

## Quartierskonzept Gemeinde Seedorf

### Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes

#### Seedorf-Ortskern

Im Auftrag von: **Amt Lauenburgische Seen**

Ansprechpartner\_in: Reinhard Jahnke, Bürgermeister der Gemeinde Seedorf

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

Bearbeitung: B. Eng. LiMan Keller, B. Eng. Gotje Rathmann,  
Dipl.-Ing. Lukas Schmeling, M. Eng. Matthias Winschu,  
B. Eng. Jonas Borchert

PLAN-G  
An de Diek 6d, 24855 Bollingstedt

Bearbeitung: Dipl. Ing. Ralf Schobries

Stand: 29.10.2024

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

Gefördert durch:



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

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>6</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Zusammenfassung</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Einführung</b> .....	<b>11</b>
2.1 Das Quartier Ortskern Seedorf.....	11
2.2 Bestandsaufnahme der Gemeinde Seedorf .....	13
2.2.1 Analyse der Siedlungsstruktur.....	13
2.2.2 Verkehrssituation & Mobilitätverhalten .....	16
2.2.3 Überörtliche und örtliche Schutzgebiete .....	17
2.2.4 Ortsbildprägende Freiräume .....	20
2.2.5 Wasser.....	21
2.2.6 Klimaanpassungsmaßnahmen.....	22
2.3 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte.....	23
2.3.1 Flächennutzungsplan.....	23
2.3.2 Bebauungspläne .....	24
2.4 Methodik und Vorgehensweise .....	25
2.5 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess.....	26
<b>3 Energetische Ausgangssituation im Quartier</b> .....	<b>28</b>
3.1 Datenquellen und Datengüte .....	28
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäudebestand .....	29
3.2.1 Wohngebäude .....	30
3.2.2 Öffentliche Liegenschaften.....	30
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor) .....	30
3.3 Bestandsaufnahme: Heizungsbestand .....	30
3.4 Bestandsaufnahme: Endenergiebedarf.....	31
3.4.1 Wärme .....	31
3.4.2 Strom .....	32
3.4.3 Mobilität.....	32
3.5 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz.....	34
3.5.1 Energie- Und CO <sub>2</sub> -Bilanz Wärme .....	35
3.5.2 Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz Strom.....	37
3.5.3 Energie- Und CO <sub>2</sub> -Bilanz Mobilität .....	38

<b>4</b>	<b>Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale</b>	<b>40</b>
4.1	Potenziale für erneuerbare elektrische Energien	41
4.1.1	Wind	41
4.1.2	Photovoltaik	42
4.1.3	Biogas	46
4.2	Potenziale für erneuerbare thermische Energie	47
4.2.1	Luft-Wärmepumpe	47
4.2.2	Wasser-Wärmepumpe	48
4.2.3	Grundwasser-Wärmepumpe	48
4.2.4	Abwärme-Wärmepumpe	48
4.2.5	Geothermie	49
4.2.6	Biomethan Blockheizkraftwerk	52
4.2.7	Biomasse	53
4.2.8	Solarthermie	53
4.2.9	Photovoltaisch-Thermische Kollektoren	54
4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung	54
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG	55
4.3.2	Mustersanierungen	57
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungslösungen	62
4.4.1	Vollkostenvergleich	63
4.4.2	Emissionen dezentraler Wärmeversorgungslösungen	65
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung	66
4.5.1	Wärmenetz	66
4.5.2	Liniendichte	67
4.5.3	Erzeugungskonzepte	69
4.5.4	Fördermöglichkeiten	75
4.5.5	Wirtschaftlichkeitsberechnung	77
4.5.6	Sensitivitätsanalyse	84
4.5.7	Klimaverträglichkeit	85
4.5.8	Zeitplan und Umsetzung	88
4.5.9	Mögliche Betreibermodelle	89
4.6	Mobilität	92
4.6.1	Individueller Personenkraftverkehr	92
4.6.2	Auswertung der Umfrage	93
4.6.3	Carsharing	95
4.6.4	Unterstützung des Radverkehrs	95

4.6.5	Errichten öffentlicher Ladestationen .....	96
4.6.6	Öffentlicher Personennahverkehr .....	97
<b>5</b>	<b>Umsetzung .....</b>	<b>98</b>
5.1	Öffentlichkeitsarbeit .....	98
5.1.1	Aufklärung und Unterstützung der Bewohner_innen .....	98
5.1.2	Unterstützung der Energieversorger .....	99
5.1.3	Bausteine der Öffentlichkeitsarbeit .....	99
5.2	Controlling-Konzept .....	100
5.2.1	Gebäudesanierung & Heizungs austausch .....	101
5.2.2	Wärmenetz .....	101
5.2.3	Strom .....	101
5.2.4	Mobilität .....	101
5.3	Umsetzungshemmnisse .....	102
5.3.1	Energetische Sanierung .....	102
5.3.2	Wärmenetz .....	103
5.3.3	Strom .....	104
5.3.4	Mobilität .....	105
5.3.5	Allgemeine Hemmnisse .....	105
5.4	Sanierungsmanagement .....	106
5.5	Umsetzungsplan .....	107
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>110</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Das Quartier Ortskern Seedorf im Gemeindegebiet Seedorf.....	11
Abbildung 2-2:	Chronologen 1878-1880.....	13
Abbildung 2-3:	Chronologen 1932-1950.....	14
Abbildung 2-4:	St. Clemens - St. Katharinen-Kirche Seedorf .....	15
Abbildung 2-5:	Schloss Seedorf.....	15
Abbildung 2-6:	Lage der Bushaltestellen .....	16
Abbildung 2-7:	FFH-Gebiete (braun) und Vogelschutzgebiete (blau).....	17
Abbildung 2-8:	Naturschutzgebiet (rot) und Landschaftsschutzgebiet (grün gepunktet) .....	18
Abbildung 2-9:	Naturpark (grün) und Biosphärenreservat (gelb).....	18
Abbildung 2-10:	Biotopenverbundsystem - Schwerpunktbereich (rot).....	19
Abbildung 2-11:	Wald- und Gehölzflächen .....	20
Abbildung 2-12:	Lage des Gewässers 4 sowie der Seen in der Gemeinde Seedorf .....	21
Abbildung 2-13:	Flächennutzungsplan (FNP) der Gemeinde Seedorf, 2004 .....	23
Abbildung 2-14:	Legende zum FNP .....	24
Abbildung 2-15:	Bebauungsplan Nr. 8 .....	25
Abbildung 2-16:	Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung. 26	
Abbildung 2-17:	Workshop vom 26.06.2024 .....	27
Abbildung 3-1:	Wärmelastgang Quartier Seedorf .....	31
Abbildung 3-2:	Stromlastgang Seedorf .....	32
Abbildung 3-3:	Gesamtendenergiebedarf .....	35
Abbildung 3-4:	CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	35
Abbildung 3-5:	Wärmeatlas Quartier Seedorf .....	36
Abbildung 3-6:	Primärenergiebedarf im Quartier.....	39
Abbildung 3-7:	Emissionen im Quartier .....	39
Abbildung 4-1:	Übersicht Maßnahmen Energieeinsparung.....	40
Abbildung 4-2:	Übersicht Maßnahmen CO <sub>2</sub> -Einsparung.....	41
Abbildung 4-3:	Erster Entwurf Potenzialgebiete für Windenergie (Ausschnitt Seedorf) .....	42
Abbildung 4-4:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen .....	43
Abbildung 4-5:	Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße .....	44
Abbildung 4-6:	Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet.....	45
Abbildung 4-7:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur .....	47
Abbildung 4-8:	Potenzial oberflächennaher Geothermie .....	50
Abbildung 4-9:	Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (DA Nord, 2024).....	51
Abbildung 4-10:	Förderübersicht Heizungstausch und Einzelmaßnahmen .....	56
Abbildung 4-11:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme .....	64
Abbildung 4-12:	Leitungsverlauf eines Wärmenetzes im Quartier Seedorf.....	66
Abbildung 4-13:	Liniendichte bei 100% Anschlussquote .....	68
Abbildung 4-14:	Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios.....	70
Abbildung 4-15:	Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios .....	71
Abbildung 4-16:	Konzeptskizze des dritten Erzeugungsszenarios.....	72
Abbildung 4-17:	Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios.....	74
Abbildung 4-18:	Wärmegestehungskosten der Szenarien bei einer Anschlussquote von 70 % .....	83
Abbildung 4-19:	Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote .....	84
Abbildung 4-20:	Entwicklung der PKW-CO <sub>2</sub> -Emissionen bis zum Jahr 2050.....	93
Abbildung 4-21:	Anzahl der Fahrzeuge pro Haushalt .....	94

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1:	Ableich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW .....	9
Tabelle 2-1:	Öffentlichkeitsveranstaltungen – Termine.....	27
Tabelle 3-1:	Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren .....	28
Tabelle 3-2:	Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach ifeu- Empfehlung .....	28
Tabelle 3-3:	Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs .....	29
Tabelle 3-4:	Gebäudebestand im Quartier Seedorf nach Baualtersklassen .....	29
Tabelle 3-5:	Gebäudebestand im Kreis Herzogtum Lauenburg .....	29
Tabelle 3-7:	Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert .....	30
Tabelle 3-6:	Heizungsbestand Quartier Seedorf .....	30
Tabelle 3-8:	Wärmebedarf nach Liegenschaften .....	31
Tabelle 3-9:	Personenkraftwagen der Gemeinde und des Ortskerns Seedorf nach Brennstofftyp . .....	32
Tabelle 3-10:	Spezifische Energieverbräuche von Personenkraftwagen nach Brennstofftyp .....	33
Tabelle 3-11:	Jährliche Gesamtfahrleistung und jährlicher Energieverbrauch im Ortskern .....	33
Tabelle 3-12:	Gesamtendenergie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	34
Tabelle 3-13:	Verwendete CO <sub>2</sub> -Emissions- und Primärenergiefaktoren.....	36
Tabelle 3-14:	Endenergie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger .....	37
Tabelle 3-15:	Energiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchssektoren.....	37
Tabelle 3-16:	Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanz der Stromversorgung.....	37
Tabelle 3-17:	Regenerative elektrische Erzeugungsleistung im Gemeindegebiet Seedorfs.....	38
Tabelle 3-18:	Verwendete Emissions- und Primärenergiefaktoren .....	38
Tabelle 3-19:	CO <sub>2</sub> -Emissionen und Primärenergieverbrauch des Mobilitätssektors im Quartier ..	38
Tabelle 4-1:	Vergütungssätze für PV-Dachanlagen in ct/kWh .....	43
Tabelle 4-2:	Beispielhafte PV-Auslegungsvarianten für eine Südausrichtung .....	46
Tabelle 4-3:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate .....	55
Tabelle 4-4:	Grunddaten – Hauptstr. 48a – Gebäudeansicht: Nord .....	57
Tabelle 4-5:	Zusammenfassung der Mustersanierungen – Hauptstr. 48a.....	59
Tabelle 4-6:	Grunddaten – Hollenbeker Weg 3 – Gebäudeansicht: Nord .....	59
Tabelle 4-7:	Zusammenfassung der Mustersanierungen Hollenbeker Weg 3.....	61
Tabelle 4-8:	Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme .....	63
Tabelle 4-9:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen der individuellen Lösungen.....	65
Tabelle 4-10:	Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote (gesamtes Quartier) .....	68
Tabelle 4-11:	Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	77
Tabelle 4-12:	Investitionskosten des Wärmenetzes .....	77
Tabelle 4-13:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1 .....	78
Tabelle 4-14:	Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.1 .....	78
Tabelle 4-15:	Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – Sz.1 .....	79
Tabelle 4-16:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.2 .....	79
Tabelle 4-17:	Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.2 .....	79
Tabelle 4-18:	Betriebskostenförderung und Erlöse bei 100 % Anschlussquote – Sz.2 .....	80
Tabelle 4-19:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.3 .....	80
Tabelle 4-20:	Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.3 .....	80
Tabelle 4-21:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.4 .....	81
Tabelle 4-22:	Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.4 .....	81
Tabelle 4-23:	Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – Sz.4 .....	81

