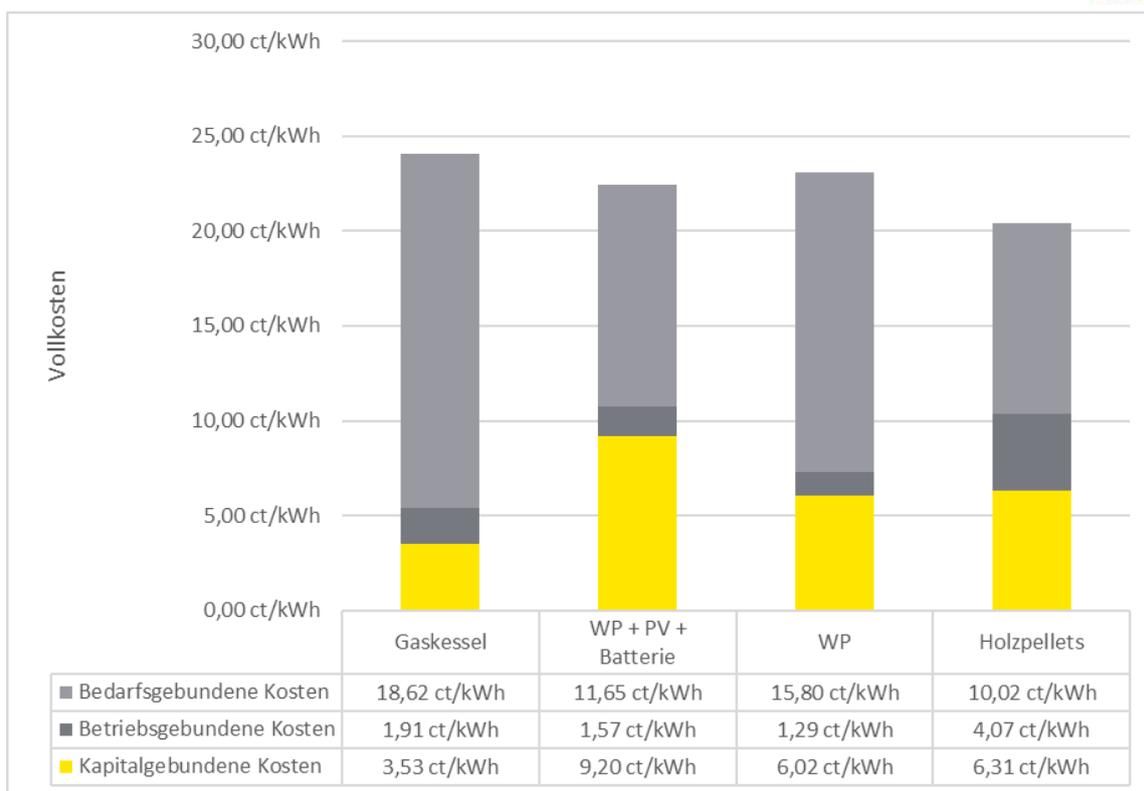


Abbildung 28: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Die in Tabelle 28 getroffenen Annahmen beruhen sowohl auf eigenen Annahmen als auch 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).

**Hinweis:** Durch die am 27.07.2022 veröffentlichten Änderungen an der BEG-Förderung hat sich die Förderquote der individuellen Lösungen reduziert. Bei der Berechnung der Vollkosten sind diese Änderungen bereits berücksichtigt worden. Weitere Information zu den aktuellen Änderungen an der BEG-Förderung sowie die entsprechenden Förderquoten sind in Kapitel 4.3.1 zu entnehmen.

Tabelle 28: Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Bezeichnung	Wert
Wärmebedarf	22.500 kWh
Laufzeit	20 a
Zinssatz	3 %
Preissteigerung Brennstoff	4 %
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung	2 %
Gaskessel	10.000 €
Wärmepumpe	25.000 €
Photovoltaik	7.000 €
Batterie	4.380 €
Holz Pelletkessel	24.000 €
Biogas	11 ct/kWh
Netzstrom	32 ct/kWh
WP-Strom	28 ct/kWh
Holzpellets	5,5 ct/kWh

Bei der Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden alle individuellen Lösungen mit einem erdgasbefeuerten Gaskessel verglichen, da die Installation eines neuen Ölkessels in Zukunft keine Option darstellt. Die Ergebnisse dieses CO<sub>2</sub>-Vergleichs werden in Tabelle 29 dargestellt. Es zeigt sich, dass auf Grund der hohen anzusetzenden spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer, 2020) die Emissionen mit ca. 6.900 kg höher sind als bei einem Gaskessel, welcher bei einer Erdgasbefuerung 6.000 kg/a CO<sub>2</sub> ausstößt. 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 4.000 kg/a reduziert werden. Die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mit 529 kg/a jedoch von der Pelletheizung emittiert, vorausgesetzt es handelt sich um nachhaltig produzierte Pellets.

Tabelle 29: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen der individuellen Lösungen

Technologie Energieträger	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	12.359 kWh	7.161 kWh	26.471 kWh
CO <sub>2</sub> -Emission	6.000 kg	3.500 kg	6.921 kg	4.010 kg	529 kg
rel. Änderung zur Referenz	0%	-41,67%	15,36%	-33,17%	-91,18%

#### Auf den Punkt.

- Unter Betrachtung der Aspekte Ökologie, Technologie und Wirtschaftlichkeit sind die besten Lösungen zur dezentralen Wärmeversorgung: Wärmepumpe (besonders in Kombination mit Photovoltaik), Hackschnitzel bzw. Holzpellets.
- Power-to-heat mit Photovoltaik und Solarthermie können sinnvolle Ergänzungen sein.
- Ölheizungen stellen durch das kommende Verbot keine Option dar. Auch Gasheizungen wird dies mittelfristig betreffen.
- **Empfehlung:** Bei einem energetisch sanierten bzw. bei neueren Bauten ist als Empfehlung die Wärmepumpe zu benennen. Ist dies nicht der Fall und ausreichend Platz vorhanden, ist die Pelletheizung bzw. Hackschnitzelheizung die aktuell beste Lösung, sofern man sich nicht an ein Nahwärmenetz anschließen lassen kann.

## 4.5 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

Bei einer zentralen Wärmeversorgung für das Kerngebiet Osdorf wird die benötigte Wärme für das Heizen oder Warmwasser in einer oder mehreren Heizzentralen (Heizwerk) bereitgestellt. Diese liegen meistens außerhalb der Gemeinde und verteilen die Wärme über sogenannte Fern- bzw. Nahwärmenetze. Die Anwohnerschaft benötigt bei einem Anschluss an ein Wärmenetz keine eigenen Heizanlagen mehr. Der folgende Abschnitt wird zeigen, unter welchen Umständen ein Wärmenetz in Osdorf umgesetzt werden kann und mit welchen Kosten dies verbunden wäre.

### 4.5.1 WÄRMENETZ

Während der Machbarkeitsstudie konnten vorerst drei mögliche Standorte für die Heizzentrale identifiziert werden. Hierbei handelt es sich allerdings bloß um Vorschläge, die Erschließung eines finalen Standorts muss während einer möglichen Umsetzung erfolgen:

1. Standort außerhalb:  
Sofern es zu einer Einigung mit den Flächeneigentümern kommt, kann die Heizzentrale auf jeder Fläche außerhalb der Gemeinde aufgebaut werden. Es ist darauf zu achten, dass die Heizzentrale nicht zu weit von der Gemeinde entfernt ist, um Investitionskosten für die Zuleitung möglichst gering zu halten, aber auch weit genug entfernt ist, damit alle Richtlinien bezüglich des Emissionsschutzes eingehalten werden.
2. Standort Schule:  
An der Schule konnte eine Fläche identifiziert werden, die durch bereits bestehende Erdwälle von angrenzenden Wohnbebauungen abgeschirmt wird. Auf Grund der Nähe zur Schule und bestehenden Wohngebäuden ist trotzdem verstärkt auf die Einhaltung von Emissionsrichtlinien zu achten und es müssen eventuell zusätzliche Maßnahmen zum Emissionsschutz getätigt werden.
3. Standort Industriegebiet:  
Als letzter Standort ist das Industriegebiet im Gespräch gewesen. Hier können eventuell ungenutzte Flächen für die Heizzentrale genutzt werden. Wie bei der Schule ist bei diesem Standort verstärkt auf den Emissionsschutz zu achten.

Für die folgenden Betrachtungen ist ein Standort außerhalb der Gemeinde gewählt worden. Wie bereits beschrieben, handelt es sich hierbei um keinen konkreten und finalen Standort, sondern um eine Idee für eine mögliche Umsetzung. Abbildung 29 zeigt einen denkbaren Verlauf der Wärmeleitungen mit entsprechender Dimensionierung. Ausgehend von der Heizzentrale im Nord-Westen läuft eine Zuleitung in die Kerngemeinde und erschließt von dort aus die gesamte Gemeinde.



Abbildung 29: Dimensionierung eines möglichen Wärmenetzes der Gemeinde Osdorf

Im finalen Ausbau wird die Haupttrasse ca. 10 km lang sein. Im Schnitt kann mit ca. 10 m zusätzlicher Leitung für jeden Hausanschluss gerechnet werden. Dabei ist die Dimension des Hausanschlusses von dem Wärmebedarf der Liegenschaft abhängig. Für Einfamilienhäuser werden hier typischerweise DN 25 Leitungen vorgesehen. Für eine Anschlussquote von 100% ergäben sich die in Tabelle 30 dargestellten Leitungslängen. Es sei darauf hingewiesen, dass sich die Längen der Hausanschlüsse bei geringeren Absatzszenarien, beispielsweise bei einer Anschlussquote von 50%, entsprechend ändern.

Tabelle 30: Übersicht über Rohrdimension und -längen

Rohrdimension	Haupttrasse	Hausanschlüsse
DN 20	0 m	0 m
DN 25	0 m	6.070 m
DN 32	1.795 m	170 m
DN 40	895 m	30 m
DN 50	1.217 m	10 m
DN 65	2.173 m	10 m
DN 80	1.624 m	10 m
DN 100	1.605 m	0 m
DN 125	0 m	0 m
DN 150	415 m	0 m
DN 200	198 m	0 m
	<b>9.922 m</b>	<b>6.300 m</b>

Ein Wärmenetz dieser Länge wird bei Vorlauftemperaturen zwischen 70 °C und 80 °C Wärmeverluste von ca. 1,1 GWh/a aufweisen, was bei einer Anschlussquote von 50% Wärmeverlusten in Höhe von 10 % des Wärmeabsatzes entspricht. Der Unterschied zwischen Wärmeabsatz und Wärmebereitstellung ist in Abschnitt 4.5.6 Tabelle 36 und Tabelle 37 bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und dem erneuerbaren Energieanteil erkennbar, da die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Wärmeabsatz und der EE-Anteil auf die Wärmebereitstellung bezogen werden.

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 Wärmelinienendichte  $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}\right]$  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. Abhängig von den Gegebenheiten vor Ort, beispielsweise durch eine besonders günstige Erzeugung, können auch niedrigere Liniendichten interessant sein.



Abbildung 30: Wärmelinienendichte Osdorf bei einer Anschlussquote von 50%

Abbildung 30 zeigt die Wärmelinienendichte des vorgeschlagenen Wärmenetzes bei einer Anschlussquote von 50%. Es ist zu erkennen, dass vor allem im Ortskern, der Noerer Straße sowie der Waldenburger Straße eine hohe Wärmelinienendichte zwischen  $762 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{a}}$  und  $998 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \cdot \text{a}}$  erreicht wird. Das Neubaugebiet im Süd-Westen weist, auf Grund des niedrigen Wärmebedarfs, erwartungsgemäß eine sehr niedrige Liniendichte auf. Alle weiteren Ortsteile zeigen, trotz der angenommenen Anschlussquote von 50%, ein gutes Potenzial für die Umsetzung eines Wärmenetzes.

Für die mögliche Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung heißt dies, dass das Wärmenetz zuerst den Ortskern erschließen sollte, da hier gerade zu Beginn eines Projektes das größte Potenzial für eine hohe Wärmelieferung vorliegt. Tabelle 31 zeigt, dass die Liniendichte auch bei einer geringen Anschlussquote, inklusive Neubaugebiet, 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 über 30% erreicht. In dem folgenden Kapitel 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 in kWh/(m*a)
25%	429
50%	753
75%	1.007
100%	1.210

#### 4.5.2 ERZEUGUNGSKONZEPT

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 zwei

Erzeugungskonzepte für die Gemeinde Osdorf entwickelt worden. Diese werden an dieser Stelle vorgestellt und besprochen.

## VARIANTE 1: BRENNSTOFFFREI

Dieses Konzept zielt darauf ab 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 sehr hohen Investitionskosten verbunden und eine genauere Betrachtung erst nach der Durchführung eines Geothermal Response Test und einer anschließenden Simulation des Sondenfeldes möglich. Darüber hinaus hat ein Austausch mit dem Kreis Rendsburg-Eckernförde ergeben, dass aufgrund hoher Eisen- und Manganwerte des Grundwassers von einer Grundwassernutzung abgeraten wird. Somit ist die Wahl für folgende Betrachtungen zunächst auf die Luft-Wärmepumpe gefallen.

In Abbildung 31 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 der Wärmegesellschaft kann überschüssiger Strom zusätzlich am Strommarkt verkauft werden – durch diese Erlöse wird der Wärmepreis weiter reduziert. Auch ein günstiger Strombezug von externen Photovoltaikanlagen oder einer Windkraftanlage ist für den Betrieb der Wärmepumpe denkbar. Zur Sicherheit ist ein Spitzenlast-Gaskessel sowie eine weitere Power-to-Heat-Anlage (Heizstab oder Elektrodenheizkessel) als sogenannte 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. Typischerweise lässt sich das brennstofffreie Konzept ohne regenerative Stromquellen oder die noch ausstehende Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) nicht umsetzen.