Tabelle 4-24:	Jährliche Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote .....	82
Tabelle 4-25:	CO <sub>2</sub> -Emission für die erzeugte Wärme .....	85
Tabelle 4-26:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz (gerundete Werte).....	86
Tabelle 4-27:	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	87
Tabelle 4-28:	Anzahl PKW nach Kraftstofftyp in der Gemeinde und im Ortskern Seedorf.....	92
Tabelle 4-29:	Interesse an Elektrofahrzeugen.....	94
Tabelle 4-30:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel .....	97
Tabelle 5-1:	Umsetzungsplan - Wärme .....	107
Tabelle 5-2:	Umsetzungsplan - Strom .....	108
Tabelle 5-3:	Umsetzungsplan - Mobilität & Städteplanung .....	109

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

°C	Grad Celsius
a	Jahr
<b>ADFC</b>	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
<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>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bzw.	beziehungsweise
<b>C.A.R.M.E.N</b>	Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
<b>CH<sub>4</sub></b>	Methan
cm	Centimeter
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
ct	Cent
<b>DN</b>	Diamètre Nominal (Nenndurchmesser)
<b>E</b>	Elektro
<b>e.V.</b>	Eingetragener Verein
<b>EE</b>	Enerneuerbare Energien
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetzes
<b>EFH</b>	Einfamilienhaus
el.	elektrisch
<b>EM</b>	Einzelmaßnahme
<b>Eng.</b>	Engineering
<b>F&amp;E</b>	Forschung und Entwicklung
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>GWh</b>	Gigawattstunden
<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>iSPF</b>	individueller Sanierungsfahrplan
<b>K</b>	Kelvin
<b>k.A.</b>	Keine Angabe
<b>KBA</b>	Kraftfahrt-Bundesamt
<b>KfW</b>	Kreditanstalt für Wiederaufbau
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>km</b>	Kilometer
<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>LEP</b>	Landesentwicklungsplan
<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>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>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>t</b>	Tonne
<b>VDEW</b>	Verband der Elektrizitätswirtschaft
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure
<b>W</b>	Watt
<b>WKA</b>	Windkraftanlage
<b>WNS</b>	Wärmenetzsysteme
<b>z.B.</b>	zum Beispiel

## KFW CHECKLISTE ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

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

Zu berücksichtigende Aspekte	Kapitel
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbes. komm. Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse).	3 und 4
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	2.3
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	2.1 und 2.2
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	3.4.3 und 4.6
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	4
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	2 und 4
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	3.5 und 4
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	1, 2.1 und 4.5.7
konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	5.5
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	5.3
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	4
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte	2.5 und 5.1
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	5
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	5.2

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung des Quartiers Seedorf 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. 6,9 GWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 1,1 GWh pro Jahr erfasst.

Durch die Sanierung der Gebäudehüllen der Wohngebäude im Quartier kann bei einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr der Endenergiebedarf der Wohngebäude für die Wärmeversorgung bis 2045 um bis zu 35 % reduziert werden.

Die in der Studie aufgezeigten Mustersanierungen verdeutlichen nicht nur die ökologischen, sondern auch die ökonomischen Vorteile einer energetischen Sanierung. Investitionen in die Ertüchtigung der Gebäudehülle mit statischen Amortisationszeiten von wenigen Jahren sind ökonomisch und in jedem Fall ökologisch lohnend. Um die angestrebte Sanierungsrate von 2 % pro Jahr zu erreichen, müssen die Bürger\_innen jedoch beraten und begleitet werden.

Durch die Sanierung des Gebäudebestandes als Energieeffizienzmaßnahme können Emissionen auf der Verbrauchsseite reduziert werden. Auch auf der Erzeugungsseite können durch Sektorenkopplung Energie- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale erschlossen werden. Durch die Nutzung der vorhandenen Potenziale im Bereich der regenerativen Stromerzeugung kann kostengünstiger Strom für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Stromversorgung bereitgestellt werden. Die Wärmeversorgung kann durch den Aufbau eines Wärmenetzes und die Einbindung von regenerativ erzeugtem Strom nachhaltig gestaltet werden. So kann der Ortskern mit nachhaltiger Fernwärme versorgt werden, wodurch bereits bei einem geringen Anschlussquote erhebliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen erzielt werden können. Durch die in der Studie aufgezeigten Handlungsoptionen bestehen auch für Haushalte, die außerhalb der Potenzialgebiete für Wärmenetze liegen, Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Reduktion. Entsprechend gedämmte Gebäude im Außenbereich können mit den verschiedenen dargestellten Heizsystemen ausgestattet werden. Größtes Hemmnis sind derzeit die hohen Kosten.

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

## 2 EINFÜHRUNG

Dieser Bericht soll den aktuellen Stand der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs im Ortskern der Gemeinde Seedorf auf dem Weg zu einer 100% regenerativen Versorgung der Haushalte und des Gewerbes aufzeigen. Grundlage für die Umstellung auf eine vollständig regenerative und autarke Energieversorgung der Gemeinde Seedorf ist ein umfassendes Quartierskonzept, das im Folgenden näher beschrieben wird.

### 2.1 DAS QUARTIER ORTSKERN SEEDORF

Die Gemeinde Seedorf liegt im Kreis Herzogtum Lauenburg in Schleswig-Holstein. Sie gehört zum Amt Lauenburgische Seen, das aus 25 Gemeinden besteht. Die Gemeinde hat eine Fläche von knapp 28 km<sup>2</sup> und ist Heimat für knapp 560 Bürger\_innen. Das Gemeindegebiet von Seedorf erstreckt sich vom Seedorfer Kuchensee entlang am Priestersee bis nach Groß Zecher am Schaalsee. Die Lage und die Grenzen des Quartiers Ortskern Seedorf sind in Abbildung 2-1 dargestellt.



Abbildung 2-1: Das Quartier Ortskern Seedorf im Gemeindegebiet Seedorf

Die Erschließung der Gemeinde für den motorisierten Individualverkehr erfolgt über die in Nord-Süd-Richtung verlaufende Kreisstraße 78 (Hauptstraße) sowie über die südwestlich bzw. nordöstlich verlaufende Kreisstraße 50 (Hollenbeker Weg). Die Entfernung nach Lübeck beträgt ca. 50 Autominuten und nach Schwerin ca. 60 Autominuten.

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Ortskern von Seedorf und ist städtebaulich geprägt durch Einfamilienhäuser sowie mehrere landwirtschaftliche Betriebe, Gastwirtschaften sowie diverse Ferienwohnungen. Die Gemeinde verfügt über eine Jugendfreizeitstätte, eine freiwillige Feuerwehr und eine Kirche im Quartier.

Derzeit werden von insgesamt 193 Primärheizungen 63 % mit Erdgas und 3 % mit Flüssiggas betrieben. Weitere 30 % nutzen Heizöl als Wärmequelle. Die restlichen 4 % entfallen auf alternative Primärheizungen wie Pelletheizungen. Dementsprechend haben Erdgas und Heizöl auch den größten Anteil an der Wärmeerzeugung, nämlich 58 % bzw. 32 %. Weitere 7 % der Wärme stammen aus der Bereitstellung durch Biomasse und die restlichen 3 % werden durch Flüssiggas bereitgestellt.

## **ZIELSETZUNG**

Ziel des Quartierskonzeptes ist es, den Weg für eine 100 % erneuerbare Energieversorgung in Seedorf zu ebnen. Durch die Erstellung eines Quartierskonzeptes wird die Gemeinde Seedorf in die Lage versetzt, auf lokaler Ebene aktiv gegen die Klimakrise und die globale Erwärmung vorzugehen. Ziel ist es, die energetische Versorgung des Quartiers auf Basis erneuerbarer Energien zu prüfen und gleichzeitig den Energiebedarf im Bestand zu optimieren und damit zu senken.

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

In diesem Sinne werden die Bürger\_innen, Unternehmen und gewerbliche Einrichtungen sowie die öffentliche Verwaltung in eine gesamträumliche Betrachtung einbezogen, um eine bedarfsorientierte, effiziente und nachhaltige Möglichkeit zur Umsetzung der Klimaschutzziele der Gemeinde abzubilden.

Ein Schwerpunkt liegt auf der Gebäudesanierung der Wohngebäude, da die vorhandene Baustruktur ein hohes Potenzial zur Energieeinsparung birgt. Mit Blick auf das Ziel der Bundesregierung einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erreichen, muss in Seedorf der Startschuss für die Sanierung gegeben werden, um eine realistische Chance auf die gesetzten Ziele zu haben.

Darüber hinaus wird eine wirtschaftliche Bewertung und Gegenüberstellung von Maßnahmen und Fördermöglichkeiten aus den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energieversorgung erarbeitet. Die Ergebnisse dienen zur Priorisierung konkreter energetischer Sanierungsmaßnahmen für die jeweiligen Nutzungsarten und deren Versorgung.

## 2.2 BESTANDSAUFNAHME DER GEMEINDE SEEDORF

Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurde eine umfassende Bestandsaufnahme durchgeführt. Dies dient dazu, die gegenwärtige Situation in verschiedenen relevanten Bereichen zu erfassen und zu bewerten. Teile der Bestandsaufnahme waren die Analyse der Siedlungsstruktur (siehe Abschnitt 2.3), Erfassung von ortsbildprägender Architektur, die Verkehrssituation bzw. das Mobilitätsverhalten, örtliche und überörtliche Schutzgebiete sowie die Analyse von ortsbildprägenden Freiräumen und der Wasserwirtschaft.

### 2.2.1 ANALYSE DER SIEDLUNGSSTRUKTUR

Seedorf ist ein typisches Dorf, welches durch die Kolonisation im Mittelalter entstand. Im Zehntregister des Bischofs Isfried wird das Seedorfer Kirchspiel erstmals 1194 erwähnt (Amt Lauenburgische Seen, 2024).

Die Preußische Landesaufnahme (Chronologen) der Jahre 1878-1880 (Abbildung 2-2) zeigt eine größtenteils zusammenhängende Besiedelung entlang der heutigen Dorfstraße entlang des Seeufers. Die Grundstücke reichen teilweise bis an das Seeufer ran.



Abbildung 2-2: Chronologen 1878-1880 (DA Nord, 2024)

Die Preußische Landesaufnahme (Chronologen) der Jahre 1932-1950 (Abbildung 2-3) zeigt eine ähnliche Bebauung wie in den Jahren 1878-1880. Es ist eine Erweiterung der Bebauung entlang des Seeufers in Richtung Süden entlang des Priester-Sees zur Halbinsel Zuckerhut erkennbar.



Abbildung 2-3: Chronologen 1932-1950 (DA Nord, 2024)

Besonders erwähnenswert ist in Seedorf die aus dem 13. Jahrhundert stammende Kirche, die St. Clemens – St. Katharinen-Kirche (Abbildung 2-4). Die originalen Wandmalereien gehören zu den frühesten Konturenmalereien in Norddeutschland. Ein besonderer Blickfang ist auch das vor dem Seedorfer Werder liegende Schloss (Abbildung 2-5), das 1891-93 erbaut wurde (Amt Lauenburgische Seen, 2024).



Abbildung 2-4: St. Clemens - St. Katharinen-Kirche Seedorf (Google Earth)



Abbildung 2-5: Schloss Seedorf (Google Maps)

Außerdem gibt es eine alte Schmiede die etwa 1850 errichtet wurde und mittlerweile unter Denkmalschutz steht. Bis heute wird weitestgehend auf moderne Maschinen verzichtet und mit traditionellem Handwerk wie vor 100 Jahren am Feuer gearbeitet (Alte Schmiede Seedorf). Das alte Backsteingebäude steht an der Kreuzung Dorfstraße und Hauptstraße.

Aussagen über die kommunale Planung können dem Abschnitt 2.3 entnommen werden.

## 2.2.2 VERKEHRSSITUATION & MOBILITÄTVERHALTEN

In Seedorf und Umgebung gibt es eine Vielzahl von Bildungseinrichtungen, die für Familien mit Kindern von großer Bedeutung sind. Dazu gehören die Kindertagesstätte in Sterley, der Kindergarten in Zarrentin sowie die Grundschule in Sterley. Weiterführende Schulen sind der Schulcampus Fritz Reuter in Zarrentin, die Gemeinschaftsschule und die Realschule in Ratzeburg.

Das kirchliche Leben im Amt Lauenburgische Seen ist vielfältig. Die Ev.-Luth. Kirchengemeinde Seedorf mit der St. Clemens – St. Katharinen-Kirche ist ein zentraler Ort der Gemeinschaft. Weitere Kirchengemeinden befinden sich in Gr. Grönau, Mustin, Ratzeburg (Domkirchengemeinde und St. Georg auf dem Berge), Sterley, Ziethen sowie die römisch-katholischen Kirchen St. Anser in Ratzeburg und St. Vicelin in Lübeck.

Für die medizinische Versorgung stehen Ärzte in den nahegelegenen Orten Zarrentin (10 km südlich) und Sterley (5 km westlich) zur Verfügung.

Einkaufs- und Einkahrmöglichkeiten in Seedorf umfassen eine saisonale Himbeerplantage, eine Gaststätte an der Badestelle sowie den Gasthof am See. Weitere Einkaufsmöglichkeiten befinden sich in Zarrentin, etwa 10 km südlich von Seedorf.

### Bushaltestellen und Fahrrichtungen (HVV)

In Seedorf gibt es mehrere Bushaltestellen, die Verbindungen in verschiedene Richtungen bieten (Abbildung 2-6). Die Buslinien 8753, 8790 und 8793 bedienen die Haltestellen (von Westen nach Osten) Dargower Weg, Bergstraße, Badeanstalt und Am Zuckerhut.

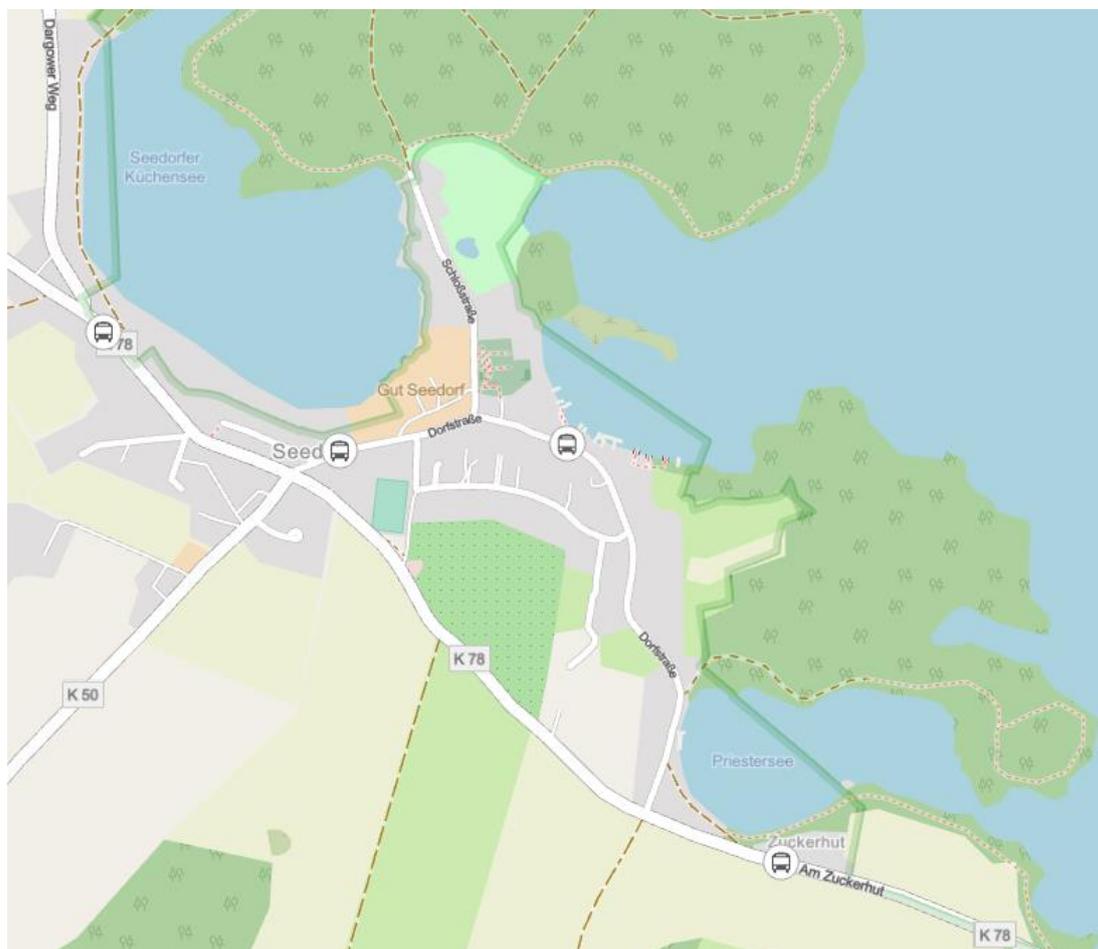


Abbildung 2-6: Lage der Bushaltestellen (Eigene Bearbeitung ArcGIS, Kartengrundlage: OpenStreetMap)

Die Buslinie 8753 verkehrt nur an Schultagen in Schleswig-Holstein und bietet Verbindungen zwischen Neu Sterley, Mölln und Sterleyer Heide. Bus 8790 fährt montags bis freitags alle 120 Minuten zwischen dem Bahnhof Ratzeburg und Zarrentin. Bus 8793 verkehrt ebenfalls nur an Schultagen und verbindet Sterley mit Ratzeburg. Der nächstgelegene Bahnhof liegt in Ratzeburg (17 km nordwestlich).

### Mobilität

Es gibt diverse Rad- und Wanderwege unterschiedlicher Länge in der näheren Umgebung von Seedorf. Diese verlaufen entweder entlang des Schaalsees in Richtung Norden und Süden oder im Westen in Richtung Mölln und Umgebung.

Es befindet sich keine Ladestation für Elektromobilität innerhalb der Gemeinde. Die nächstgelegenen sind im ca. 10 km südlich gelegenen Zarrentin.

### 2.2.3 ÜBERÖRTLICHE UND ÖRTLICHE SCHUTZGEBIETE

Die Schutzgebiete im Gemeindegebiet Seedorf sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

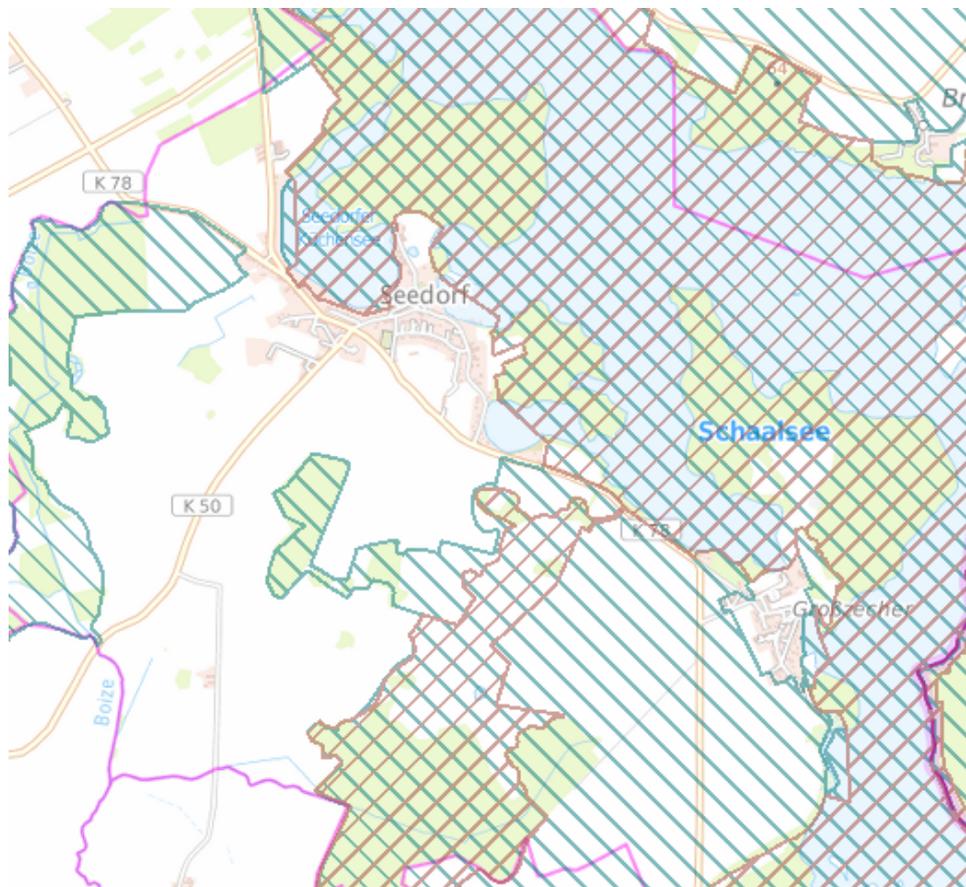


Abbildung 2-7: FFH-Gebiete (braun) und Vogelschutzgebiete (blau) (Bundesamt für Naturschutz, kein Datum)

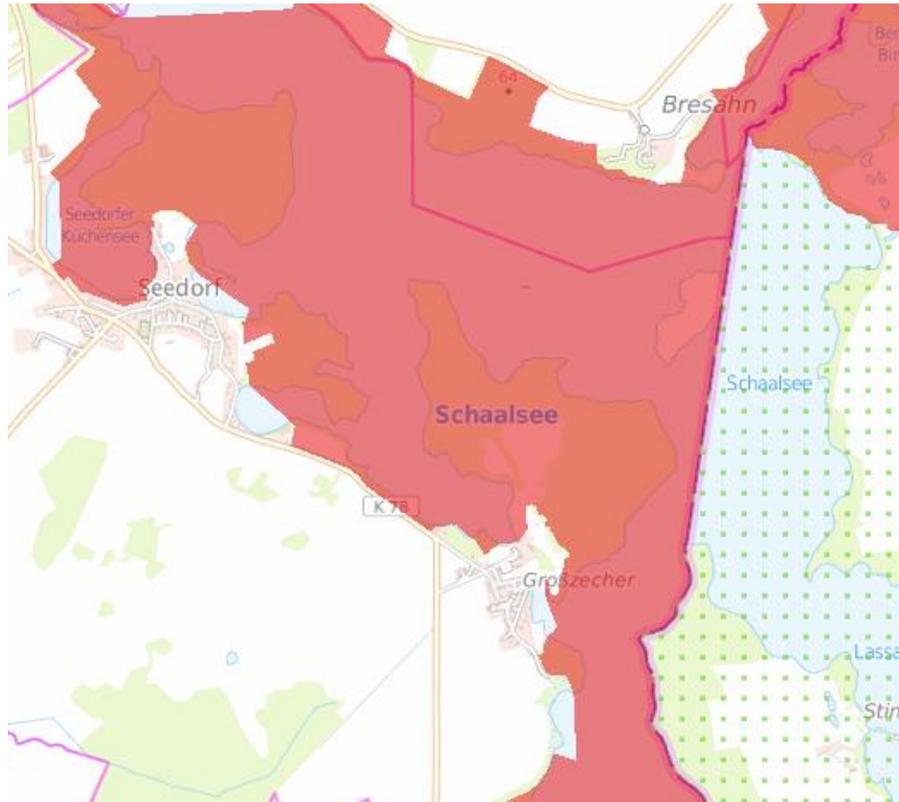


Abbildung 2-8: Naturschutzgebiet (rot) und Landschaftsschutzgebiet (grün gepunktet) (Bundesamt für Naturschutz, kein Datum)



Abbildung 2-9: Naturpark (grün) und Biosphärenreservat (gelb) (Bundesamt für Naturschutz, kein Datum)





Abbildung 2-11: Wald- und Gehölzflächen (MEKUN SH, kein Datum)

Die Seeflächen unterscheiden sich im Mikroklima von den umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen, aber auch von der Siedlung oder den Wald- und Gehölzflächen. Offene Wasserflächen reagieren anders auf Temperaturschwankungen als mit Vegetation bedeckte Bereiche oder offene Böden. Im Bereich der Seen kann es somit bspw. zu erhöhter Nebelbildung kommen. Des Weiteren können die Temperaturen entlang des Sees im Sommer geringer sein als in anderen Siedlungsbereichen, da der See länger braucht, um sich zu erwärmen. Der umgekehrte Effekt kann im Herbst/Winter auftreten, da der See dann länger braucht, um sich abzukühlen.