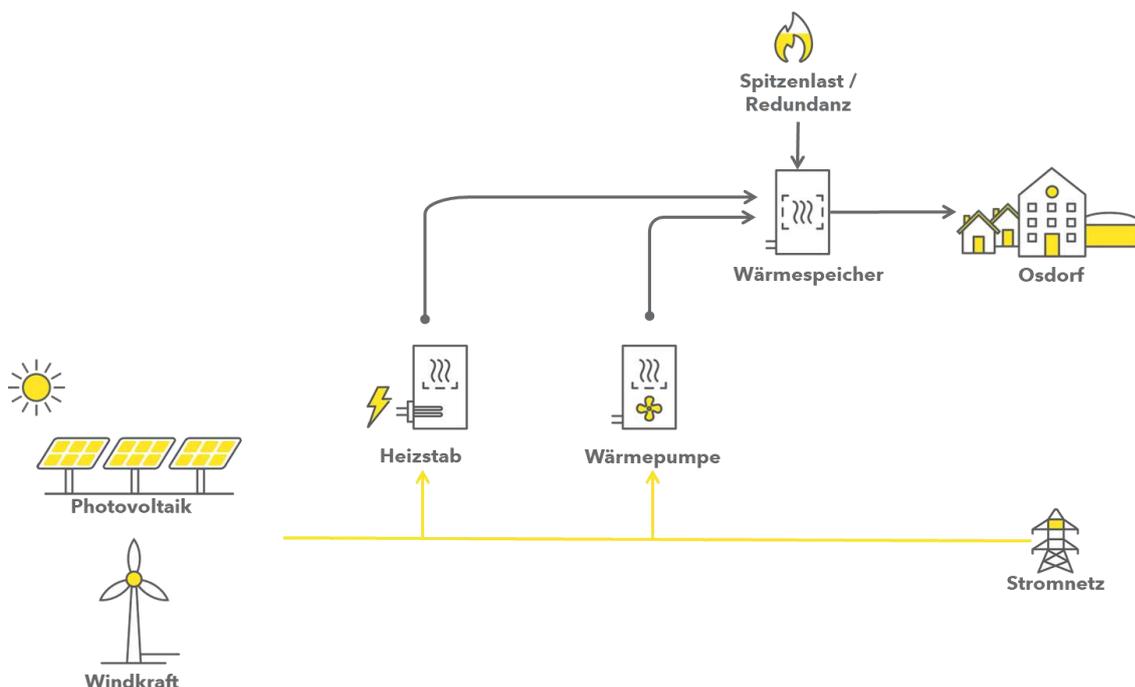


Abbildung 31: Konzeptskizze des brennstofffreien Erzeugungskonzepts

Der Vorteil des brennstofffreien Konzepts ist, dass die Gemeinde 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 Luftwärmepumpen umgesetzt, die insgesamt über eine thermische Leistung von 236 MW verfügen. Die verwendeten Luftwärmepumpen weisen eine Größe von bis zu 17 MW<sub>th</sub> auf. (HEATPUMPDATA, 2022)

Abbildung 32 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 32: Heizzentrale eines Wärmepumpe basierten Wärmenetzes (Aalborg CSP, 2022)

## Variante 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 33 zeigt die Konzeptskizze des Kraft-Wärme-Kopplung Konzepts. Das Konzept beinhaltet ein Blockheizkraftwerk, eine Wärmepumpe, Heizstab sowie einen Gaskessel als Spitzenlastkessel und Redundanz. Zusätzlich zum BHKW können regenerative Stromquellen wie Photovoltaik oder Windkraft

in das Konzept eingebunden werden und Strom für den Betrieb der Wärmepumpe oder den Heizstab bereitstellen.

Ein großer Vorteil dieses Konzepts ist, dass der Betreiber des Wärmenetzes eine höhere Flexibilität bei der Bereitstellung der Wärme hat und gut 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, dass eine Abhängigkeit von der Biogas Verfügbarkeit besteht. Sollte das Angebot an Biogas bereits ausgeschöpft sein muss auf die Verbrennung von Erdgas zurückgegriffen werden.

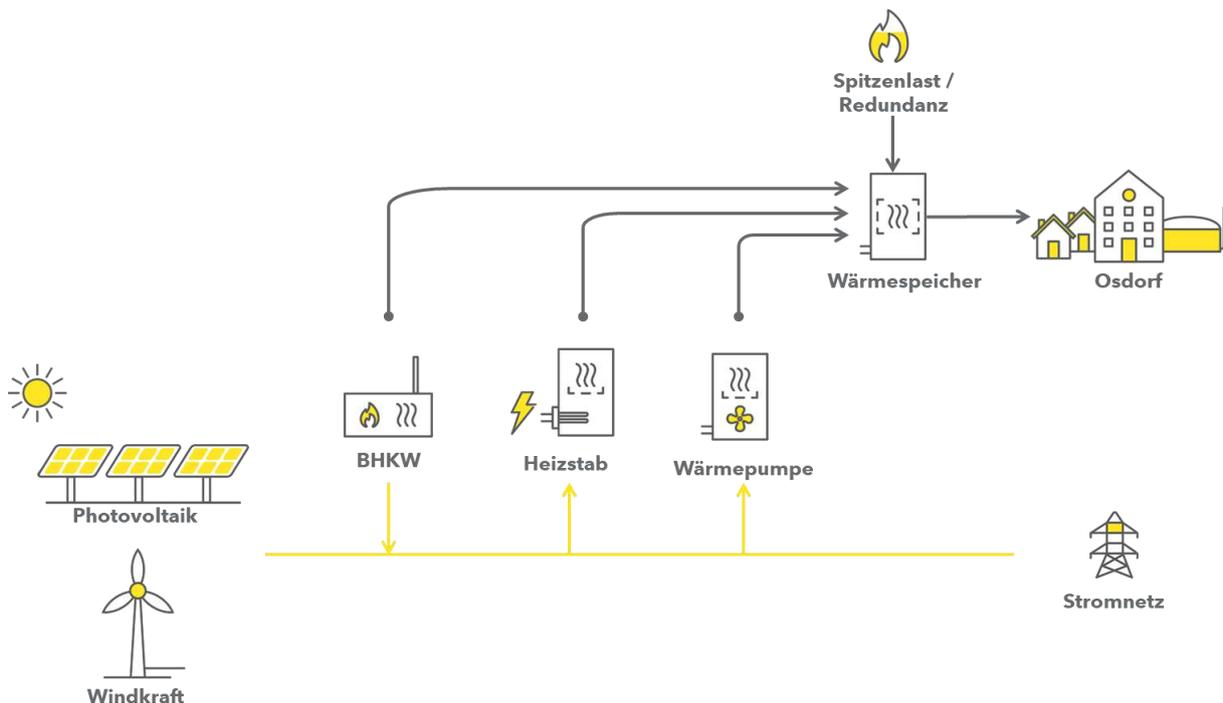


Abbildung 33: Konzeptskizze des Kraft-Wärme-Kopplung Konzepts

### 4.5.3 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Für Wärmenetze gibt es verschiedene Fördermöglichkeiten, die in folgendem Abschnitt vorgestellt werden. Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze soll in Zukunft die Wärmenetze 4.0 ablösen. Da bis zum Ende dieser Arbeit jedoch noch nicht bekannt ist, wann die Förderung veröffentlicht wird, ist mit der Wärmenetze 4.0 gerechnet worden.

#### Wärmenetze 4.0

Mit dem Modellvorhaben Wärmenetze 4.0 fördert die BAFA innovative und effiziente Wärmenetze mit einem überwiegenden Anteil aus erneuerbaren Energien und Abwärme. Die Realisierung des Wärmenetzsystems wird mit bis zu 15 Mio. € gefördert. Es ist eine Förderquote zwischen 30 und 50 % erzielbar. Voraussetzung für den Erhalt einer Förderung ist, dass min. 100 Abnahmestellen oder min. 3 GWh Wärme abgesetzt werden. Außerdem muss die Vorlauftemperatur des Netztes zu jedem Zeitpunkt unter 95 °C liegen und das Wärmenetz ist mit höchstem Dämmungsstandard umzusetzen. Sollten nur 20 Abnahmestellen oder 1 GWh Wärmeabsatz erreicht werden, müssen drei weitere Innovationen umgesetzt werden. Als Innovation gilt beispielsweise:

- Vorlauftemperatur unter 60 °C
- Flexibilisierung von Wärmenetzen (z.B. saisonal)
- Integriertes Energiesystem/Sektorenkopplung
- Digitalisierung /Regelungstechnische Optimierung, Smart Metering, Demand Side Management, virtuelles Kraftwerk
- Institutionelle Innovationen (Neuartige Vermarktung, Neue Branchen, Blockchain)

Außerdem ist die Integration einer Wärmepumpe, geo- oder solarthermischen Anlage, die min. 50 % des Wärmebedarfs deckt, notwendig. Zudem ist ein Online-Monitoring einzuführen, das Auskunft über Erzeugung, Verbräuche und die generelle Netzsituation angibt.

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

Die Wärmenetze 4.0 Förderung ist zur Berechnung des Wärmenetzes genutzt worden, weil zumindest die Investitionskostenförderung aus dem Förderprogramm dem Entwurf der kommenden Bundesförderung für effiziente Wärmenetze entspricht.

## 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. Voraussetzungen ist das 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 aus 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 50m<sup>3</sup>. Über 50m<sup>3</sup> beträgt der Zuschlag 30% der ansatzfähigen Investitionskosten. Beispiele für die ansatzfähigen Investitionskosten sind unterandere Erdarbeiten, Behälter/Anlagenbau, Rohrleitungsbau/Pumpen sowie Elektro-/Mess-/Steuer- und Regelungstechnik.

## Entwurf BEW

Die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) wird die Wärmenetze 4.0 ablösen. Im ersten Modul des Entwurfes zum BEW vom 16.07.2021 werden zum einen Transformationspläne und Machbarkeitsstudien gefördert. Die Machbarkeitsstudien beinhalten die Untersuchung von Umsetzung und Wirtschaftlichkeit von neuerrichteten Wärmenetzen mit min. 75% EE-Wärme und skizzieren einen Transformationspfad (2030, 2035, 2040) mit Zielbild des treibhausgasneutralen Wärmenetzes. Diese werden mit 50% gefördert. Im Transformationspfad ist der Fokus auf die Darstellung des zeitlichen, technischen und wirtschaftlichen Umbaus bestehender Wärmenetzsysteme gesetzt. Ziel ist eine vollständige Versorgung durch erneuerbare Wärmequellen bis 2045 zu erreichen.

In dem zweiten Modul Systematische Förderungen werden neue Netze und Bestandsnetze gefördert. Voraussetzungen sind hier min. 16 Anschlussnehmer, min. 75% Wärme aus EE oder Abwärme, max. 10% fossile, ungekoppelte Erzeugung. Außerdem müssen beim Einsatz von Biomasse Nachhaltigkeitskriterien eingehalten werden. Eine Besonderheit der BEW Förderung – und ein deutlicher Unterschied zur ansonsten ähnlichen Wärmenetze 4.0 Förderung – ist die Betriebskostenförderung für Solarthermie- und Wärmepumpeinsatz:

**Solarthermie:** Förderung mit 2 ct/kWh<sub>th</sub>

**Wärmepumpen mit Strombezug aus öffentlichem Netz:** bis zu 90% der nachgewiesenen Stromkosten, maximal 7 ct/kWh<sub>th</sub> (Abhängig von Effizienz der Wärmepumpe)

**Wärmepumpen mit Strom ohne Netzdurchleitung (aus erneuerbaren Energien):**

max. 3 ct/kWh<sub>th</sub> (ebenfalls abhängig von der Effizienz der Wärmepumpe)

Ein Zeitplan, wann die BEW-Förderung in Kraft treten wird, ist bislang noch nicht veröffentlicht worden. Allerdings wird aktuell nur auf die Freigabe der EU gewartet – es ist also davon auszugehen, dass die Förderung in absehbarer Zeit veröffentlicht wird.

## Richtlinie zur Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme

Die Förderrichtlinie des Landes Schleswig-Holstein ermöglicht die Kumulierung von Fördermitteln und gewährt eine Zuwendung von höchstens 1.000.000 € sofern die Förderung 50 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt. Voraussetzungen sind hier die min. 10 Anschlussnehmer, min. 50% Wärme aus EE und max. 20% Netzverluste.

**Hinweis:** Am 02. August 2022 hat die Europäische Kommission die Genehmigung für die BEW-Förderung erteilt. Der Start des Förderprogramms ist nun für Mitte September geplant. (BAFA, 2022)

## KfW-Förderung

Das KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien Premium“ greift ab Liniendichte von 500 kWh/m. Es fördert das Wärmenetz mit 60 €/m, Wärmeübergabestationen mit 1.800 € und bezuschusst 250 €/m<sup>3</sup> für einen zentralen, großen Wärmespeicher. Diese Förderung sollte dann genutzt werden, wenn keine andere Förderung beantragt werden kann.

## 4.5.4 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

In diesem Abschnitt werden die entwickelten Konzepte zur Wärmebereitstellung bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit gegenübergestellt. Bei den sogenannten 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 und der individuellen Lösungen im Eigenheim getroffen wurden, werden in Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 32: Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bezeichnung	Wert
Projektlaufzeit	20 a
Zinssatz	3%
Preissteigerung Brennstoffe	4,00%
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung	2%
Netzstrom	30 ct/kWh
Wärmepumpenstrom	25 ct/kWh
Direktstromeinkauf Windkraftanlage	15 ct/kWh
Stromverkauf an der Börse	∅ 9 ct/kWh
Biomethan Betreiber	10 ct/kWh

Wie bereits bei der Beschreibung der beiden Konzepte beschrieben ist die Einbindung regenerativer Stromquellen wie Photovoltaik und Windstrom ein zentrales Element der Wärmewende und ist eine klare Zielsetzung dieser Versorgungskonzepte. Was passiert jedoch, wenn die Einbindung von Wind- oder Photovoltaik-Strom in das Erzeugungskonzept nicht möglich ist. Grund hierfür könnte beispielsweise sein, dass es zu keiner Einigung mit externen Anlagenbetreibern kommt.

Abbildung 34 stellt die Entwicklung der Vollkosten des brennstofffreien und Kraft-Wärme-Kopplungs-Konzeptes ohne die Einbindung von Wind- oder PV-Strom über der Anschlussquote dar. Ziel dieser Betrachtung ist eine Vorstellung der benötigten Anschlussquote in einem Worst-Case-Szenario zu gewinnen. Es ist zu erkennen, dass bei dem KWK-Konzept bei einer Anschlussquote von ca. 50% die Vollkosten der individuellen Hackgut-Lösung unterschritten werden. Bei dem brennstofffreien Konzept ist dies bei etwas über 75% der Fall.

Einerseits deckt sich dieses Ergebnis mit der Erwartung, dass das brennstofffreie Konzept ohne die Einbindung von günstigem Strom aus regenerativen Quellen höhere Vollkosten als das KWK-Konzept aufweist. Zum anderen zeigt sich, dass eine Anschlussquote von 50% eine anzustrebende Zielgröße darstellt.

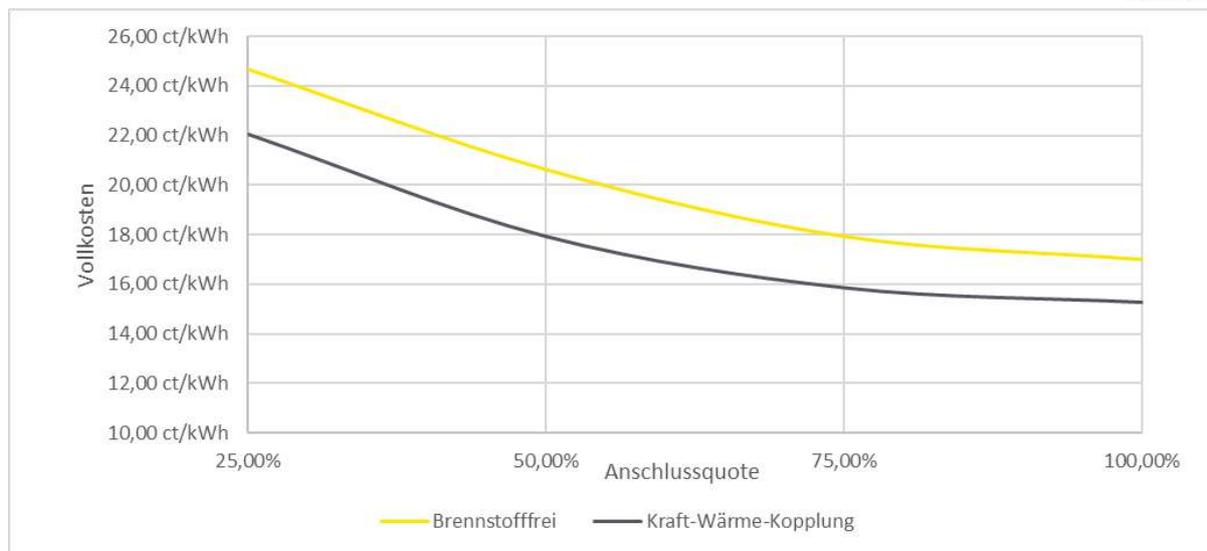


Abbildung 34: Entwicklung der Vollkosten ohne die Einbindung von Wind- oder PV-Strom in Abhängigkeit der Anschlussquote

In einem kürzlich veröffentlichten Entwurf zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor wird der künftige Einsatz von Biomethan nur noch in hochflexiblen Anlagen vorgeschlagen. Dies soll vor allem dazu beitragen, dass Biomethan, als gut speicherbarer Brennstoff, systemdienlich eingesetzt wird. (Bundesregierung, 2022)

Dies zeigt, dass Biomethan, nach aktuellem Stand, eine wichtige Rolle in der künftigen Energieversorgung spielen soll. Allerdings wird dies auch zu einer erhöhten Nachfrage führen und bereits jetzt ist Biomethan nur schwer erhältlich und preislich instabil. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle das brennstofffreie Konzept für eine detaillierte Betrachtung bevorzugt. Vor allem wenn eine lokale Quelle für Biomethan zur Verfügung steht, beispielsweise durch eine nahegelegene Biogasanlage, kann eine KWK-Anlage weiterhin eine gute und sinnvolle Ergänzung für das Versorgungskonzept darstellen.

Wie bereits in Abschnitt 4.1.1 erwähnt, werden in dem nahegelegenen Vorranggebiet zur Windnutzung zwei Windkraftanlagen geplant, die eventuell für eine Direktlieferung von Wind-Strom zur Verfügung stünden. Dabei handelt es sich um zwei Nordex N149 Anlagen mit einer Nennleistung von 5.700 kW und einer Nabenhöhe von 105 und 125 m. In der folgenden Betrachtung wird eine Direktlieferung von der Anlage mit einer Nabenhöhe von 125 m für den Betrieb der Wärmepumpe und des Heizstabs im brennstofffreien Konzept unterstellt. In diesem Fall beträgt die Länge einer Direktleitung zur gewählten Heizzentrale ungefähr 2 km.

Über die Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, welche bereits zur Erstellung des Wärmebedarfs genutzt worden sind, und eine Leistungskennlinie der Windkraftanlage ist die potenzielle Stromerzeugung berechnet worden. Nach dieser ersten Abschätzung ist mit einer Brutto-Stromerzeugung der Anlage von 19,17 GWh/a zu rechnen. Abbildung 35 stellt die potenzielle Leistung der Nordex N149 im stündlichen Ertragsprofil mit der benötigten Leistung für den Betrieb der Wärmepumpe und des Heizstabs gegenüber. Es ist eindeutig zu erkennen, dass auch bei einer Anschlussquote von 50% die Windkraftanlage ausreichend Strom für den Betrieb der Anlagen zur Verfügung stellen kann.

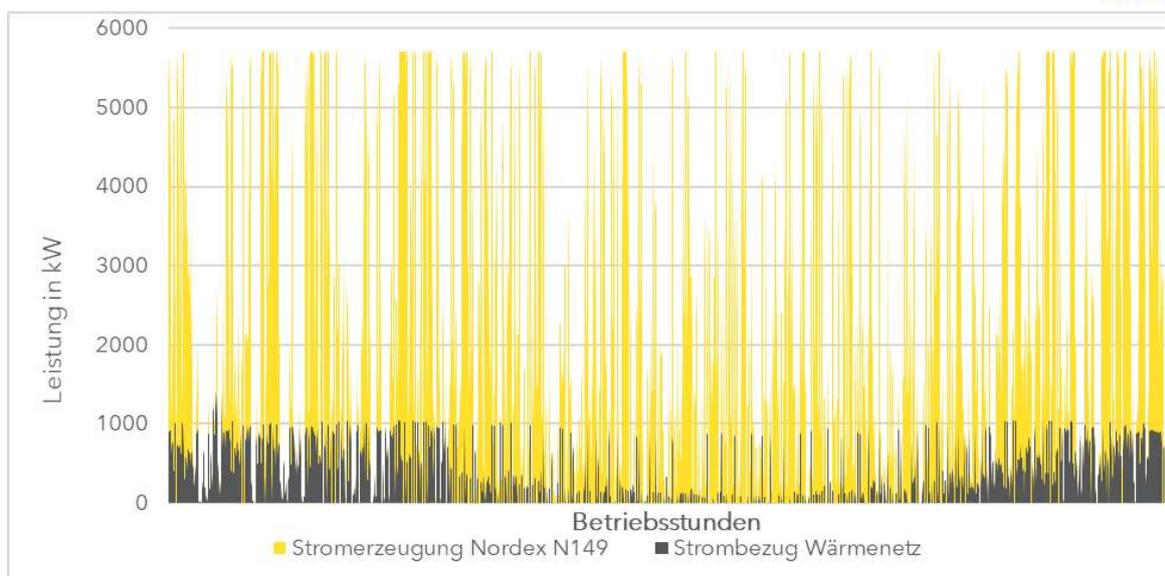


Abbildung 35: Gegenüberstellung der potenziellen und benötigten Leistung der Nordex N149 für den Betrieb der Wärmepumpe

Tabelle 33 zeigt die Dimensionierung der Erzeugungsanlagen und des Wärmespeichers für das brennstofffreie Konzept. Als zentrale Anlage dieses Konzepts ist die Wärmepumpe die Anlage mit der höchsten thermischen Nennleistung. Der Heizstab sowie der Gaskessel sind so gewählt, dass sie bei einem Ausfall einer anderen Anlage die Versorgung jeweils mit dem übrig gebliebenen Erzeuger sicherstellen können. Das sogenannte n-1-Kriterium ist somit erfüllt und die Wärmeversorgung ist zu jedem Zeitpunkt sichergestellt.

Tabelle 33: Dimensionierung der Erzeugungsanlagen und des Wärmespeichers

Bezeichnung	Dimensionierung
Wärmepumpe	3.550 kW <sub>th</sub>
Heizstab	1.100 kW <sub>th</sub>
Gaskessel	2.500 kW <sub>th</sub>
Wärmespeicher	1.000 m <sup>3</sup>

Der Erzeugungslastgang des brennstofffreien Konzepts wird in Abbildung 36 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Heizstab vereinzelt im Winter zur Unterstützung der Wärmepumpe eingesetzt wird, sofern überschüssiger Windstrom zur Verfügung steht. Im Sommer wird die Wärmeversorgung ausschließlich über das Zusammenspiel der Wärmepumpe und dem Wärmespeicher sichergestellt. Tagsüber, wenn die Außentemperatur besonders hoch ist, wird der Wärmespeicher befüllt und entsprechend in der Nacht bzw. bei schlechtem Wetter entladen.

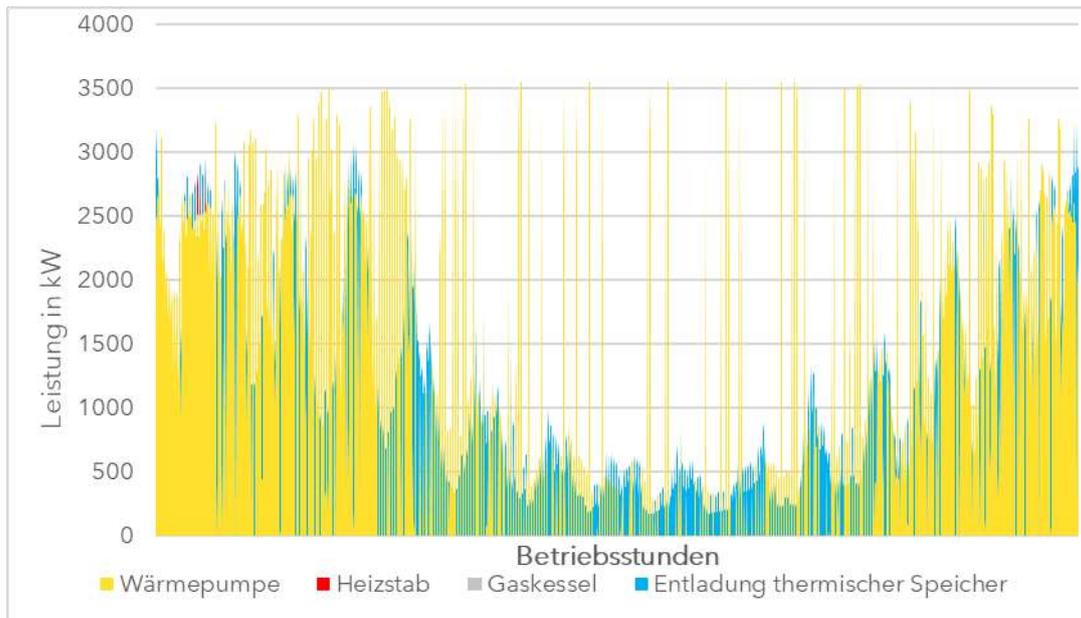


Abbildung 36: Erzeugungslastgang

Für das gewählte Szenario, also einer Versorgung der Gemeinde über das brennstofffreie Konzept bei einer angenommenen Anschlussquote von 50%, ergeben sich die in Tabelle 34 dargestellten Investitionskosten. Als größte Investition sind die Rohr- und Tiefbaukosten des Wärmenetzes zu erkennen. Zusätzlich stellt die Großwärmepumpe, inkl. der benötigten Rückkühlwerke, eine große Investition dar.

Tabelle 34: Investitionskosten der Wärmeversorgung

Bezeichnung	Nettoinvestition
Rohrbau Hauptleitung	2.071.100 €
Tiefbau Hauptleitung	3.036.268 €
Rohrbau Vollanschlüsse	1.105.650 €
Tiefbau Vollanschlüsse	384.300 €
Übergabestationen	756.000 €
Heizzentrale	558.625 €
Direktleitung Windkraftanlage	325.000 €
Wärmespeicher	393.300 €
Wärmepumpe	2.522.000 €
Heizstab	55.000 €
Gaskessel (Reserve)	158.096 €
Planung	1.137.000 €
Puffer	568.000 €
	<b>13.070.341 €</b>

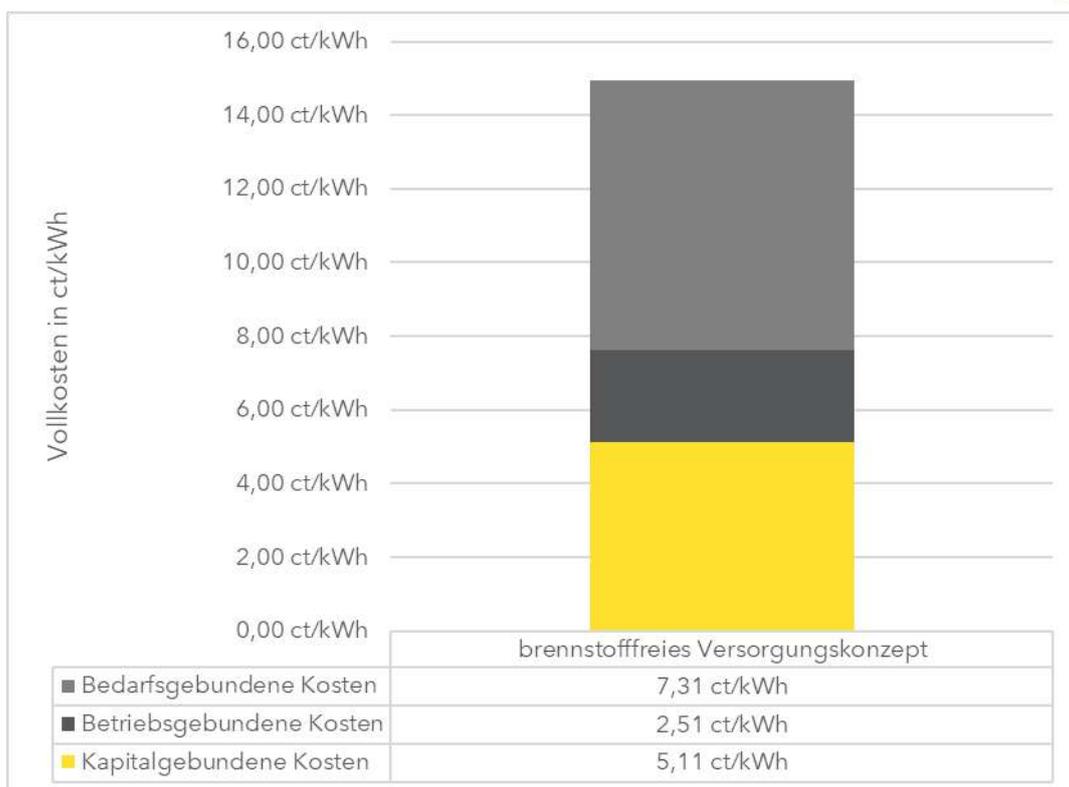


Abbildung 37: Darstellung der Vollkosten für die Wärmeversorgung von Osdorf

Abschließend werden in Abbildung 37 die Vollkosten für das ausgewählte Szenario dargestellt. Durch den günstigen Einkauf von Direktstrom aus der Windkraftanlage betragen die Vollkosten des brennstofffreien Konzepts 14,93 ct/kWh.