## 2.2.4 ORTSBILDPRÄGENDE FREIRÄUME

### Öffentliche Grünflächen

Östlich der Schlossstraße und Nördlich angrenzend an die St.-Clemens-St.-Katharinen-Kirche liegt der Friedhof der Gemeinde Seedorf. Er ist gekennzeichnet durch einen hohen Wasserbedarf im Sommer. Das Gelände ist leicht hügelig und weist zum Teil einen alten Baumbestand auf. Trotz der Lage auf der Landzunge zwischen dem Seedorfer Küchensee und dem Schaalsee ist der Friedhof eher ungeeignet, da dieser auf einer Anhöhe liegt, die ihren Hochpunkt an der Kirche hat. Der Sportplatz der Gemeinde Seedorf liegt mittig in der langgestreckten Ortslage südlich der Jugendfreizeitstätte. Dieser weist ebenfalls einen hohen Wasserbedarf im Sommer auf. Die Fläche ist nicht als Retentionsraum geeignet, da das Betreten und der Trainingsbetrieb ganzjährig stattfinden sollen.

## Dorfbild

Die Gemeinde hat einen hohen Baumbestand, der das Ortsbild prägt. Die Dorfstraße ist westlich der Feuerwehr als Kastanienallee ausgebildet. Auch in weiteren Teilen der Gemeinde sind entlang der Straße Alleen, Baumreihen oder Einzelbäume ausgebildet.

## Private Grünflächen

Neben den öffentlichen Grünflächen ist die Gemeinde Seedorf vor allem durch ihre privaten Grünflächen geprägt. Diese liegen in Form von Hausgärten oder private Grünflächen vor, die der Beweidung dienen. Nördlich der Dorfstraße am Seedorfer-Küchensee liegt das Gut Seedorf. Neben den Stallanlagen sind auch Grünflächen ausgebildet, die als Weidefläche oder zum Reiten genutzt werden. Des Weiteren befindet sich am Ortsrand eine ca. 8 ha große Himbeerplantage auf der neben Himbeeren auch Johannesbeeren, Brombeeren, Erdbeeren und Heidelbeeren angepflanzt werden.

### 2.2.5 WASSER

Seedorf liegt an drei Seen. Der westliche Teil des Dorfes verläuft entlang des Seedorfer Küchensees und der östliche Teil des Dorfes liegt am Schaalsee. Ein weiterer Teil der Gemeinde Seedorf liegt entlang der des Pristersees. Einzelne Dorfbereiche liegen auf der Landzunge zwischen den beiden Seen. Südlich angrenzend an das Seedorfer Schloss liegt ein kleiner Teich.

Südwestlich der Ortslage liegt ein kleines Waldstück. Von dort verläuft ein Graben (Gewässer Nr. 4) in Richtung Nordwesten bis zum Grundstück der Gartenstraße 14. Ab dort fließt das Gewässer unterirdisch verrohrt die Gartenstraße bis zur Hauptstraße lang. Ab der Kreuzung geht es weiter unterirdisch Richtung Küchensee und wird ab dem Grundstück Am Küchensee 16 wieder zu einem Graben der kurz darauf in den Küchensee mündet. Das Gewässer wird vom Wasser- und Bodenverband GuV Hellbach-Boize betreut.

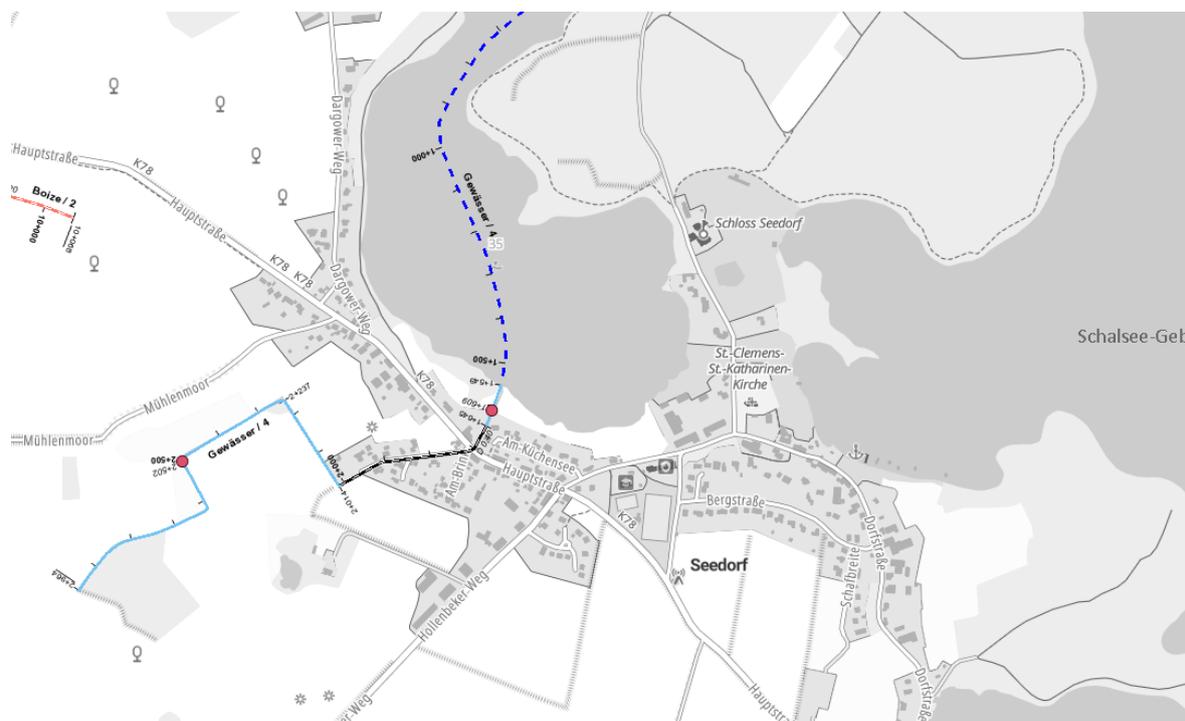


Abbildung 2-12: Lage des Gewässers 4 sowie der Seen in der Gemeinde Seedorf (Ministerium für Energiewende, 2024)

In der Gemeinde Seedorf fallen um die 880-900 mm Jahresniederschlag.

## Lage von Retentionsflächen

- Entlang des Gewässers G4 liegen Ackerflächen sowie Maßnahmenflächen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft (FNP)
- An den Seeufern häufig noch Grünflächen, die für die Retention genutzt werden können
- Schlosspark

### 2.2.6 KLIMAAANPASSUNGSMÄßNAHMEN

Die Klimaanpassungsmaßnahmen zielen darauf ab, die Lebensqualität und Umweltbedingungen im Quartier zu verbessern. Ein zentrales Ziel ist der Schutz vor Überschwemmungen durch ein naturnahes und lokal ausgerichtetes Wassermanagement, welches sich auf die Bewältigung von Niederschlagswasser konzentriert. Darüber hinaus sollen Maßnahmen ergriffen werden, um Überhitzung zu verhindern und die Luftqualität zu sichern. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Erhalt und die Verbesserung der Artenvielfalt, um ein gesundes und vielfältiges Ökosystem zu fördern. Zudem wird großer Wert daraufgelegt, Naturerlebnisse und Naturerfahrungen für Kinder und Erwachsene zu ermöglichen und zu fördern. Allgemeine Maßnahmen sind z.B:

- Einrichtung entsiegelter, stark begrünter Straßen und Plätze
- Planung von Dach- und Fassadenbegrünter Gebäude
- Anlage von Frischluftkorridoren (offene baumfreie Flächen)
- Anlage von baumüberstandenen und somit schattigen Freiflächen
- Nutzung klimaangepasster (Baum-) Arten
- Nutzung vorhandener, lokaler bis regionaler Materialien
- Entwicklung „naturbasierte Lösungen“ für die Gestaltung des Freiraumes
- Erhalt von Bach- und Flussauen als Grün- und Retentionsraum
- Entwicklung artenreicher Lebensräume

In Seedorf können die folgenden möglichen Maßnahmen umgesetzt werden:

- Erhalt und Pflege der straßenbegleitenden Bäume
- Einplanung von Gehölzen mit ausreichend großen Baumscheiben bei der Neuanlage von Baugebieten
- Bei künftigen Planungen Berücksichtigung von Gehölzen, die mit Wetterextremen wie z. B. mit zunehmender Trockenheit, Starkregenereignissen, Hitzewellen, Wind etc. zurechtkommen (Beispiele: Ulmen, Purpur-Erle, Lederhülsenbäume, Feldahorn)
- Entsiegelung von Flächen
- Extensivierung von Flächen
- Begrünung der Unterstände der Bushaltestellen
- Nutzung lokalen Materials (Ziegel und Holz)
- Anlage von artenreichen Beständen (selten gemähte Wiesen statt kurz gemähter Rasenflächen, blühende Hecken anstatt immergrüner, fremdländischer Gehölze)
- Öffnung verrohrter Grabenabschnitte einschließlich einer naturnahen Ausformung des Gewässers

## 2.3 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Für diesen Abschnitt werden normalerweise städtebauliche und wohnwirtschaftliche Konzepte wie Landschaftspläne, Flächennutzungspläne, Bebauungspläne sowie Ortsentwicklungskonzepte herangezogen und analysiert. Für das betrachtete Quartier stehen jedoch lediglich der Flächennutzungsplan und einige Bebauungspläne zur Verfügung. Ein Ortsentwicklungskonzept existiert für Seedorf nicht.

### 2.3.1 FLÄCHENNUTZUNGSPLAN

Der Flächennutzungsplan (FNP) der Gemeinde Seedorf (2004) wurde zwei Mal geändert. Innerhalb des Quartiers liegen folgende Änderungen: 1. Änd. FNP (2014) im Bereich des See- und Angelhafens; 2. Änd. FNP (2017) im Bereich südlich der vorhandenen Bebauung an der Bergstraße sowie westlich der vorhandenen Bebauung Schafbreite und nördlich der Hauptstraße K 78.

Neben den Aussagen zur Nutzung der Flächen gibt der Flächennutzungsplan als vorbereitende Bauleitplanung auch Hinweise für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft sowie Flächen für Natur und Klimaschutz, wie z.B.: „Flächen für Wald“; „Röhricht/Grünfläche“; „gesetzlich geschützte Biotope“.

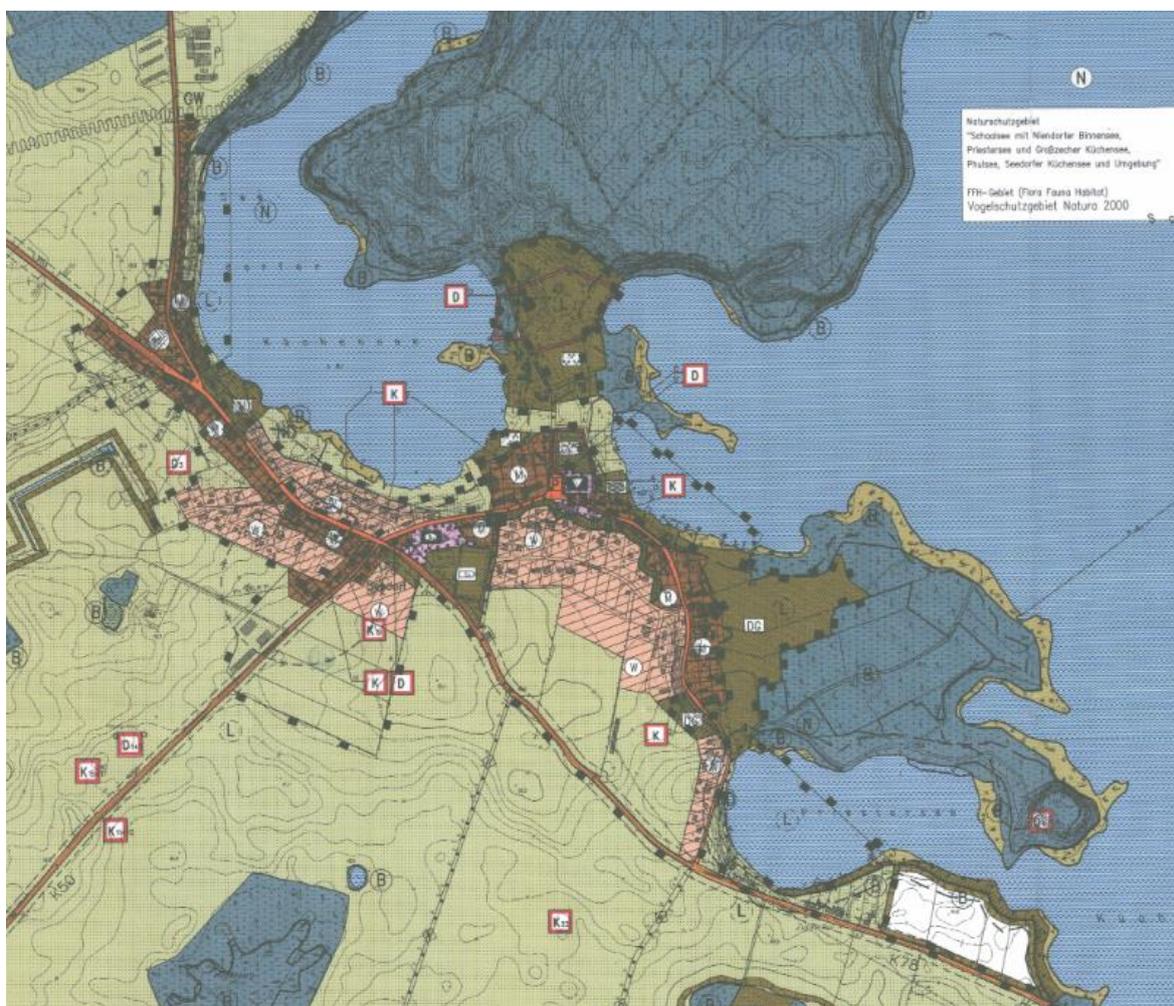


Abbildung 2-13: Flächennutzungsplan (FNP) der Gemeinde Seedorf, 2004

# .. TEIL -

## ZEICHENERKLÄRUNG

### DARSTELLUNGEN

	Umgrenzung des Gemeindegebietes
	Wohnbauflächen § 5(2)1 BauGB / § 1(1) BauNVO
	Gemischte Bauflächen § 5(2)1 BauGB / § 1(1)2 BauNVO
	Flächen für den Gemeindebedarf § 5(2)2 BauGB
	Kirchen und kirchlichen Zwecken dienende Gebäude und Einrichtungen
	Sozialen Zwecken dienende Gebäude und Einrichtungen
	Kulturellen Zwecken dienende Gebäude und Einrichtungen
	Feuerwehr
	Sonstige überörtliche und örtliche Hauptverkehrsstraßen § 5(2)3 BauGB
	Ruhender Verkehr
	Überörtliche Wege und örtliche Hauptwege § 5(2)3 BauGB W = Wanderweg, F = Wanderpfad, R = Radweg, Re = Reitwege
	Flächen für Versorgungsanlagen, für Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung
	Abwasser
	Hauptversorgungsleitungen – oberirdisch – § 5(2)4 BauGB
	Röhricht/Grünfläche § 5(2)5 BauGB
	Grünfläche § 5(2)5 BauGB
	Parkanlage
	Compingsplatz
	Friedhof
	Sportplatz
	Badeplatz, Freibad
	Dauergrünland
	Naturnahe Grünfläche
	Wasserflächen § 5(2)7 BauGB
	Flächen für die Landwirtschaft § 5(2)9a BauGB

	Sondergebiete, die der Erholung dienen hier: Wochenendausgangsgebiete § 10 BauNVO
	Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft § 5(2)10 BauGB
	Flächen für Wald § 5(2)9b BauGB

### KENNZEICHNUNGEN

	Umgrenzung der für bauliche Nutzungen vorgesehenen Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind § 5(3)3 BauGB

### NACHRICHTLICHE ÜBERNAHMEN UND VERMERKE GEMASS § 5(4) BauGB

	Umgrenzung von Schutzgebieten und Schutzobjekten
	Naturschutzgebiet § 17 UNatSchG
	Geplantes Landschaftsschutzgebiet § 18 UNatSchG
	Geplantes Naturdenkmal § 19 UNatSchG
	Naturdenkmal § 19 UNatSchG
	Gesetzlich geschützte Biotope § 15a UNatSchG
	Geschützter Landschaftsbestandteil – geplant – § 20 UNatSchG
	A-Y Kulturdenkmal mit Buchstaben (Baudenkmal) § 1 DSchG
	A+B Einzelanlagen, die dem Denkmalschutz unterliegen §§5+6 DSchG
	19 Kulturdenkmal mit Ziffer der Landesaufnahme (archäologisches Denkmal) § 1 DSchG
	3 Archäologisches Denkmal mit der Nummer des Denkmalsbuches § 5 DSchG
	Umgrenzung einer Gesamtanlage die dem Denkmalschutz unterliegt § 5 DSchG
	Ortsdurchfahrten
	Anbauverbotslinie §29(1) StrWG
	Gewässer- und Erhaltungsschutzstellen §11 UNatSchG
	Grundwasserschutzgebiet
	Eignungsflächen für Biotopverbund

Abbildung 2-14: Legende zum FNP

## 2.3.2 BEBAUUNGSPLÄNE

Innerhalb des Quartiers „Seedorf“ wurden die Bebauungspläne Nr. 4, Nr. 8, Nr. 9 und Nr. 10 aufgestellt.

- Der Bebauungsplan Nr. 4 für das Gebiet „Auf dem Berge“ (Bergstraße) aus dem Jahr 1977 legt fest, dass dieses Gebiet als reines und allgemeines Wohngebiet genutzt werden soll.
- Der Bebauungsplan Nr. 8 wird in Abbildung 2-15 dargestellt und weist ein allgemeines Wohngebiet südlich der Hauptstraße und östlich des Hollenbeker Weges aus. Für die Hauptgebäude sind Sattel-, Walm- und Krüppelwalmdächer mit einer Dachneigung von 35° bis 38° zulässig. In Teilgebieten 1,4, 5 und 6 sind ausnahmsweise auch geringere Dachneigungen zulässig, wenn eine Dachbegrünung durchgeführt wird. Die weitere festgesetzte bauliche Nutzung:
  - Straßenverkehrsfläche, Grünfläche, Wasserfläche, Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft

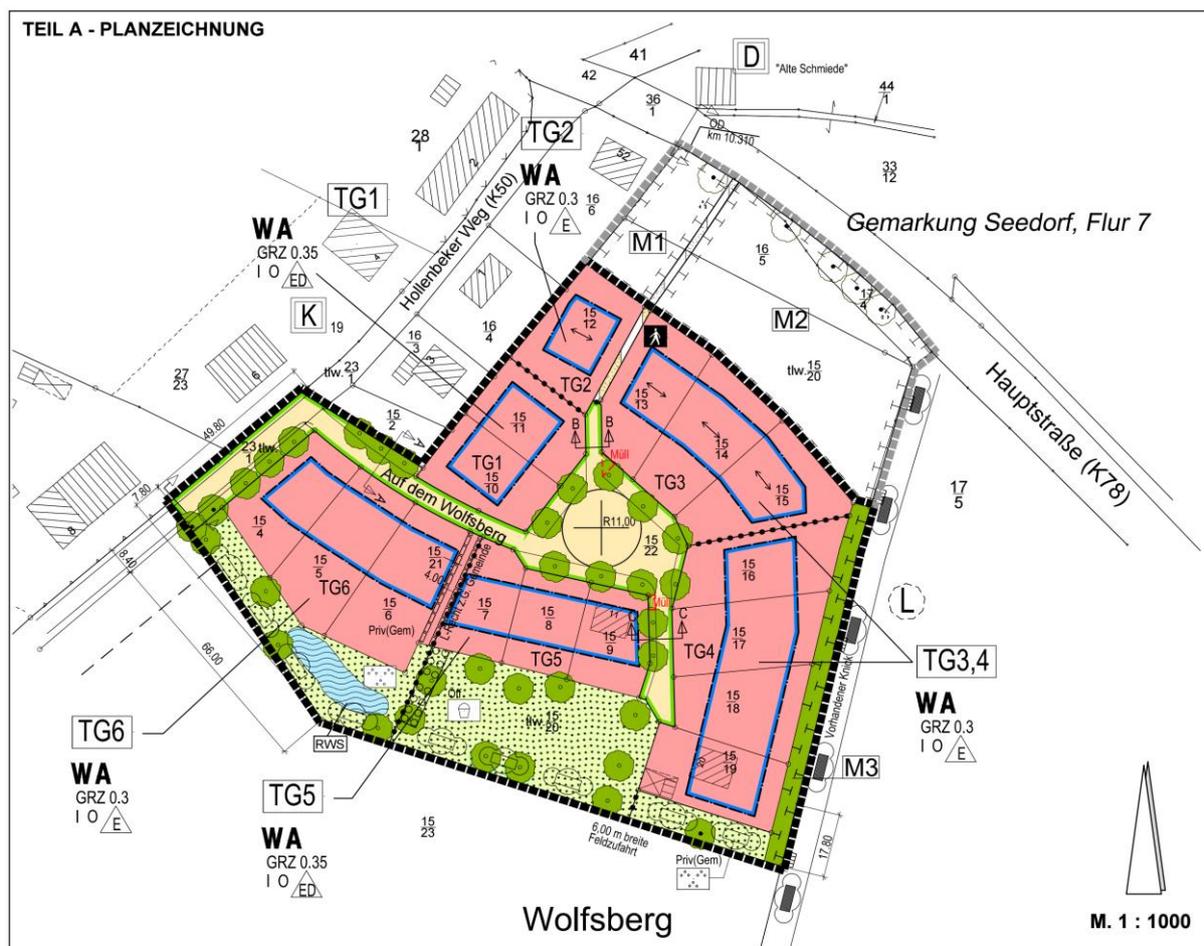


Abbildung 2-15: Bauungsplan Nr. 8 (DA Nord, 2024)

- Der Bauungsplan Nr. 9 „Teilbereich A Anglerhafen“ aus dem Jahr 2014 legt fest, dass die bauliche Nutzung dieses Bereichs einen Seglersteg, Wasserflächen sowie Flächen für Wald mit Umgrenzung von Schutzgebieten und Schutzobjekten im Sinne des Naturschutzrechtes umfasst.
- Der Bauungsplan Nr. 10 (2022) für das Gebiet südlich der Bebauung an der Bergstraße, westlich der vorhandenen Bebauung der Straße Schafbreite und nördlich der Hauptstraße K78 sieht die Nutzung als reines Wohngebiet vor. Weitere festgesetzte bauliche Nutzungen sind Straßenverkehrsflächen und Grünflächen.