Tabelle 35 fasst die Energieströme des untersuchten Konzepts zusammen. Es zeigt sich, dass – unter der Annahme, dass der Windstrom prioritär für die Wärmeversorgung genutzt werden kann – über 90% des Strombedarfs der Erzeugungsanlagen gedeckt werden kann. Ein Strombezug aus dem öffentlichen Netz lässt sich auf Grund der Volatilität des Windstroms nicht gänzlich verhindern. Für den Betrieb der Umwälzpumpen, MSR- und Anlagentechnik werden zusätzlich ca. 97.000 kWh/a Netzstrom benötigt.

Tabelle 35: Zusammenfassung der benötigten Energie für das brennstofffreie Konzept

Energieträger	Energieeinkauf
Biomethan	0 kWh/a
Netzstrom	97.000 kWh/a
Wärmepumpenstrom	262.000 kWh/a
Windstrom	3.210.000 kWh/a

#### 4.5.5 SENSITIVITÄTSANALYSE

Das vorgestellte Konzept und die berechneten Vollkosten bilden ein mögliches Szenario ab, welches auf getroffenen Annahmen beruht. Gerade durch aktuelle Entwicklungen an den Energiemärkten ist es unmöglich vorherzusagen, wie sich künftig die Energiepreise entwickeln werden. Wird sich die Lage eher entspannen und die Preise auf ein Niveau von vor zwei Jahren sinken, weiter steigen oder über die nächsten Jahre konstant bleiben? Welche Auswirkungen ergeben sich in diesen Fällen für die

Vollkosten des untersuchten Versorgungskonzepts? Über Sensitivitätsanalysen können diese Fragen beantwortet werden. Es handelt sich dabei um eine „Was wäre, wenn“-Untersuchung bei der geklärt werden soll, welchen Einfluss einzelne Kostenbestandteile des Versorgungssystems auf die resultierenden Vollkosten haben.

Im Wesentlichen hängt die Wirtschaftlichkeit einer Wärmeversorgung von den Kosten der eingesetzten Energieträger ab. Durch den hohen Anteil an Windstrom in dem untersuchten Versorgungskonzept geht eine Veränderung der Strombezugskosten aus der Windkraftanlage mit entsprechend hohen Auswirkungen auf die Vollkosten einher. Demgegenüber ist der Einfluss für den Netzbezug für den Betrieb der Wärmepumpe und der Umwälzpumpen gering. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 11Abbildung 38 dargestellt. Es zeigt sich, dass eine Zunahme der Bezugskosten für den Strombezug aus Windkraftanlage um 40%, ausgehend von den angesetzten 15 ct/kWh, die Vollkosten um ca. 2,5 ct/kWh auf 17,3 ct/kWh erhöht. Andererseits hat eine Reduktion der Windstrom-Kosten um 30% Vollkosten von 13,15 ct/kWh zur Folge.

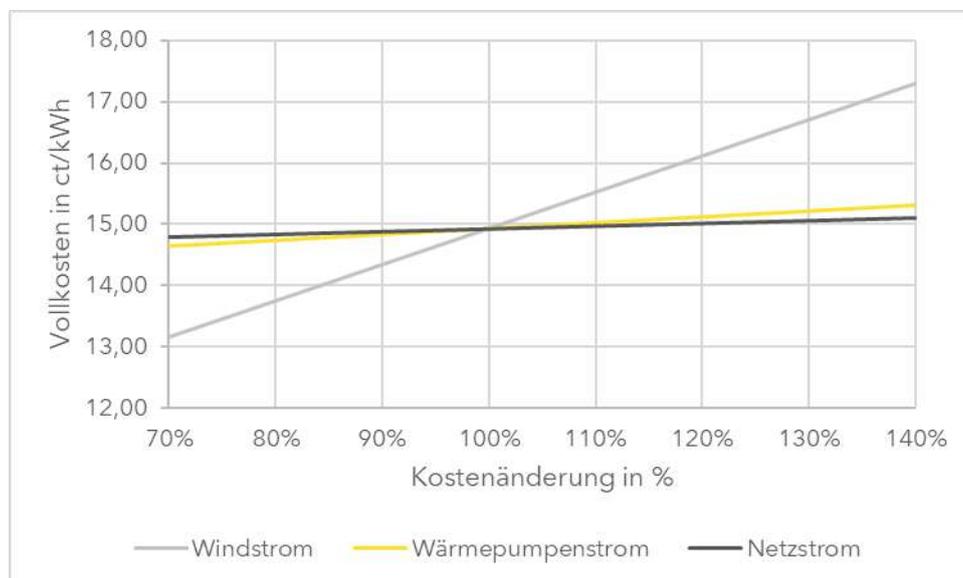


Abbildung 38: Sensitivitätsanalyse über den Kosten für die genutzten Energieträger

Einen etwas geringeren, aber nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Entwicklung der Vollkosten haben die angesetzten Investitionskosten. Gerade bei aktuellen Preisentwicklungen können Investitionskosten nur über wenige Wochen als sicher angesehen werden. Die Auswirkungen möglicher Erhöhungen sind entsprechend abzuschätzen und zu bewerten. Abbildung 39 zeigt die Entwicklung der Vollkosten für veränderte Investitionskosten zwei zentraler Kostenträger des Nahwärmenetzes – Rohr- und Tiefbau sowie der Wärmepumpe. Zu erkennen ist vor allem, dass sowohl die Rohr- und Tiefbaukosten als auch die Investitionskosten für die Wärmepumpe, trotz nicht unerheblicher Preisunterschiede (siehe Tabelle 34), einen sehr ähnlichen Einfluss auf die Vollkosten haben. Dies liegt daran, dass in der Kalkulation die Betriebskosten der Wärmepumpe prozentual von den Investitionskosten abhängen.

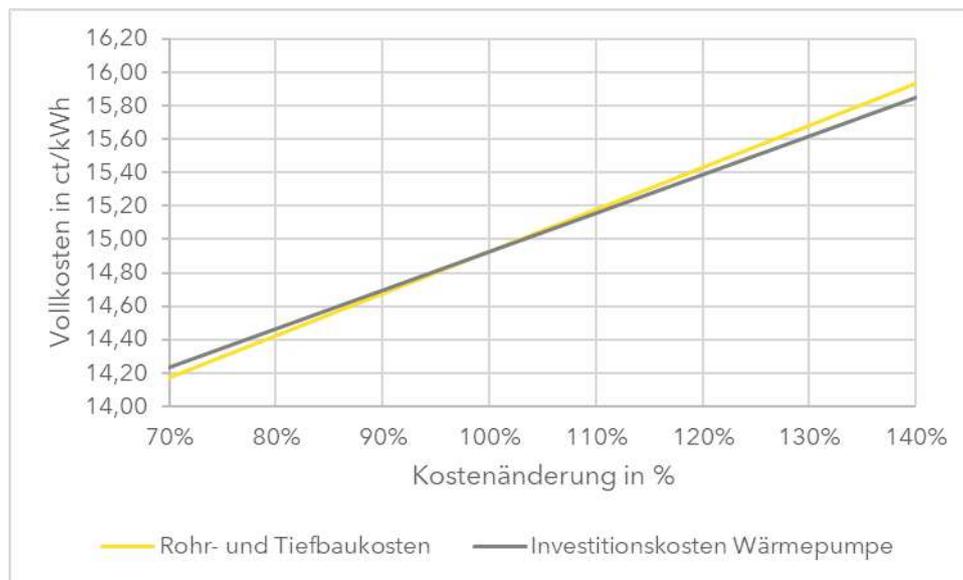


Abbildung 39: Sensitivitätsanalyse Investitionskosten

Die Sensitivitätsanalysen haben gezeigt, dass vor allem die Kosten für den Strom aus der Windkraftanlage einen hohen Einfluss auf die Vollkosten der Wärmeversorgung haben. Obwohl der Strom der Windkraftanlage tendenziell günstiger ist als Netzstrom, vor allem auf Grund wegfallender Netzentgelte, besteht eine starke Abhängigkeit vom Betreiber der Windkraftanlage. Durch eigene Anlagen, beispielsweise Photovoltaik, könnte ein langfristig preisstabiler Strombezug geschaffen werden.

#### 4.5.6 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

Ziel dieser Studie ist, einen möglichen Pfad zur CO<sub>2</sub>-Neutralität der Gemeinde Osdorf 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 – dieser Trend wird sich in den kommenden Jahren fortsetzen.

In Tabelle 36 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 2050 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 bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu werden erreicht wird und der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Netzstrom bis dahin auf 0 g/kWh sinkt (BMUV, 2016). 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 20545 wird die Wärmeversorgung mit dem vorgeschlagenen Konzept CO<sub>2</sub> neutral.

Tabelle 36: spezifische CO<sub>2</sub>-Emission für die bereitgestellte Wärme

Energieträger	CO <sub>2</sub> -Emission				
	2022	2025	2030	2040	2045
Wärmeabsatz (kWh)	9.696.001	8.769.000	8.769.000	7.930.500	7.172.000
Biomethan	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh	140 g/kWh
Netzstrom	560 g/kWh	350 g/kWh	210 g/kWh	112 g/kWh	0 g/kWh
WP-Strom	560 g/kWh	350 g/kWh	210 g/kWh	112 g/kWh	0 g/kWh
Windstrom	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh	0 g/kWh
spez. CO <sub>2</sub> -Emission	21 g/kWh	13 g/kWh	8 g/kWh	4 g/kWh	0 g/kWh
<b>CO<sub>2</sub>-Emission</b>	<b>200.843 kg</b>	<b>113.526 kg</b>	<b>68.115 kg</b>	<b>32.854 kg</b>	<b>-</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. 2462,8 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 sehr hoch. Der Heizstab wird im Idealfall ausschließlich von Strom aus der Windkraftanlage gespeist, um hohe Leistungsentgelte beim Netzbetreiber zu vermeiden – dieser ist ebenfalls zu 100% erneuerbar. Für den Betrieb der Wärmepumpe ist ein geringer Anteil an Netzstrom erforderlich. Dieser wird mit einem erneuerbaren Anteil von 45% angesetzt, was dem Anteil im deutschen Strommix aus dem Jahr 2020 entspricht (Umweltbundesamt, 2022). Der erneuerbare Energieanteil an der Wärmeversorgung ist in Tabelle 37 dargestellt – für das beschriebene Erzeugungskonzept beträgt er ca. 98,7%. Mit Zunahme des erneuerbaren Anteils im Stromnetz wird der nicht erneuerbare Anteil der Wärmeversorgung weiter sinken, bis die Versorgung 100% erneuerbar ist.

Tabelle 37: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz

Erzeuger	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Gaskessel	-	-	-
Heizstab	17.834 kWh	17.834 kWh	-
Wärmepumpe	10.835.862 kWh	10.692.457 kWh	143.405 kWh
<b>Summe</b>	<b>10.853.696 kWh</b>	<b>10.710.291 kWh</b>	<b>143.405 kWh</b>
		<b>98,68%</b>	<b>1,32%</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 38: Berechnung des Primärenergiefaktors

Energieträger	Energie in kWh	Primärenergiefaktor	Primärenergie
Biomethan	-	1,1	-
Netzstrom	96.960 kWh	1,8	174.528 kWh
WP-Strom	261.688 kWh	1,2	314.025 kWh
Windstrom	3.208.756 kWh	0	-
Wärmelieferung	9.696.001 kWh	<b>0,05</b>	<b>488.553 kWh</b>
§22 Primärenergiefaktor nach Kappung		<b>0,20</b>	

Tabelle 38 zeigt die Eingangsparameter und Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung. Es ergibt sich ein Wert für den Primärenergiefaktor von 0,05. 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 0,20. Dieser wird von dem vorgestellten Wärmeversorgungs-konzept erreicht.

### 4.5.7 ZEITPLAN UND UMSETZUNG

Der Bau eines Wärmenetzes, welches die gesamte Gemeinde Osdorf 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 das erst kürzlich errichtete Neubaugebiet 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 interessierten 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.

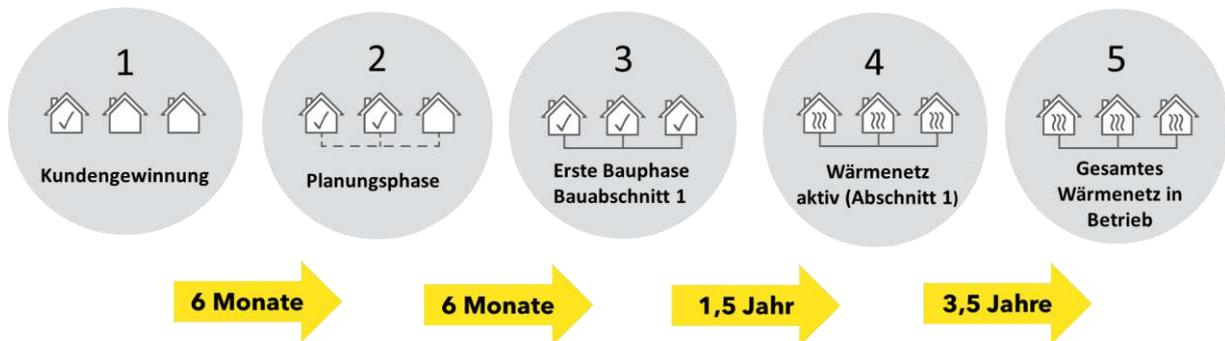


Abbildung 40: Zeitplan Wärmenetz

Abbildung 40 zeigt die beschriebenen Phasen bei der Umsetzung eines Wärmenetzes und gibt eine Einschätzung, wie lang die Erschließung der Gemeinde Osdorf bei einem idealtypischen Bauverlauf in Anspruch nehmen könnte. Die Zeitangaben sind jeweils zu addieren, folglich kann die Erschließung des gesamten Ortes ca. 6 Jahre dauern. 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 alles Aufgaben, welche von einem Betreiber erbracht werden müssen, damit überhaupt ein 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.

#### 4.5.9 KOSTENINDIKATION

Auf Grundlage der ermittelten Vollkosten für das brennstofffreie Konzept werden an dieser Stelle mögliche Anschlusskosten dargestellt. Wie bereits bei den möglichen Betreibermodellen gibt es auch bei den Kosten unterschiedliche Ansätze, die verfolgt werden können. Aus diesem Grund kann an dieser Stelle bloß eine Indikation für mögliche Anschlusskosten gegeben werden. Abhängig vom späteren Betreiber können die Kosten anders strukturiert sein oder in ihrer Höhe variieren. Unvorhersehbare Entwicklungen bei den Investitionskosten, Bedarfskosten und beim Betrieb der Anlagen zwischen der Fertigstellung dieser Studie und der Entscheidung für das Wärmenetz seitens der Gemeinde können ebenfalls zu Abweichungen von den errechneten Vollkosten führen.