## 2.4 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
- Neubewertung der Verbräuche nach Sanierung
- Formulierung von Maßnahmen
- Verfassen des Endberichtes und dessen Vorstellung

Neben den rein technischen und wirtschaftlichen Aspekten fließen auch weitere Faktoren, wie zum Beispiel Bevölkerungsentwicklung, Trends, Verhaltensmuster sowie Wünsche der Bürger\_innen, in die Analyse und Prognose für eine optimale Lösung 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.

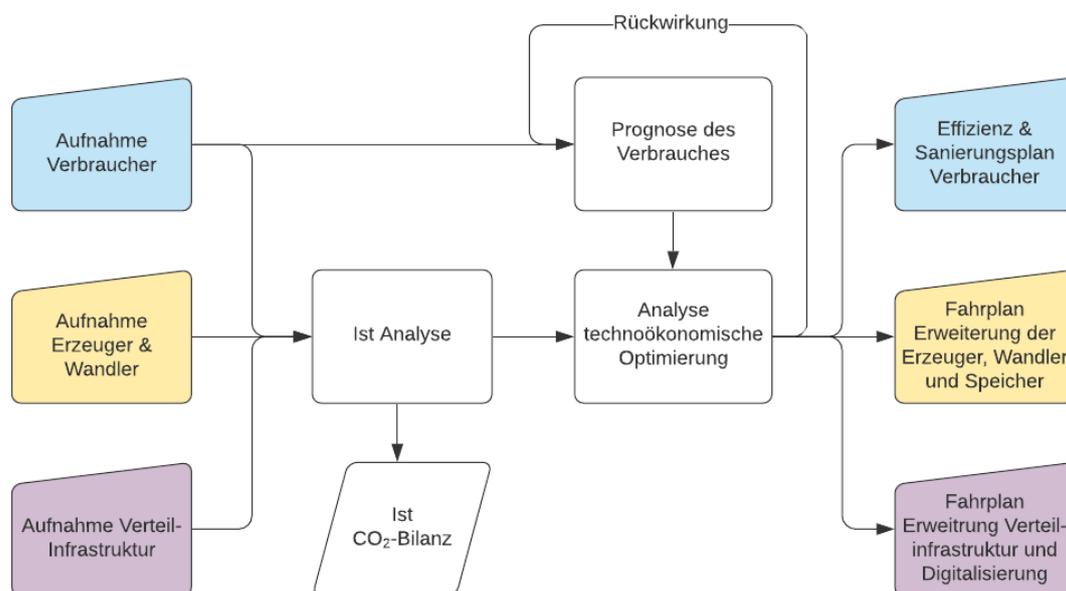


Abbildung 2-16: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, eigene Darstellung

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

## 2.5 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND BETEILIGUNGSPROZESS

Als Auftaktveranstaltung mit der Öffentlichkeit wurde am 08.11.2023 ein Informationsabend veranstaltet. Hier wurde den Bewohner\_innen das Quartierskonzept nähergebracht und allgemein über das Konzept informiert. Auch erste Ergebnisse der Studie wurden präsentiert. Das für die Teilnehmenden wichtigste Thema stellte ein mögliches Wärmenetz und die Frage nach einem konkreten Zeitplan für die Umsetzung, sowie Kosten für einen Anschluss an ein solches Netz dar. Das Planungsteam, ebenso wie die Vertreter\_innen der Gemeinde mussten an dieser Stelle etwas bremsen und für eine realistische Erwartungshaltung werben. Insgesamt war das Feedback dieser Veranstaltung positiv, mit einem Hinweis auf einen teilweise zu hohen Detaillierungsgrad für die Auftaktveranstaltung.

Eine weitere öffentliche Veranstaltung fand am 26.06.2024 in Form eines Workshops statt. Hier konnten die Anwohner\_innen ihre Fragen, Anregungen und Bedenken zum Konzept und allen die Thematik betreffenden Bereichen einbringen. Es fand ein direkter Austausch zwischen dem Planungsteam, der Lenkungsgruppe und den Anwohner\_innen statt. Dazu wurden alle Anwesenden in

vier Gruppen aufgeteilt, die sich auf vier Informationsstände verteilten. Es konnte in den Austausch zu den Themen „Heizungsaustausch & energetische Gebäudesanierung“, „Fördermöglichkeiten“, „Wärmeversorgung“ und „Rund um die Studie“ gegangen werden. Durch die Rotation der Gruppen im Uhrzeigersinn, erhielt jede Person Input von jedem Stand und bekam die Möglichkeit, Fragen zu jedem Thema zu stellen. Die folgende Abbildung zeigt eine Aufnahme des Workshops.



Abbildung 2-17: Workshop vom 26.06.2024

Die Abschlussveranstaltung für das Quartiers hat zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts noch nicht stattgefunden. Die Vorstellung der Ergebnisse wird durch das Planungsbüro am 05.11.2024 um 18 Uhr stattfinden. Hierzu wird die Gemeindevertretung ebenso wie die Öffentlichkeit geladen.

### Umfrage

Während der Erstellung des Quartierskonzepts fand eine Umfrage statt. Ziel war die Erfassung des energetischen Ist-Zustandes. Ein wichtiger Kernpunkt war die Meinungsabfrage und das Interesse an einem Fernwärmenetz in Seedorf. Außerdem sollten Gebäudedaten, sowie Varianten der Heizungssysteme und Wärmeverbrauch abgefragt werden. Die Umfrage erfolgte im gesamten Quartier und wurde über Flyer durchgeführt, die an die Bewohner ausgeteilt wurden. Der Rücklauf ergab eine Beteiligung von ca. 35 %.

### Landingpage

Auf einer eigens für Seedorf eingerichteten Landingpage konnten sich die Bewohnenden des Quartiers über das Konzept informieren. Die Nutzenden hatten dabei die Möglichkeit, sich mithilfe des Downloadbereichs Präsentationen zu den Veranstaltungen des Quartierskonzept sowie den Fragebogen herunterzuladen.

Tabelle 2-1: Öffentlichkeitsveranstaltungen – Termine

	Veranstaltung	Datum
1.	Kick-Off	11.10.2023
2.	Informations-Abend	08.11.2023
3.	Workshop	26.06.2024
4.	Abschlussveranstaltung	05.11.2024

### 3 ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION IM QUARTIER

Im folgenden Kapitel wird die energetische Ausgangssituation des Quartiers dargestellt. Dazu wurden verschiedene Faktoren wie Gebäudebestand, vorhandene Heizsysteme sowie Endenergieverbrauch und Energieerzeugung herangezogen und eine Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz erstellt. Darüber hinaus wird die Vorgehensweise bei der Auswertung 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 werden vier Güteklassen (A – D) unterschieden. Die Güteklassen sind wiederum mit Gewichtungsfaktoren belegt, welche gemeinsam mit dem Anteil am Gesamtenergieverbrauch eine Beurteilung der Aussagekraft der erhobenen Daten zulassen. In Seedorf wurde auf Grundlage der Güteklasse A und B gearbeitet. Regionale Kenndaten sind unter anderem in die Validierung von Hochrechnungen eingeflossen. Zur Datenerhebung wurde auch mit einer Fragebogenaktion gearbeitet.

In Tabelle 3-1 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 3-1: Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren

Datenquelle	Datengüte	Gewichtungsfaktor
Regionale Primärdaten	A	1,00
Hochrechnung regionaler Primärdaten	B	0,50
Regionale Kennwerte und Statistiken	C	0,25

Tabelle 3-2 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 65 % und mehr stellt eine belastbare Bilanz dar.

Tabelle 3-2: Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach ifeu-Empfehlung (ifeu, 2014)

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

Die berechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch im Quartier Seedorf beträgt 67 %. Die Berechnung der Datenqualität kann in Tabelle 3-3 nachvollzogen werden. Aus Tabelle 3-2 und der Auswertung in Tabelle 3-3 geht hervor, dass die erstellte Energiebilanz belastbar ist. Der niedrige Wert ist auf die Energiemenge des Kraftstoffverbrauchs zurückzuführen, der einen signifikanten Anteil am Gesamtenergiebedarf des Quartiers hat, während die Erfassungsgenauigkeit in diesem Bereich nur eine eingeschränkte Datengüte aufweist. Da der zentrale Fokus jedoch auf den Sektoren Wärme und Strom liegt und diese eine belastbare Datenqualität aufweisen, kann dennoch ein aussagekräftiger Einblick in die Energieeffizienz und den Energieverbrauch im Quartier Seedorf gegeben werden. Die Energiebilanz weist somit trotz einer Datenqualität von 67 % eine ausreichende Verlässlichkeit für Analysen und Planungen von Optimierungsmaßnahmen auf.

Tabelle 3-3: Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs, eigene Darstellung nach (ifeu, 2014)

Daten	Quelle	Datengüte	Wertung Datengüte	Anteil am Endenergieverbrauch [%]	Datengüte anteilig (Wertung x Anteil) [%]
Stromverbrauch	Hochrechnung regionaler Primärdaten	B	0,5	8,88	4,44
Stromverbrauch zu Heizzwecken	Trave-Netz	A	1	0,86	0,86
Erdgasverbrauch	Trave-Netz	A	1	34,42	34,42
Heizölverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	20,01	10,00
Biomasseverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	4,61	2,30
Kraftstoff	KBA / Hochrechnung	B	0,5	31,22	15,61
<b>Gesamt</b>				<b>100,00</b>	<b>67,64</b>

### 3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDEBESTAND

Der Gebäudebestand ist durch eine für den ländlichen Raum Schleswig-Holsteins typische Bebauung geprägt. Eine Betrachtung des Gebäudebestandes nach Baualtersklassen (Tabelle 3-4) zeigt, dass Seedorf hinsichtlich des Gebäudealters ein Ortsteil mittleren Alters ist.

Tabelle 3-4: Gebäudebestand im Quartier Seedorf nach Baualtersklassen

	Bis 1950	1950-1970	1970-1990	1990-2015	>2015
Anzahl	51	38	67	56	4
Anteil [%]	23,61	17,59	31,02	25,93	1,85

Im Vergleich zum Gebäudebestand in Seedorf weist der statistische Gebäudebestand des Kreises Herzogtum-Lauenburg einen höheren Anteil älterer Baualtersklassen nach der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein auf.

Tabelle 3-5: Gebäudebestand im Kreis Herzogtum Lauenburg (Gebäudetypologie-SH, 2012)

	Bis 1950	1950-1970	1970-1990	1990-2015	>2015
Anteil [%]	24,42	27,55	26,32	21,70	k.A.

### 3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Seedorf befinden sich 205 Wohnhäuser. Dies entspricht ca. 95 % des beheizten Gebäudebestands. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Seedorf liegt mit 161 kWh/(m<sup>2</sup>a) über dem in der Studie *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklung und Trends in Deutschland 2021* des BMWi angegebenen deutschen Durchschnittswert von 129 kWh/(m<sup>2</sup>a) (siehe *Tabelle 3-6*). Die Differenz beträgt 32 kWh/(m<sup>2</sup>a) und damit ca. 25 %.

*Tabelle 3-6: Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert (BMWi, 2021)*

Datenquelle	Verbrauch [kWh/m <sup>2</sup> a]
Mittlerer spezifische Wärmebedarf private Haushalte in DE	129
Durchschnittswert Seedorf	161

### 3.2.2 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Im Quartier Seedorf befinden sich mehrere öffentliche Gebäude wie die Kirche und das Feuerwehrhaus. Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurde in Abstimmung mit der Lenkungsgruppe keines dieser Gebäude hinsichtlich seines Sanierungszustandes näher betrachtet.

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

In Seedorf befinden sich einige gewerbliche Liegenschaften wie beispielsweise Ferienwohnungen und ein Restaurant. Eine genauere Betrachtung der Gebäude, die diesem Sektor zuzuordnen sind, wurde im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt.

## 3.3 BESTANDSAUFNAHME: HEIZUNGSBESTAND

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts wurden 90 % der Gebäude in Quartier primär auf Basis der fossilen Energieträger Öl und Gas beheizt. Aus den Schornstiefegerdaten und den Angaben der Trave-Netz zur Anzahl der strombetriebenen Primärheizungen ergeben sich die in *Tabelle 3-7* dargestellten Werte für die Anzahl der Feuerungsanlagen der primären Heizungsarten. Es zeigt sich, dass 127 der Primärheizungen im Ortsteil Seedorf mit Gas und 59 mit Öl betrieben werden. Strom- und Holzfeuerstätten haben mit 6 % bzw. 4 % nur einen geringen Anteil an der zahlenmäßigen Verteilung. Differenzen zwischen der Anzahl der Heizungsanlagen und der Anzahl der Adressen ergeben sich durch die Versorgung mehrerer Adressen über eine gemeinsame Heizungsanlage.

*Tabelle 3-7: Heizungsbestand Quartier Seedorf*

Heizungsart	Anlagenanzahl	Prozentualer Anteil Primärheizungen [%]
Öl	59	29
Gas	127	61
Holz	7	4
Strom	13	6
<b>Gesamt</b>	<b>206</b>	<b>100</b>

### 3.4 BESTANDSAUFNAHME: ENDEENERGIEBEDARF

Grundlage für die Simulation und Optimierung des Quartiers als einheitliches Energiekonzept sind die ermittelten Daten aus der Bestandsaufnahme für die Wohngebäude, die öffentlichen Liegenschaften sowie für den Sektor GHD. Im folgenden Kapitel wird die Generierung der Wärme- und Stromlastgänge des Quartiers Seedorf sowie die Ermittlung des Endenergiebedarfs des Mobilitätssektors erläutert.

#### 3.4.1 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 Wohngebäude, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie öffentliche Gebäude zusammen und beträgt in Summe ca. 7.059 MWh/a.

Tabelle 3-8: Wärmebedarf nach Liegenschaften

Liegenschaft	Anzahl	Nutzwärmebedarf [MWh/a]	Lastprofil
Wohngebäude	370	6.283	EFH/MFH
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	10	707	GHD
Öffentliche Gebäude	3	69	GKO
<b>Summe</b>	<b>383</b>	<b>7.059</b>	

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

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

Die Zuordnung der Lastprofile zu den entsprechenden Liegenschaften erfolgt auf Grundlage einer Empfehlung des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW, 2006) und ist zusammen mit der dazugehörigen Wärmemenge in Tabelle 3-8 aufgeführt. Es ergibt sich der in Abbildung 3-1 dargestellte Wärmelastgang für das Quartier. Das Quartierslastprofil Wärme stellt den Status Quo dar und beinhaltet keine Wärmeverluste einer möglichen Nahwärmeversorgung. Abbildung 3-1 zeigt darüber hinaus, dass das Quartier eine Spitzenlast im Winter von ca. 2.552 kW hat.

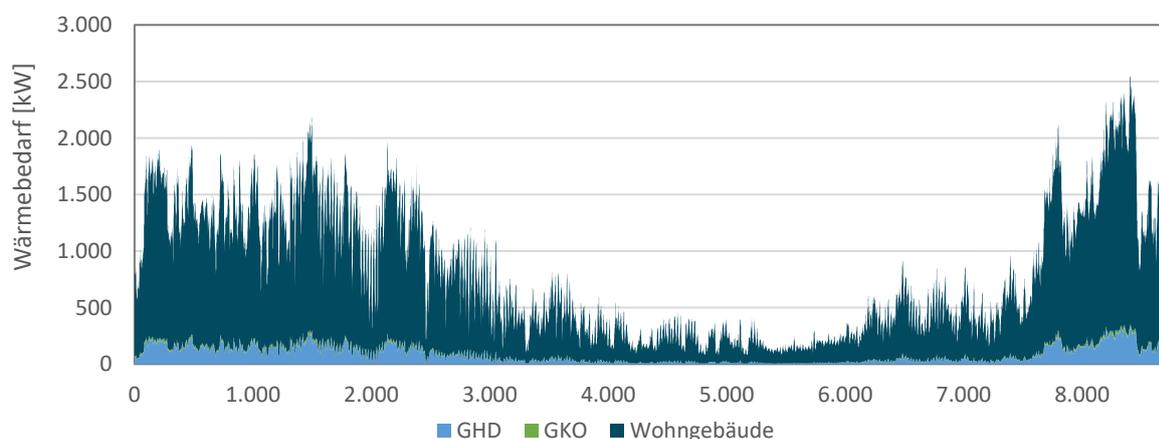


Abbildung 3-1: Wärmelastgang Quartier Seedorf

### 3.4.2 STROM

Analog zum Quartierslastprofil Wärme wird das Stromlastprofil aus der ermittelten Strommenge und den Standardlastprofilen Strom der VDEW ( VDEW, 1999) erstellt. Der Strombedarf in Seedorf wurde mit ca. 1.122 MWh/a aus Hochrechnungen ermittelt, da Daten zum Stromverbrauch aus Datenschutzgründen nicht zugänglich sind. Es wurde eine Aufteilung des Strombedarfs in die Kategorien „Wohngebäude“ und Strombedarf für Heizzwecke (mit Brauchwasserbereitung) vorgenommen. Der berechnete Stromlastgang ist in dargestellt.

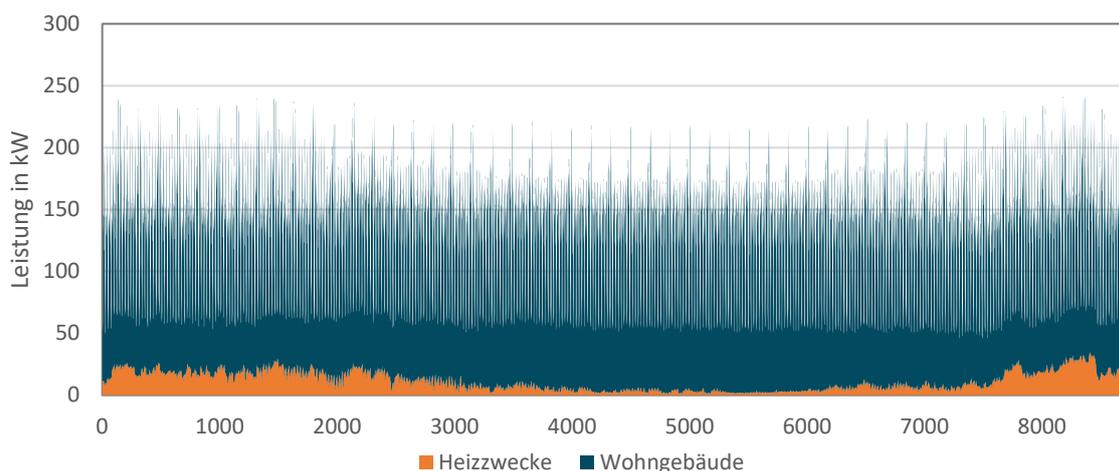


Abbildung 3-2: Stromlastgang Seedorf

### 3.4.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gibt es zum 01. Januar 2024 373 zugelassene Personenkraftwagen in der Gemeinde Seedorf. Darüber hinaus werden 41 Krafträder und 46 Lastkraftwagen gelistet. In der Land- und Forstwirtschaft werden zusätzlich 52 Zugmaschinen aufgeführt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024).

Bei den PKW handelt es sich fast ausschließlich um Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Für den Landkreis Herzogtum Lauenburg wird vom KBA angegeben, dass der Anteil der rein batterieelektrischen Fahrzeuge bei 2,8 % liegt – bei Hybridfahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybrid) sind es 4,3 % (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Um die entsprechende Anzahl für den Ortsteil Seedorf zu ermitteln, wurde die Fahrzeugverteilung anhand der Anzahl der Wohngebäude in der Gemeinde und innerhalb der Quartiersgrenzen skaliert. Laut Statistischen Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein ist die Anzahl der Wohngebäude in dem Gemeindegebiet 270 (Statistikamt Nord, 2024), während innerhalb der Quartiersgrenzen 216 liegen. Aus diesem Verhältnis ergibt sich folgende Fahrzeugverteilung für die Anzahl von Personenkraftwagen:

Tabelle 3-9: Personenkraftwagen der Gemeinde und des Ortskerns Seedorf nach Brennstofftyp

Fahrzeugtyp	Anteil [%]	Gemeinde	Ortskern
Benzin	60,5	226	181
Diesel	31,7	118	94
Hybrid	4,3	16	13
Elektrisch	2,8	10	8
Sonstige (u.a. Gas)	0,8	3	2
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>373</b>	<b>298</b>

Der spezifische Energieverbrauch für Benzinfahrzeuge liegt bei ca. 7,7 Liter pro 100 Kilometer, für Dieselfahrzeuge bei ca. 7,0 Liter pro 100 Kilometer (Statista, 2022). Bei Hybridfahrzeugen liegt der Verbrauch bei ca. 4 Liter und 16 kWh pro 100 Kilometer und bei Elektrofahrzeugen bei ca. 18 kWh pro 100 Kilometer. Es wird angenommen, dass Hybridfahrzeuge ca. 50 % ihrer Fahrleistung elektrisch erbringen. Zudem ist die Diskrepanz zwischen offiziellen Angaben und realen Erfahrungswerten bei Plug-in-Hybridfahrzeugen deutlich größer als bei Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor, weshalb ein durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch von 4 Litern angenommen wurde (ISI, 2022). Fahrzeuge, die in die Kategorie „Sonstige“ fallen, werden beispielsweise mit Erdgas betrieben. Am weitesten verbreitet ist das so genannte CNG (Compressed Natural Gas). Im Durchschnitt verbrauchen CNG-betriebene Pkw ca. 4,3 kg Gas pro 100 km, was einem Energieverbrauch von ca. 56 kWh entspricht. Eine übersichtliche Darstellung der spezifischen Verbräuche, die der Berechnung zugrunde liegen, zeigt Tabelle 3-10. Für die spätere Berechnung des Energieverbrauchs wurden die Angaben für Benzin und Diesel mit entsprechenden Heizwerten in kWh umgerechnet. Für Benzin wurde ein Heizwert von 9,02 kWh/l und für Diesel von 9,96 kWh/l verwendet (BAFA, 2021).