Grundsätzlich werden die errechneten Vollkosten auf folgende Bestandteile aufgeteilt:

- Anschlusskosten
- Grundpreis
- Arbeitspreis

Bei den Anschlusskosten handelt es sich um eine einmalige Investition für den Anschluss an das Wärmenetz. Der Grundpreis ist ein monatlicher Festbetrag, der unabhängig vom eigentlichen Verbrauch ist und monatlich oder jährlich abgerechnet wird. Demgegenüber handelt es sich bei dem Arbeitspreis um einen Kostenbestandteil, der ausschließlich vom Verbrauch abhängt – es gibt einen Preis je verbrauchter Kilowattstunde Fernwärme. Mögliche Kosten werden in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: *Kostenindikation für einen möglichen Fernwärmeanschluss*

Bezeichnung	Kosten
Anschlusskosten	12.000,00 €
Grundpreis	23,00 €/Monat
Arbeitspreis	10,00 ct/kWh

#### Preis Anpassungsklausel

Wärmenetze werden grundsätzlich über eine möglichst lange Laufzeit ausgelegt und abgeschlossen. Dementsprechend ist eine lange Vertragsbindung erstrebenswert. Im Gegensatz zu Strom- und Gasverträgen duldet der Gesetzgeber bei Fernwärmeverträgen Vertragslaufzeiten von bis zu 10 Jahren (32 Abs. 2 AVBFernwärmeV). Durch die lange Vertragslaufzeit lassen sich Preisentwicklungen während des Vertrages nicht abschätzen. Aus diesem Grund sind die Preissteigerungen beim Wärmepreis strikt

geregelt. Sogenannte Preisanpassungsklauseln, die im Vertrag aufgeführt werden, regeln die zulässigen Preissteigerungen.

Beispiel: Wird viel Gas im Erzeugungskonzept verwendet, wird der Gas Index (veröffentlicht vom Statistischen Bundesamt) zentraler Bestandteil der Preisanpassungsklausel. Eine Erhöhung des Gas Index hätte dementsprechend eine Erhöhung des Wärmepreises zur Folge.

Demzufolge kann es während der Vertragslaufzeit zu keiner willkürlichen und unerwarteten Preiserhöhung kommen.

#### 4.5.10 AUSBLICK

Die untersuchten Wärmeversorgungskonzepte stellen nur einen kleinen Einblick in mögliche Technologien dar. Gerade die vorherrschende Förderlandschaft hat einen starken Einfluss darauf, wie Konzepte ausgestaltet werden können. Wie in Abschnitt 4.5.3 dargestellt ist für diese Studie die Wärmenetzsysteme 4.0 (WNS 4.0) Förderung genutzt worden. Die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) ersetzt zukünftig die WNS 4.0-Förderung und schafft völlig neue Möglichkeiten bei der Gestaltung von Wärmenetzen. Die größte Änderung ist die Betriebskostenförderung für Solarthermie und Wärmepumpen, die am 16. Juli 2021 im ersten Entwurf der Förderrichtlinie vorgelegt wurde:

- **Solarthermie:** Förderung mit 2 ct/kWh<sub>th</sub>
- **Wärmepumpen mit Strombezug aus öffentlichem Netz:** bis zu 90% der nachgewiesenen Stromkosten, maximal 7 ct/kWh<sub>th</sub> (Abhängig von Effizienz der Wärmepumpe)
- **Wärmepumpen mit Strom ohne Netzdurchleitung (aus erneuerbaren Energien):** max. 3 ct/kWh<sub>th</sub> (ebenfalls abhängig von der Effizienz der Wärmepumpe)

Ein Zeitplan, wann die BEW-Förderung in Kraft treten wird, ist bislang noch nicht veröffentlicht worden. Allerdings wird aktuell auf die Freigabe der EU gewartet – es ist also davon auszugehen, dass die Förderung in absehbarer Zeit erscheint. Nichtsdestotrotz hat die Untersuchung gezeigt, dass auch ohne die BEW-Förderung ein brennstofffreies Konzept umsetzbar ist – mit in Kraft treten der BEW-Förderung würden sich die Vollkosten für das Wärmenetz durch die zusätzliche Förderung der Wärmepumpe weiter reduzieren.

**Hinweis:** Am 02. August 2022 hat die Europäische Kommission die Genehmigung für die BEW-Förderung erteilt. Der Start des Förderprogramms ist nun für Mitte September geplant. (BAFA, 2022)  
Auf Grund der späten Genehmigung kurz vor der Abgabe der Studie sind die Ergebnisse nicht an die BEW-Förderung angepasst worden.

Des Weiteren ist, wie bereits erwähnt, dass hier vorgestellte Konzept nicht als finales und unumstößliches Konzept anzusehen. Gerade Änderungen an der Förderlandschaft können andere Technologien interessanter werden lassen. Eine spätere Einbindung zusätzlicher Wärmequellen in das Wärmenetz ist stets möglich. Wie bereits in Abschnitt 4.2 erläutert können die Einbindung von lokalem, nachhaltigem Hackgut sowie die Erschließung des örtlichen Erdwärme-Potenzials gute Ergänzungen zu der vorgeschlagenen Wärmeversorgung darstellen.

Grundsätzlich kann ein Betreiber eines Wärmenetzes durch Investitionen besser auf eine veränderte Förderlandschaft oder Entwicklungen am Energiemarkt reagieren als ein einzelner Anwohner. So kann über Nahwärme auch in Zukunft eine preisstabile Alternative zur Wärmeversorgung angeboten werden.

Darüber hinaus entfallen laut dem aktuellen Entwurf der EEG 2023 die staatlichen Umlagen beim Strombezug für Wärmepumpen aus dem öffentlichen Netz – eine Änderung, die seit langem überfällig war. Obwohl weiterhin die Entgelte für den Netzbetreiber anfallen, ist der Betrieb von stromgeführten Wärmepumpen nun wirtschaftlicher.

#### **Auf den Punkt.**

- Ein Nahwärmenetz für die Gemeinde Osdorf ist wirtschaftlich umsetzbar
- Die Einbindung von Wind- oder PV-Strom senkt die Stromkosten für den Betrieb einer Wärmepumpe
- Das vorgestellte Konzept, eine Kombination aus Wärmepumpe, Heizstab/Elektrodenheizkessel und Gaskessel kann, je nachdem wie sich der Energiemarkt entwickelt, um weitere Technologien ergänzt werden.
- Bei Veröffentlichung der BEW-Förderung, welche im Rahmen dieser Studie nur kurz beschrieben, jedoch nicht verwendet wird, welche Wärmenetze noch stärker fördern und die Wirtschaftlichkeit des vorgestellten Konzepts weiter erhöhen.

#### **4.6 WÄRMEVERSORGUNG STUBBENDORF UND AUSTERLITZ**

Neben einer zentralen Wärmeversorgung ist ebenfalls die Möglichkeit eines Wärmenetzes in Stubbendorf und Austerlitz untersucht worden. Auf Grund der räumlichen Distanz zur Kerngemeinde Osdorf ist die Errichtung eines großen Netzes, welches alle Ortsteile erschließt, auszuschließen.

#### **WÄRMENETZ**

Sowohl für Austerlitz als auch Stubbendorf sind einzelne Wärmenetze konzipiert worden. Die Heizzentralen wurden zunächst möglichst dicht an den Ortschaften platziert, um die benötigte Zuleitung möglichst kurz zu halten. Abbildung 41 zeigt den angedachten Verlauf der resultierenden Netze. Die resultierenden Trassenmeter werden in Tabelle 40 dargestellt.



Abbildung 41: Darstellung möglicher Wärmenetze in Stubbendorf und Austerlitz

Auf Grund der geringen zu erwartenden Wärmeabnahme wird von Beginn an mit einer Anschlussquote von 100% gerechnet. Bei dieser Anschlussquote wird mit einem möglichen Wärmeabsatz von 1,85 GWh für Stubbendorf und 0,644 GWh für Austerlitz gerechnet.

Tabelle 40: Übersicht für Rohrdimensionen und -längen für Stubbendorf und Austerlitz

Rohrdimension	Austerlitz		Stubbendorf	
	Haupttrasse	Hausanschlüsse	Haupttrasse	Hausanschlüsse
DN 20	0 m	0 m	0 m	0 m
DN 25	0 m	230 m	0 m	660 m
DN 32	126 m	0 m	294 m	0 m
DN 40	603 m	0 m	0 m	0 m
DN 50	109 m	0 m	109 m	0 m
DN 65	0	0	609 m	0 m
	<b>838 m</b>	<b>230 m</b>	<b>1012 m</b>	<b>660 m</b>

## ERZEUGUNGSKONZEPT

Auf Grund der geringeren benötigten Leistungen und der hohen Investitionskosten für eine Stromleitung wird von der Verwendung einer Windkraftanlage über eine Direktbelieferung der Wärmepumpe abgesehen. Somit wird für Versorgung von Austerlitz und Stubbendorf das Kraft-Wärme-Kopplung-Konzept bevorzugt. Nicht zuletzt wegen der Nähe zu einer Biogasanlage, die unter Umständen Biomethan liefern kann. Die Kosten für die mögliche Verlegung einer Gasleitung werden in dieser Betrachtung berücksichtigt. Das über das Biomethan gespeiste BHKW versorgt die Wärmepumpe und speist ansonsten in das Stromnetz ein.

## WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

Wie bereits bei dem Wärmenetz für die Kerngemeinde Osdorf werden für Austerlitz und Stubbendorf die Vollkosten in kapital-, betriebs- und bedarfsgebundene Kosten sowie Erlöse durch den Verkauf von Strom aufgeteilt. Abbildung 42 zeigt das Ergebnis der Vollkostenrechnung und einen Vergleich zwischen Austerlitz und Stubbendorf. Es ist zu erkennen, dass die Vollkosten für Austerlitz deutlich höher sind als für Stubbendorf. Dies liegt darin begründet, dass in Stubbendorf mit einer höheren Wärmeabnahme zu rechnen ist und sehr ähnliche Investitionskosten auf eine größere Absatzwärme umgelegt werden können. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die Vollkosten beider Netze über den ermittelten Vollkosten der individuellen Lösungen liegen.

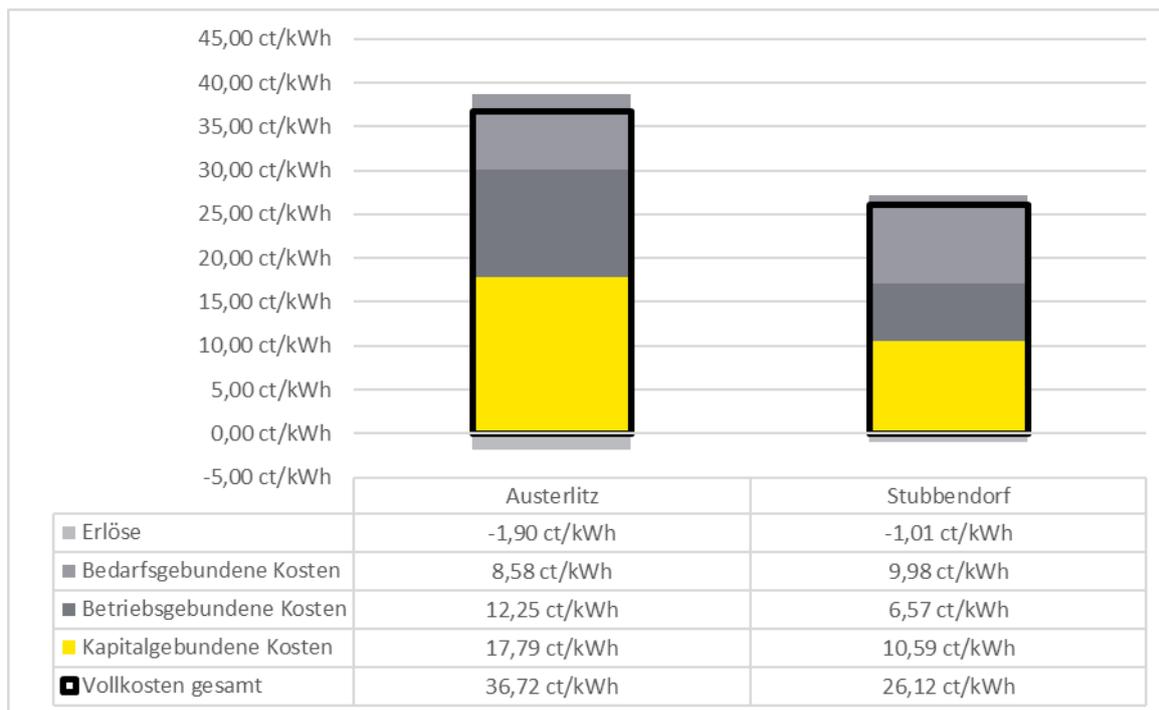


Abbildung 42: Vollkostenvergleich Austerlitz und Stubbendorf

Mit diesen Ergebnissen ist die Umsetzung einer Nahwärmeversorgung in Austerlitz oder Stubbendorf nicht zu empfehlen. An dieser Stelle sei auf die Ergebnisse der individuellen Betrachtung in Abschnitt 4.4 verwiesen. Ein exakter Vollkostenvergleich für die individuellen Lösungen kann ausschließlich, wie bereits erwähnt, über eine genauere Betrachtung des Gebäudes, der benötigten Wärme und konkrete Angebote unterschiedlicher Heizungen erfolgen.

## 4.7 ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG SCHULE

Die Schule wird zurzeit über zwei zentrale Gaskessel mit einer Leistung von jeweils 230 kW<sub>th</sub> aus dem Jahr 1993 versorgt. Die einzelnen Gebäude sind über ein kleines Wärmenetz, welche nach Aussagen der Gemeinde nur sehr schwach isoliert sind. Bei einer anstehenden Umgestaltung des Schulhofs sollen diese Leitungen ersetzt werden.

Durch den zentralen Heizungsraum der Schule ist es möglich das gesamte Schulnetz über eine einzelne Wärmeübergabestation an ein Wärmenetz anzuschließen. Als große Wärmesenke ist die Schule ein wichtiger Wärmeabnehmer innerhalb der Gemeinde und ist damit beim Bau eines Wärmenetzes zu einem möglichst frühen Zeitpunkt an das Wärmenetz anzuschließen. Darüber hinaus wird durch das Anschließen der Schule eine gewisse Signalwirkung für das Wärmenetz erzeugt. Um die Akzeptanz innerhalb der Gemeinde zu erhöhen kann ein früher Anschluss der Schule genutzt werden, um das

Thema erneuerbare Energien, Strom und Wärme im Unterricht zu behandeln. Mit dem Bau des Wärmenetzes hätte man einen Teil der Energiewende direkt zum Anfassen.

Durchschnittlich benötigt die Schule ca. 408 MWh Erdgas pro Jahr. Mit einem Wirkungsgrad des Erdgaskessel von ca. 90% ergibt dies einen Wärmebedarf von ca. 367 MWh. Tabelle 41 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schule. Der linken Spalte können die aktuellen CO<sub>2</sub>-Emissionen entnommen werden. Rechts sind die Emissionen bei einem Anschluss an das vorgeschlagene Wärmenetz dargestellt. Es zeigt sich, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen um ca. 92% reduziert werden können.

Tabelle 41: CO<sub>2</sub>-Emission der Schule

	Erdgas	Fernwärme
spezifische CO <sub>2</sub> -Emission	240 g/kWh	21 g/kWh
benötigte Energie	408.000 kWh	367.200 kWh
CO <sub>2</sub> -Emission	97920 kg	7711 kg
rel. Änderung zur Referenz	0%	-92,13%

## ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG NEUBAU WALDENBURGER STRASSE

Auf Grund der Tatsache, dass die Umsetzung eines Wärmenetzes, wie in Abschnitt 4.5.7 dargestellt, einige Jahre in Anspruch nehmen kann und die nicht garantiert ist, empfiehlt sich für den aktuell geplanten Neubau Waldenburger Straße eine individuelle Lösung. Bei Neubauten können ohne Bedenken Wärmepumpen eingesetzt werden. Mit den Änderungen am BEG, welche in Abschnitt 4.3.1 vorgestellt wurden und ab dem 15.08.2022 gelten, werden Wärmepumpen mit 25% der Investitionskosten gefördert. Für die Verwendung hocheffizienter Wärmepumpen können weitere 5 Prozentpunkte gefördert werden.

## 4.8 MOBILITÄT

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

### 4.8.1 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamts waren im Januar 2022 1.764 Personenkraftwagen innerhalb der Gemeinde Osdorf zugelassen, darunter 53 PKWs 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 eingehend betrachtet.

Der Strombedarf und die damit einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von bereits vorhandenen Elektroautos sind bereits im Stromlastgang der Gemeinde Osdorf enthalten, aus diesem Grund wird zunächst davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Das Kraftfahrt-Bundesamt gibt für den Raum Schleswig-Holstein an, dass es sich bei 35% der PKW um Diesel-Fahrzeuge und bei 65% um Benzin-Fahrzeuge handelt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2022). Auf Grund der geringen Anzahl von Gas- und Hybrid-Fahrzeugen werden diese im Rahmen der Studie zunächst nicht weiter betrachtet.

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gibt für den kleinstädtischen bzw. ländlichen Raum eine durchschnittliche Jahresfahrleistung pro PKW von ca. 23.000 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. 15% reduziert – was eine Fahrleistung von 20.000 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.

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 PKWs innerhalb der Gemeinde elektrisch betrieben werden.
2. Szenario 2:  
Bis zum Jahr 2050 werden 80% der PKWs batterieelektrisch betrieben
3. Szenario 3:  
In diesem Szenario werden im Jahr 2050 60% der PKWs 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 36. Die Ergebnisse dieses Vergleichs werden in Abbildung 43 dargestellt. Neben der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen kann der Abbildung der angenommenen E-Fahrzeuge bis 2050 entnommen werden. In Abschnitt 4.9 wird gezeigt, wie die Stromversorgung der Gemeinde nachhaltiger gestaltet werden kann und bereits vor 2050 ein CO<sub>2</sub> neutrales Laden der E-Fahrzeuge ermöglicht werden kann.

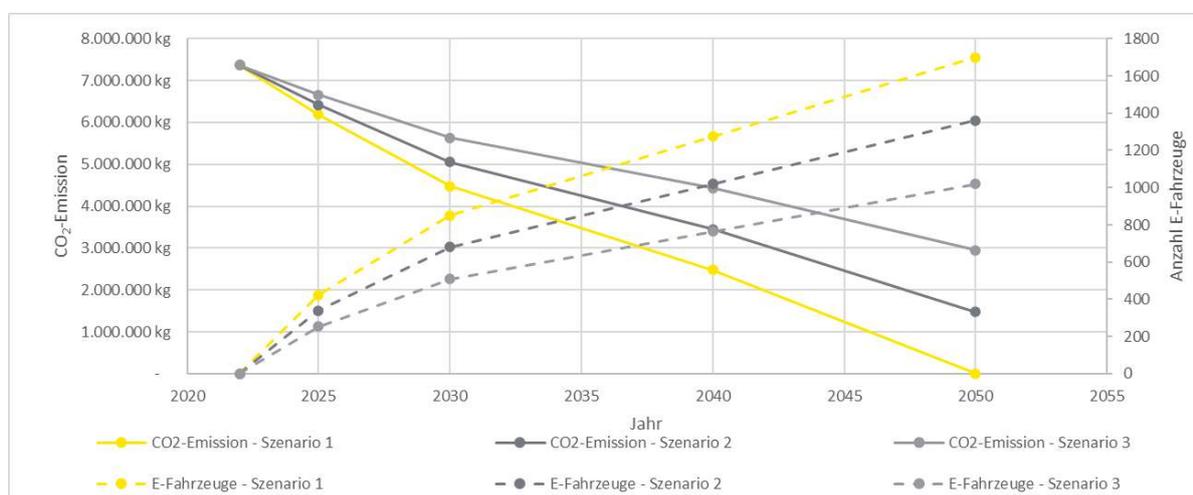


Abbildung 43: Entwicklung der PKW-CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050

## 4.8.2 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. Entsprechend wäre eine höhere Anzahl an Fahrzeugen zur Deckung des Mobilitätsbedarfes erforderlich. Nichtsdestotrotz besitzen in Deutschland immer 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.

Parallel und ergänzend zu dieser Studie gibt es bereits erste Bemühungen der Gemeinde, ein Carsharing Angebot anzuschließen. Im Rahmen eines Informations- bzw. Workshopabends im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit zu dieser Studie, wurde bereits die Möglichkeit geschaffen, Informationen direkt von Vertretern des Dörpsmobil Gettorf e. V. zur Nutzung eines eigenen Dörpsmobil zu erhalten. 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 der Nachbargemeinde 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 der bereits bestehenden Bemühungen der Gemeinde und den sehr umfangreichen Informationen 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.

#### 4.8.3 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 Osdorf 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 Osdorf aufgeführt:

- **Ausbau und Beleuchtung von Radwegen**  
Radwege geben Radfahrern Sicherheit und machen das Fahrradfahren attraktiver. Die Beleuchtung ländlicher Radwege, beispielsweise ein Weg zum nächsten Bahnhof im Nachbardorf, 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 Euro 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)

#### 4.8.4 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur in Osdorf nahelegt, dass die große Mehrheit der Anwohnerschaft elektrische Fahrzeuge direkt am Eigenheim laden kann, gilt dies sicher nicht für alle Osdorfer. 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.

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.

#### 4.8.5 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 42 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 ebenfalls 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 42: 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 42 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? Osdorf 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 – in Anlehnung an das 9-Euro-Tickets.

#### 4.9 STROMVERSORGUNG

Derzeit wird ein Großteil des Strombedarfs in Osdorf über den Strombezug aus dem Stromnetz gedeckt. Das in Abschnitt 3.3.2 vorgestellte Stromlastprofil der Gemeinde Osdorf stellt die tatsächlich

bezogene Menge aus dem Stromnetz dar – installierte PV-Dachanlagen und ihre entsprechende Eigenversorgung sind bereits aus den Daten rausgerechnet. Es ist eindeutig, dass an dieser Stelle ein großes Potenzial zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen besteht. Der folgende Abschnitt wird verschiedene Möglichkeiten aufzeigen, wie die Emissionen reduziert werden können. Um einen Ausblick zu geben, wie die zukünftige Stromversorgung aussehen kann, sind für Gesamt Osdorf Szenarien zur aktuellen Stromversorgung und der Versorgung im Jahr 2050 erstellt worden.

## 4.9.1 INDIVIDUELLE STROMVERSORGUNG

Photovoltaikanlagen und ihre Kombination mit Batteriespeichern bieten eine einfache Möglichkeit die eigene Abhängigkeit vom Stromnetz zu reduzieren. Der Strombedarf des Haushalts wird zunächst über den selbst erzeugten Strom aus der PV-Anlage gedeckt. Überschüssiger Strom wird in eine Batterie zwischengespeichert. Sofern diese voll oder nicht vorhanden ist wird der überschüssige Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Im Juni 2022 lag die Einspeisevergütung für PV-Dachanlagen mit einer Leistung von unter 10 kW<sub>p</sub> bei 6,34 Cent pro Kilowattstunde.

Bei einer 7 kW<sub>p</sub>-Anlage mit einer Dachneigung von 15° und einer Ausrichtung direkt in Richtung Süden kann ein Ertrag von ca. 7,14 MWh erreicht werden. Der zu erwartende Ertrag über das Jahr wird in Abbildung 44 dargestellt. Es zeigt sich, dass vor allem im Sommer viel Strom produziert wird, der häufig nicht direkt im Haus genutzt werden kann – es liegt eine Überproduktion vor. Zusätzlich ist zu erkennen, dass die PV-Anlage im Winter sehr wohl Strom bereitstellt, jedoch mit deutlich niedrigeren Spitzen. Alles in allem lässt sich der Strombezug über die Installation einer PV Anlage um 30% bis 40% reduzieren. Bei der Verwendung einer entsprechenden Batterie kann der Strombezug um 60% bis 70% reduziert werden. Dies ist stets von den individuellen Verbräuchen und dem Nutzungsverhalten abhängig.

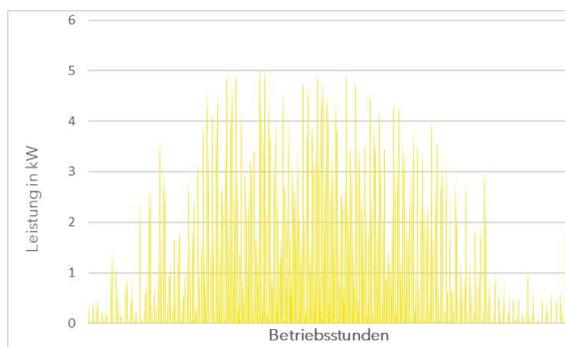


Abbildung 44: Ertrag einer 7 kW<sub>p</sub> PV-Anlage

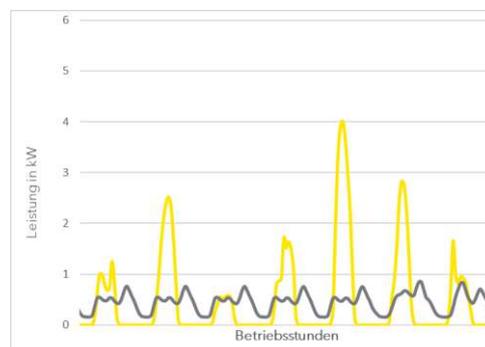


Abbildung 45: Gegenüberstellung Strombedarf (grau) und PV-Erzeugung (gelb)

In Abbildung 45 wird der zu erwartende Ertrag der PV-Anlage einer Märzwoche mit dem typischen Stromlastgang eines Haushalts mit einem Strombedarf von 3.500 kWh gegenübergestellt. Es handelt sich hierbei um gemittelte Stundenwerte, d. h. kurzzeitige Lastspitzen wie beispielsweise das Einschalten eines Haartrockners tauchen in dem Profil nicht auf.

In den letzten Jahren hat sich die Investition in eine PV-Anlage, sofern keine besonderen Umstände wie übermäßige Verschattung vorlagen, stets gelohnt. Wie wirtschaftlich eine PV-Anlage für das Eigenheim bei der aktuellen Preisentwicklung ist und nach wie vielen Jahren sich die Investition amortisiert, sollte im Einzelfall untersucht werden.

## 4.9.2 ZENTRALE STROMVERSORGUNG – BILANZIELLE STROMPRODUKTE

Bilanzielle Stromprodukte dienen dem Zusammenführen regionaler Erzeugung und regionalen Verbrauchs von lokal produzierten erneuerbaren Strom. Über einen Direktvermarkter wird so der

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

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

Steht das Versorgungskonstrukt fest, ist der nächste Schritt die Schaffung der unterschiedlichen Stromtarife. Unterscheiden werden sich die Tarife vor allem in den Preiskonditionen. Während der klassische Versorgungstarif für den Strombedarf der privaten Haushalte bis auf die Marge wenig Spielraum in der Ausgestaltung hat, ergeben sich für den Wärmepumpentarif und den Mobilitätstarif attraktive Möglichkeiten. Der Mobilitätstarif kann zum Laden von Elektrofahrzeugen zu Hause genutzt werden, näheres zur Mobilität in Abschnitt 4.8. Der anzuwendende Passus zu abschaltbaren Leistungen in den Preisblättern zu den vorläufigen Netzentgelten Strom der SH Netz ist das 5a Preisblatt sVE - Netzentgelte für steuerbare Verbrauchseinrichtungen gemäß § 14 a EnWG in der Niederspannung. Zu steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, von denen im Preisblatt die Rede ist, gehören u. a. Elektro-Speicherheizungen, Elektro- Wärmepumpen, gesteuerte Elektro-Warmwasserspeicher und Elektromobile. Die SH Netz behält sich vor Verbrauchseinrichtungen, die über diesen Passus betrieben werden, abzuschalten. Dafür wird kein Grundpreis pro Jahr für die Netznutzung erhoben und der Arbeitspreis liegt im Jahr 2022 bei günstigeren 4,66 ct/kWh brutto. Die Netzentgelte für Entnahmestellen ohne Leistungsmessung liegen bei einem Grundpreis von 86,87 € brutto pro Jahr und einem Arbeitspreis von 11,72 ct/kWh brutto. Hierdurch besteht die Möglichkeit Tarife anzubieten, die unter dem Standard-Haushaltstarif liegen. Realistisch sind nach Aussage eines lokalen Direktvermarktlers Konditionen, die ca. 2 bis 3 Cent unter dem Normaltarif liegen. Da der Strombedarf im Wärmetarif über die Temperaturprognosen besser zu prognostizieren ist als der Bedarf im Mobilitätstarif, können die Tarifkonditionen des Wärmetarifes unter dem des Mobilitätstarifs liegen. Für die Realisierung muss von einem Elektriker ein zweiter Zähler mit Abschaltbox installiert werden, über den der Strom des Tarifs abgerechnet wird.

### Auf den Punkt.

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

### 4.9.3 OSDORF – SZENARIO 2022

Dieses Szenario zeigt, wie über bilanzielle Stromprodukte der aktuelle Strombedarf der gesamten Gemeinde Osdorf, dargestellt in Abbildung 12, nachhaltig gedeckt werden kann. Hierfür können lokale, regenerative Energien wie Photovoltaik oder Windkraft genutzt und in Form eines Bürgerenergiewerks für eine nachhaltige Stromversorgung bilanziell an die Bürger weitergegeben werden. Um das Potenzial einer Windkraftanlage aufzuzeigen, wird als regenerative Stromquelle die bereits in Abschnitt 4.5 betrachtete Windkraftanlage genutzt. Tabelle 43 fasst dieses Szenario zusammen. Bereits vorhandene E-Autos, die innerhalb der Gemeinde geladen werden, sind bereits in den Daten des Stromlastgangs enthalten und werden an dieser Stelle nicht zusätzlich aufgeführt.

Da der Wechsel eines Stromanbieters oder Stromtarifs für die Anwohnerschaft ohne großen Aufwand zu erledigen ist, vor allem, weil keine zusätzlichen, hohen Investitionskosten anfallen, wird mit 100% des Strombedarfs der Gemeinde gerechnet.

Tabelle 43: Kurzbeschreibung Osdorf - Szenario 2022

Osdorf – Szenario 2022	
Jahr	2022
CO <sub>2</sub> -Emission Netzstrom	560 g/kWh
Strombedarf	3.760 MWh
Strombedarf für Wärmeerzeuger	0 MWh
Strombedarf für zusätzliche Ladeinfrastruktur	0 MWh
Gesamtbedarf	<b>3.760 MWh</b>
<b>Potenzial einer Nordex N149 Windkraftanlage</b>	<b>19.170 MWh</b>

Es zeigt sich, dass der Ertrag einer einzelnen Windkraftanlage deutlich über dem aktuellen Strombedarf der Gemeinde liegt. Durch die Volatilität der Windstromproduktion ist es jedoch nicht möglich 100% des Strombedarfs über Windkraft zu decken. Mit dem prognostizierten Ertrag können 87,5% direkt über Windstrom versorgt werden, die restlichen 12,5% müssen weiterhin aus dem Stromnetz bezogen werden.

## 4.9.4 OSDORF – SZENARIO 2028

Dieses Szenario geht davon aus, dass das in zuvor Kapitel 4.5 vorgestellte Wärmenetz mit einer Anschlussquote von 50% umgesetzt wurde und sich der Strombedarf entsprechend dem Betrieb der Wärmepumpe und des Heizstab erhöht hat. Darüber hinaus wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass sich der sonstige Strombedarf der Gemeinde insgesamt nicht verändert hat. In Tabelle 44 wird dieses Szenario zusammengefasst

Tabelle 44: Kurzbeschreibung Osdorf – Szenario 2028

Stromversorgung Osdorf	
Jahr	2028
CO <sub>2</sub> -Emission Netzstrom	210 g/kWh
Strombedarf	3.760 MWh
Strombedarf für Wärmeerzeuger	3.508 MWh
Strombedarf für zusätzliche Ladeinfrastruktur	0 MWh
<b>Gesamtbedarf</b>	<b>7.268 MWh</b>
<b>Potenzial einer Nordex N149 Windkraftanlage</b>	<b>19.170 MWh</b>

Wie bereits bei der zentralen Wärmeversorgung über ein brennstofffreies Konzept würden regenerative Energien in Form eines Bürgerenergiewerks für eine nachhaltige Stromversorgung der Gemeinde Osdorf genutzt werden. Die Anwohnerschaft kann, wie bereits beschrieben, nicht direkt, sondern über bilanzielle Stromprodukte mit lokalem, nachhaltigem Strom versorgt werden.

In Abschnitt 4.5.4 ist bereits gezeigt worden, dass das Potenzial einer Windkraftanlage mit 5,7 MW Nennleistung ausreicht, um 50% der Gemeinde Osdorf mit Wärme zu versorgen. Tatsächlich wird der Großteil der bereitgestellten elektrischen Leistung der Anlage weiterhin ins Stromnetz eingespeist, weil eine entsprechende Überproduktion vorliegt. Da die Wärmepumpe bevorzugt zu Phasen mit viel Wind betrieben wird, wird sie auch bevorzugt zu Zeiten mit einem großen Überangebot an Windstrom betrieben, um das Wärmenetz und den Wärmespeicher zu versorgen. Durch diese Betriebsweise kann das Wärmenetz mit Strom versorgt werden, ohne die Stromversorgung der Gemeinde zu beeinträchtigen. Trotz des zusätzlichen Strombedarfs des Wärmenetzes können weiterhin 86% des gesamten Strombedarfs (Bedarf Osdorf + Wärmenetz) durch die Windkraftanlage gedeckt werden.

## 4.9.5 OSDORF – SZENARIO 2050

In folgendem Szenario wird die Stromversorgung für Osdorf im Jahr 2050 betrachtet. Zusätzlich wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass im Jahr 2050 80% der Fahrzeuge in der Gemeinde Osdorf elektrifiziert, sein werden. Dies entspricht dem zweiten Mobilitätsszenario in Abschnitt 4.8.1. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass 80% der Ladevorgänge direkt in Osdorf durchgeführt werden und nur 20% außerhalb, beispielweise bei Ausflügen. Auf Grund der Wohnstruktur innerhalb der Gemeinde wird angenommen, dass von den vor Ort durchgeführten Ladevorgängen 90% über Wallboxen am eigenen Einfamilienhaus durchgeführt werden. Die restlichen 10% werden öffentlichen Ladepunkten innerhalb der Gemeinde angenommen, welche tendenziell mit höheren Ladeleistungen arbeiten. Der Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V. gibt an, dass für E-Autos mit Ladeverluste zwischen 10 und 25% zu rechnen ist und diese werden im Szenario mit 10% bemessen (ADAC, 2020). Wie bereits in Abschnitt 4.8.1 wird von einem Verbrauch von 22 kWh/100 km und eine durchschnittliche Fahrleistung von 20.000 km pro Jahr angenommen.

Tabelle 45: Kurzbeschreibung Osdorf – Szenario 2050

Stromversorgung Osdorf 2050	
Jahr	2050
CO <sub>2</sub> -Emission Netzstrom	0 g/kWh
Strombedarf	3.760 MWh
Strombedarf für Wärmeerzeuger	3.508 MWh
Strombedarf für zusätzliche Ladeinfrastruktur	11.489 MWh
<b>Gesamtbedarf</b>	<b>18.757 MWh</b>
<b>Potenzial einer Nordex N149 Windkraftanlage</b>	<b>19.170 MWh</b>

Tabelle 45 zeigt, dass ein Elektrifizierungsgrad von 80% unter den getroffenen Annahmen eine Vervierfachung des aktuellen Strombedarfs der Gemeinde Osdorf zur Folge hätte. Obwohl der Gesamtstrombedarf noch etwas unterhalb des Potenzials der Windkraftanlage liegt, ist naheliegend, dass der Anteil des durch Windkraft zu deckenden Strombedarfs deutlich abnehmen wird.

Abbildung 46 zeigt einen täglichen Lastgang des Ladeverhaltens (Heinz, 2018). Beim Laden des Elektroautos zu Hause ist die Lastspitze am Nachmittag/Abend bei der Heimkehr von der Arbeit zu erkennen. Bei der Nutzung der Stromtankstelle ist die Ladecharakteristik weiter über den Tag verteilt. Hier ist mit einer Lastspitze am Vormittag und einer am Nachmittag zu rechnen. Zur Senkung der Lastspitzen ist ein Lademanagementsystem sinnvoll, das die abendliche Spitze beim Laden zu Hause durch das Verschieben von Ladevorgängen in die Nacht reduziert. Da es sich jedoch um private Ladepunkte handelt, gestaltet sich die Umsetzung schwierig.

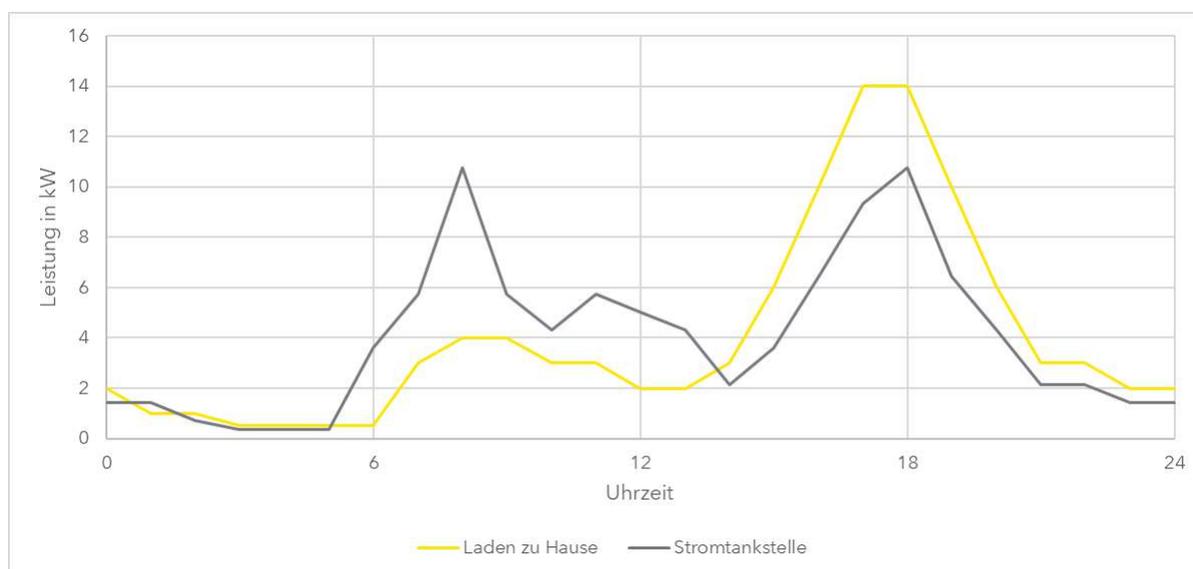


Abbildung 46: Tageslastgang Mobilität

Über den beschriebenen Tageslastgang ist ein stündliches Stromlastprofil der Gemeinde für einen Elektrifizierungsgrad von 80% erstellt worden. Dabei ist davon ausgegangen worden, dass nicht alle Fahrzeughalter innerhalb derselben Stunde das Fahrzeug anschließen und für die Gemeinde Osdorf eine gewisse natürliche Glättung der Stromkurve vorliegt. Abbildung 47 zeigt den resultierenden Tageslastgang der E-Mobilität der Gemeinde Osdorf.

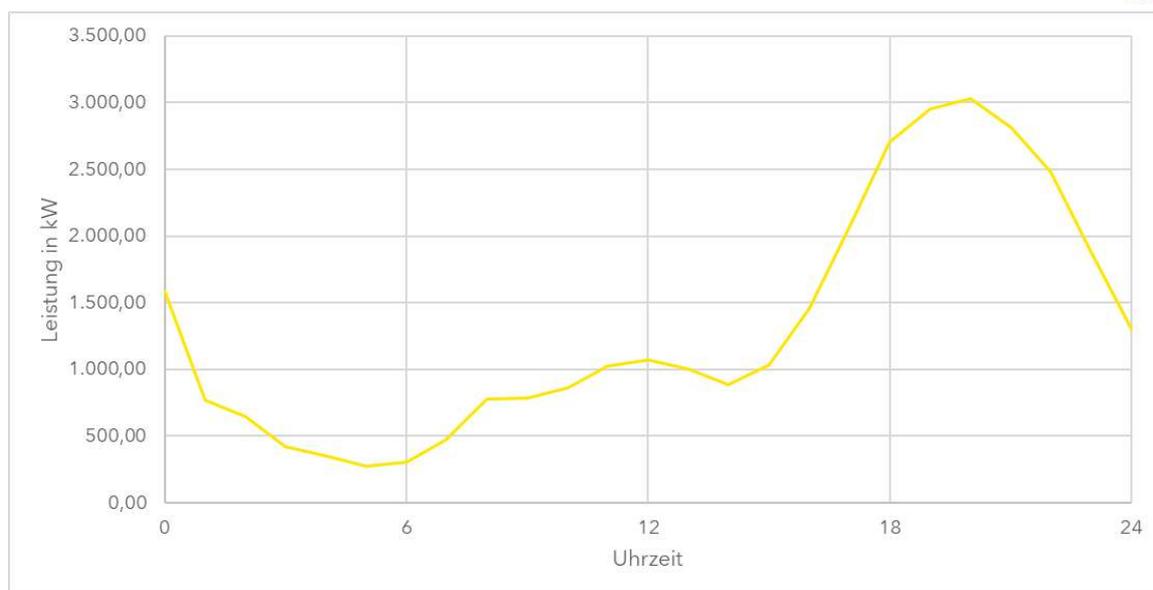


Abbildung 47: Resultierenden Tageslastgang der E-Mobilität der Gemeinde Osdorf

Es zeigt sich, dass in diesem Szenario nunmehr 64% des gesamten Strombedarfs über die Windkraftanlage versorgt werden können. Die restlichen 36% werden aus dem Stromnetz bezogen, was bei einer angenommenen CO<sub>2</sub>-Neutralität des Stromnetzes im Jahr 2050 keine zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht. Auch die Installation einer 6 MW<sub>p</sub> PV-Anlage kann in diesem Szenario die Autarkie der Gemeinde bloß auf ca. 70% erhöhen. Der größte Teil des von der PV-Anlage produzierten Stroms wird in Stromnetz exportiert. Dies liegt vor allem daran, dass die größte Ladeleistung in den Abendstunden benötigt wird. Die Ergebnisse der untersuchten Stromversorgungsszenarien werden in Abbildung 47 dargestellt.

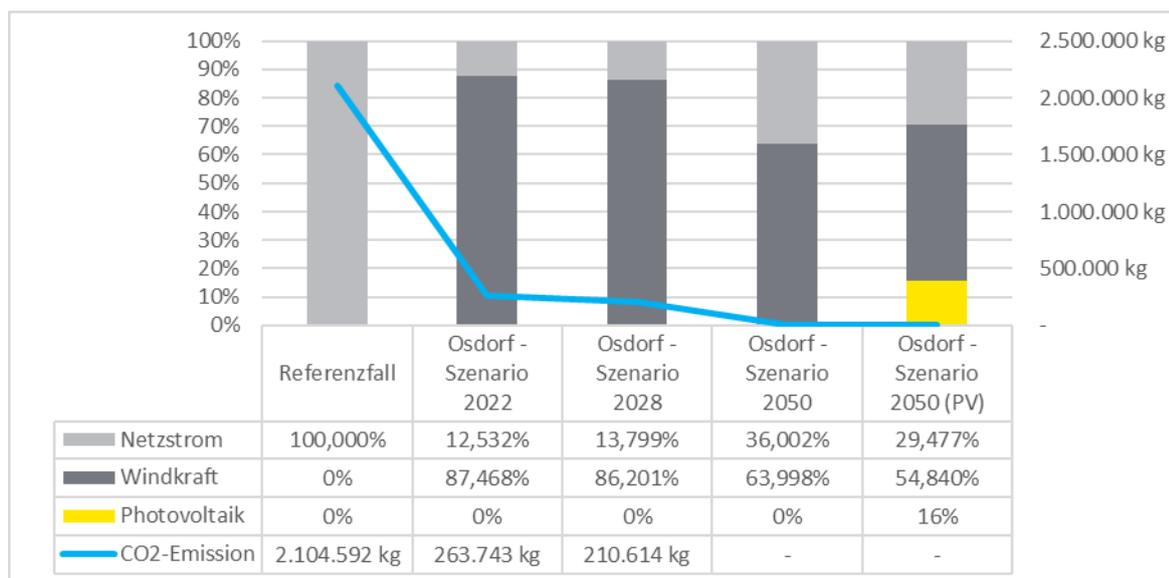


Abbildung 48: Vergleich der Stromversorgungsszenarien

Um die Abhängigkeit der Gemeinde vom allgemeinen Stromnetz weiter zu reduzieren, ist der Einsatz von Speichertechnologien erforderlich. Außerdem können andere Technologien eingesetzt werden, um den Eigennutzungsgrad der regenerativen Stromquellen weiter zu erhöhen.

## ELEKTROLYSEUR

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

Der produzierte Wasserstoff kann über eine Wasserstofftankstelle und Wasserstofffahrzeuge in der Gemeinde die Emissionen im Verkehrssektor zusätzlich senken. Der erzeugte Wasserstoff des Elektrolyseurs wird in Drucktanks zwischengespeichert, um dann über Wasserstofftankstellen der Verwendung als Brennstoff für Wasserstofffahrzeuge zugeführt zu werden. So gibt es beispielsweise bereits Pilotprojekte, in denen der Wasserstoff für den Betrieb CO<sub>2</sub> neutraler Linienbusse verwendet wird. Die bei der Elektrolyse anfallende Abwärme wird mittels Wärmetauscher in das Wärmenetz eingespeist und somit die Energieeffizienz zusätzlich gesteigert.

Bei den passenden wirtschaftlichen Randbedingung wäre auch eine Rückverstromung des produzierten Wasserstoffs in einem Wasserstoff BHKW oder einer Brennstoffzelle denkbar. So könnte in Zukunft der Autarkiegrad der Gemeinde weiter gesteigert werden.

## **ELEKTROCHEMISCHE STROMSPEICHER**

Elektrochemische Stromspeicher, Batterien, stellen eine Möglichkeit dar produzierten Strom zwischenspeichern und genau dann einzusetzen, wenn er benötigt wird. In Einfamilienhäusern ist der Einsatz von Batteriespeichern in Kombination mit Photovoltaikanlagen bereits gängige Praxis. Zukünftig kann die Installation solcher Speicher auch ohne den eigenen Einsatz einer PV-Anlage sinnvoll sein. Mit entsprechenden Energiemanagementsystemen wird Strom zu günstigen Zeiten zwischengespeichert werden. Auf diese Weise könnte die lokale Erzeugung von nachhaltigem Strom besser genutzt werden und die Unabhängigkeit der Gemeinde weiter gesteigert werden.

## 5 MAßNAHMENKATALOG

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

Tabelle 46: Maßnahmenkatalog

Wärme		
1.	<b>Wärmenetz realisieren (Versorgung)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Findung eines Betreibermodells (z. B. Gemeindeenergiwerk)</li> <li>Entwurfsplanung</li> <li>Kundenakquise</li> <li>Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen zum Thema Wärmenetze</li> <li>Realisierung des Netzes in einzelnen Bauabschnitten</li> </ul>	
2.	<b>Wärmeversorgung der Außenbereich Stubbendorf und Austerlitz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen</li> <li>Unterstützung bei der Fördermittelakquise</li> </ul>	
3.	<b>Sanierung öffentliche Gebäude</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Schule (Fassadensanierung, Fensteraustausch, Photovoltaik, Sanierung der Wärmeleitungen)</li> <li>Ärztehaus (Fensteraustausch, Oberste Geschossdecke, Fassadenämmung)</li> <li>Waldenburger Str. 1b (Oberste Geschossdecke, Fassade, Keller)</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 Bürgerenergiwerks / Gemeindegwerks</li> <li>Erstellung des Produktportfolios (Haushaltsstromtarif, Mobilitätstarif und Wärmepumpentarif)</li> <li>Werbung und Vermarktung</li> </ul>	
Mobilität		
7.	<b>Förderung der Elektromobilität innerhalb der Gemeinde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Unterstützung bei der Errichtung zusätzlicher Ladesäulen</li> <li>Aufklärungskampagnen zu Vorurteilen gegenüber der Elektromobilität</li> </ul>	
8.	<b>Carsharing</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Carsharing Angebote schaffen</li> <li>Umfragen und Informationsveranstaltungen zur Bedarfsermittlung organisieren</li> <li>Evaluierung verschiedener Betreibermodelle</li> </ul>	
9.	<b>Radverkehr</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ausbau und Beleuchtung von Radwegen, die in und aus der Gemeinde führen (z. B. Bahnhof Gettorf)</li> <li>Aufbauen eines örtlichen E-Bike-Sharing Angebots</li> <li>Serviceangebote für Fahrräder schaffen (Reperatur- 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 Aufgabe.

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.

Im Bereich der Mobilität gibt es bereits erste Unternehmungen hinsichtlich eines Dörpsmobil. Aus diesem Grund wird die Priorität der Maßnahme Carsharing für ein Sanierungsmanagement als gering eingestuft. Die weitere Förderung der Elektromobilität und des Radverkehrs wird mit einer mittleren Priorität eingestuft. Bei der Errichtung öffentlicher Ladesäulen hat dies vor allem mit dem hohen Anteil an Einfamilienhäusern in Osdorf 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 49 der Maßnahmenkatalog graphisch aufbereitet. Farben beschreiben jeweils den Bereich Wärme, Strom oder Mobilität der Maßnahme, die Zahlen geben einen Aufschluss welche Maßnahme konkret gemeint ist. Auf der X-Achse wird zwischen kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Maßnahmen differenziert. Die Y-Achse stellt die Priorisierung dar, diese ist im Grundsatz gleichzustellen mit einem möglichem CO<sub>2</sub> Einsparpotential. Die verschiedenen Farben der Maßnahmen dienen der Unterteilung in die drei Sektoren Wärme (rot), Mobilität (blau) 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.

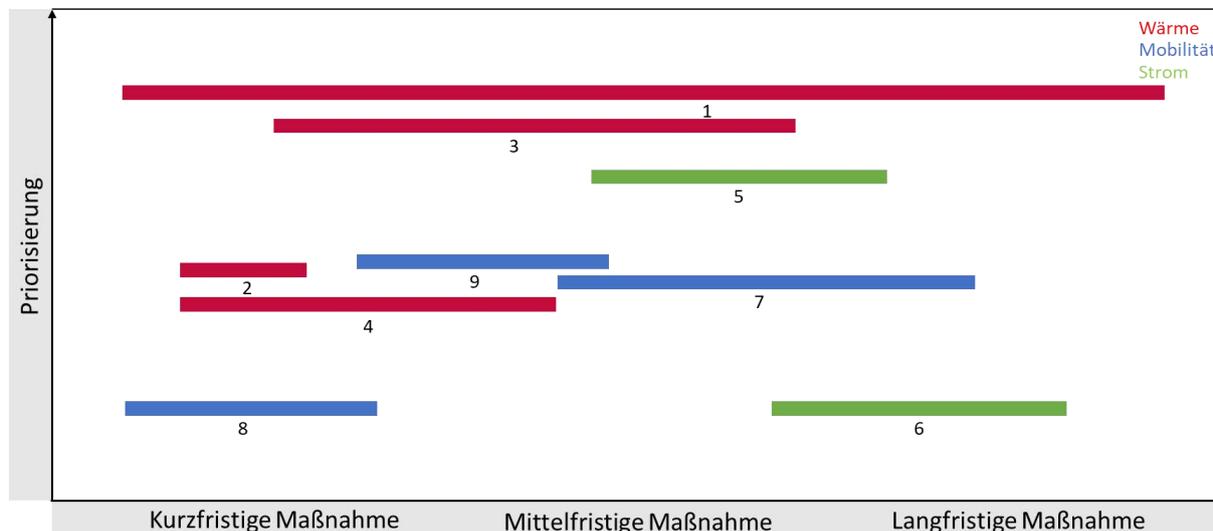


Abbildung 49: Graphische Darstellung des Maßnahmenkatalogs

## 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
- 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 nicht umgesetzt werden

## **Überwindungsmöglichkeiten**

Ein wichtiger Teil bei der Überwindung der vorgestellten Hemmnisse stellt die Aufklärung über eine mögliche Wärmenetzplanung dar. Über Informationsaushänge, Kampagnen und Infoabende kann Anwohner die Unsicherheit bei dem Thema genommen werden und so die Akzeptanz erhöhen. 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**

In Abschnitt 4.9 sind für private Haushalte und die gesamte Gemeinde Möglichkeiten für eine nachhaltigere, lokale Stromversorgung aufgezeigt worden. Folgende Hemmnisse sind dabei wesentlich:

- Marktlage PV: Aktuell sind die Preise für Module stark gestiegen. Je nach Lage, Verschattung und Verbrauch sind eigene PV-Anlage aktuell unter Umständen nicht wirtschaftlich
- Aktuelle Strompreisentwicklung  
Für ein Bürgerenergiewerke 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 nach individueller Personenkraftverkehr, ÖPNV

### **Individueller Personenkraftverkehr**

- Angst vor fehlender oder nicht ausreichender Ladeinfrastruktur
- Angst vor nicht ausreichender Reichweite

- Aktuell haben E-Fahrzeuge ein deutlich höheres Investment als herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor
- Förderung wird in den nächsten Jahren wegfallen – 2023 wird die Förderung bereits reduziert
- Lieferschwierigkeiten (frühzeitige Planung und Flexibilität)

## **ÖPNV**

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

## **Carsharing (Dörpsmobil)**

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

## **6.5 ALLGEMEINE HEMMNISSE**

- Aktive Akteure vor Ort (Kümmerer vor Ort)  
→ direkt am Anfang Sanierungsmanagement Verantwortliche\*n wählen/bestimmen (auch über Sanierungsmanagement hinaus)
- Verfügbarkeit Ressourcen (Mensch wie Rohstoff)  
→ frühzeitige, langfristige Planung, 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, so genannten Peer Groups zugeordnet werden. Die Peer Groups gehen aus den Reihen der Lenkungsgruppe und engagierter Bürger\_innen hervor. Die Vorteile sind eine größere Akzeptanz der Bürger\_innen, eine Entkopplung von Änderungen in der Zusammensetzung des Gemeinderates und eine Entlastung des Sanierungsmanagements als solchem.

Das zweite Element der Umsetzung sind die regionalen und überregionalen Firmen, die im hohen Maße kooperieren müssen und für eine wirklich integrierte Quartiersversorgung übergeordnet gesteuert werden müssen. Diese Steuerung ist Aufgabe der Gemeindeverwaltung. Die Förderung der KfW hat hier ein unterstützendes Element, das Sanierungsmanagement etabliert, welches genau für

diese Aufgabe von der Gemeinde eingesetzt werden sollte. Als Kontrollinstanz soll hier immer die Lenkungsgruppe agieren.

## 7.1 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

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

Wird die Mitnahme der Bevölkerung verfehlt, kann z.B. eine ausreichende Erhöhung des Sanierungsgrad meist nicht erreicht werden. Insbesondere bei der geplanten Errichtung eines Wärmenetzes ist in Osdorf 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 Osdorf 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 Osdorf 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.

- **Informationsveranstaltungen**

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

- **Pressemitteilungen**

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

- **Flugblätter**

Da in der heutigen Zeit viele Menschen die Zeitungen gar nicht oder nicht zur Gänze lesen ist die Verteilung von Flugblättern oder Broschüren ein effektives Mittel um die Aufmerksamkeit der Bürger\_innen zu erhalten. Hier können Ankündigungen gemacht oder allgemein informiert werden.

- **Beschilderung**

Das Projekt nach außen zu tragen und nicht im Stillen zu agieren ist wichtig, um auch der letzten Person zu zeigen, dass vor Ort etwas passiert. Ein Schild an einer privaten oder öffentlichen Baustelle, die auf das Sanierungsmanagement hinweist, kann in den Köpfen einen Anstoß setzen. Auch Aushänge an öffentlichen Plätzen oder die Auszeichnung von zentralen Punkten des Projektes sollten in Betracht gezogen werden.

- **Beratung**  
Individuelle Beratungen helfen dabei, die Berührungsängste 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 sollten so leichter erreichen lassen und zum Mitmachen animierbar sein.

## 7.2 CONTROLLING-KONZEPT

Als übergeordnete Kenngrößen 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 motivierendes und gleichzeitig kontrollierendes 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.

### 7.2.1 GEBÄUDESANIERUNG

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. Zum einen 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 zum einen 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 Osdorf bereits über das lokale Bürgerenergiewerk gedeckt wird.

### 7.2.4 MOBILITÄT

- Dörpsmobil Auslastung
- Anzahl E-Autos
- Stromabnahme an öffentlichen Ladesäulen (Mobilitätsstation)
- Nahverkehr Auslastungszahlen

Eintritt in Klimaschutzagentur (Sowas wie Klimaschutzmanager) Arbeitskreis Klima, um zu tracken, dass Maßnahmen aus QK überhaupt in die Umsetzung zu bringen

## 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.

## 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)
- 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*.
- Bundesnetzagentur. (2022). 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. (2022). Heizungsmodernisierung - ein Kostenvergleich. Abgerufen am 10. Juni 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/03/20/heizungsmodernisierung-im-einfamilienhaus-ein-kostenvergleich/>

- Carmen. (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/>
- 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
- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014. (21. 06 2014).
- 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. (2020). *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.*
- 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)
- Ministerium für Inneres, I. R. (2022). *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II. Kapitel 5.7 (Windenergie an Land).* Von <https://www.schleswig->

holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung\_raumordnung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene\_wind/fh\_teilfortschreibung\_lep\_wind\_RP2.html#doc81d469bb-9c93-438e-aa36-fd73d7750240bodyText2 abgerufen

Ministerium für Inneres, I. R.-H. (kein Datum). Regionalplans für den Planungsraum II in Schleswig-Holstein Kapitel 5.7 (Windenergie an Land).

Ministerium für Umwelt, K. u.-W. (2019). Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden. Stuttgart.

Ministeriums für Inneres, I. R. (01. 09 2021). *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich*. Von Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich. Gemeinsamer Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt Natur und abgerufen

Pierott, M. (2022). *thewindpower.net*. Von [https://www.thewindpower.net/windfarm\\_de\\_28877\\_gut-wulfshagen.php](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. (14. März 2022). Erneuerbare Energien in Zahlen. Abgerufen am 27. Juni 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#ueberblick>

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. (2021). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland.* Freiburg.