Tabelle 3-10: Spezifische Energieverbräuche von Personenkraftwagen nach Brennstofftyp

Fahrzeugtyp	Verbrauch [l/100km]	Verbrauch [kWh/100km]	Kombiniert [kWh/100km]
Benzin	7,7	-	69,5
Diesel	7,0	-	69,7
Hybrid	4,0	16	52,1
Elektrisch	-	18	18,0
Sonstige (u.a. Gas)	-	56	56,0

Ausgehend von einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 14.310 km/a pro Fahrzeug (vgl. Abschnitt 4.6.1), der Anzahl der Fahrzeuge im Ortskern aus Tabelle 3-9 und den durchschnittlichen Verbräuchen pro 100 km aus Tabelle 3-10 ergeben sich für Seedorf die in Tabelle 3-11 dargestellte jährliche Gesamtfahrleistung und der daraus resultierende Energiebedarf des Sektors Mobilität. Insgesamt entfällt auf den Betrieb von Personenkraftfahrzeugen im Ortskern ein Energiebedarf von 2.870 MWh/a.

Tabelle 3-11: Jährliche Gesamtfahrleistung und jährlicher Energieverbrauch im Ortskern

Fahrzeugtyp	Laufleistung [km/a]	Verbrauch kombiniert [MWh/a]
Benzin	2.590.110	1.799
Diesel	1.345.140	938
Hybrid	186.030	97
Elektrisch	114.480	21
Sonstige (u.a. Gas)	28.620	16
<b>Gesamt</b>	<b>4.264.380</b>	<b>2.870</b>

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

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des Quartiers lässt sich in drei zentrale Bereiche unterteilen: Wärme, Strom und Mobilität. Den größten Anteil am Energieverbrauch nimmt der Wärmesektor ein, der mit 6.901 MWh/a rund 59,90 % des gesamten Endenergiebedarfs des Quartiers ausmacht. Dieser Sektor beansprucht zudem einen Primärenergiebedarf von 7.004 MWh/a, was 52,15 % des Gesamtbedarfs entspricht. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Wärmesektor belaufen sich auf 1.677 tCO<sub>2</sub>/a und tragen somit 52,40 % zu den gesamten Emissionen bei.

Der Stromsektor weist mit 1.023 MWh/a einen deutlich geringeren Endenergieverbrauch auf und macht 8,88 % des Gesamtenergiebedarfs aus. Beim Primärenergiebedarf liegt er bei 1.841 MWh/a, was einem Anteil von 13,71 % entspricht. Der Stromsektor trägt mit 573 tCO<sub>2</sub>/a rund 17,90 % zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Quartiers bei.

Die Mobilität stellt den zweitgrößten Energieverbraucher dar, mit einem Endenergiebedarf von 3.597 MWh/a, was 31,22 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmacht. Der Primärenergiebedarf dieses Sektors liegt bei 4.586 MWh/a, was einen Anteil von 34,14 % des gesamten Primärenergiebedarfs bedeutet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Mobilität belaufen sich auf 951 tCO<sub>2</sub>/a, was einem Anteil von 29,70 % der Gesamtemissionen entspricht.

Insgesamt betrachtet hat das Quartier einen Endenergiebedarf von 11.521 MWh/a. Der Primärenergiebedarf beträgt 13.431 MWh/a, während die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei 3.201 tCO<sub>2</sub>/a liegen. Eine detailliertere Darstellung dieser Ergebnisse findet sich in Tabelle 3-12 und den darunter stehenden Abbildungen.

Tabelle 3-12: Gesamtendenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Sektor	Endenergiebilanz		Primärenergie		CO <sub>2</sub> -Bilanz	
	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]	[%]	[t/a]	[%]
Wärme	6.901	59,90	7.004	52,15	1.677	52,40
Strom	1.023	8,88	1.841	13,71	573	17,90
Mobilität	3.597	31,22	4.586	34,14	951	29,70
<b>Gesamt</b>	<b>11.521</b>	<b>100,00</b>	<b>13.431</b>	<b>100,00</b>	<b>3.201</b>	<b>100,00</b>

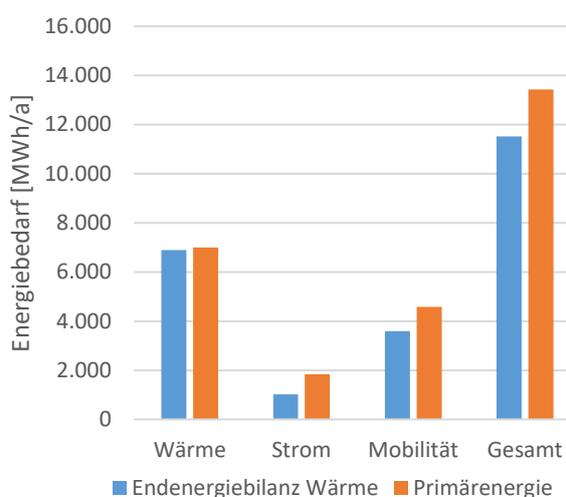


Abbildung 3-3: Gesamtendenergiebedarf

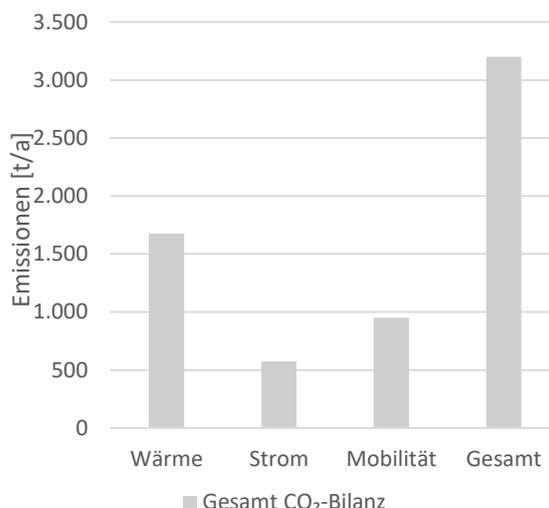


Abbildung 3-4: CO<sub>2</sub>-Bilanz

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

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärme wurde mit Hilfe folgender Daten erstellt:

- Bezugsdaten der Trave-Netz
- Ergebnissen der Umfrage
- Schornsteinfegerdaten
- Regionale Kennwerte
- Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten)

Durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), die vom Kreis Herzogtum Lauenburg zur Verfügung gestellt wurden, wurde die Bilanz ergänzt. Diese Daten geben Auskunft über die Grundfläche der Gebäude und deren Höhe. In der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein finden sich Angaben zu typischen Wärmeverbräuchen pro Quadratmeter und Jahr für die verschiedenen Baualterklassen der Gebäude. Auf dieser Basis konnten Berechnungen für einzelne Gebäude durchgeführt werden. Zur weiteren Detaillierung wurde eine Quartiersbefragung per Postwurfsendung durchgeführt. Die Rücklaufquote von ca. 20 % konnte zur weiteren Datenschärfung beitragen.

Tabelle 3-5 zeigt den Wärmetlas des Quartiers Seedorfs. Hier wird der jährliche Wärmebedarf aller beheizten Gebäude des Quartiers, unterteilt in verschiedene absolute Bedarfsmengen, aufgezeigt. Dabei sind Gebäude, die einen geringen Bedarf von weniger als 15 MWh pro Jahr aufweisen, gelb markiert. Mit steigendem Bedarf entwickelt sich die Farbe über Orange zu Rot, mit einem maximalen Wärmebedarf von 65 - 500 MWh pro Jahr. Da hier absolute Zahlen dargestellt sind, lässt sich anhand dieser Abbildung keine Aussage über die Effizienz der Gebäude tätigen.

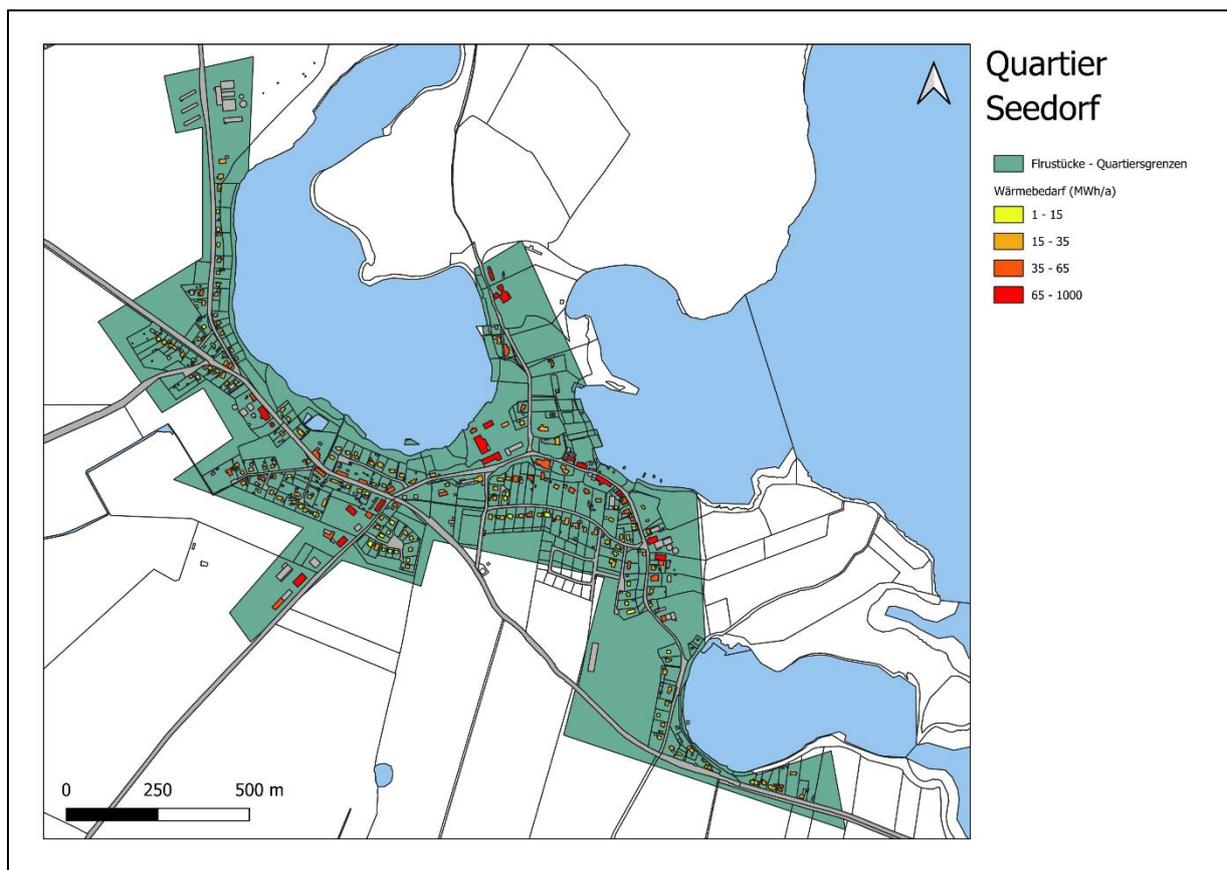


Abbildung 3-5: Wärmearbeitsatlas Quartier Seedorf

### VERWENDETE PRIMÄRENERGIE- UND EMISSIONSFAKTOREN

Die Faktoren, die für die Berechnung der Primärenergie und der Emissionen verwendet werden, sind in Tabelle 3-13 dargestellt. Der Primärenergiefaktor beschreibt das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu gegebener Endenergie. Die Primärenergie ist der rechnerisch nutzbare Energieinhalt der Energieträger, wie sie in der Natur vorkommen. Die Endenergie ist die Energie, die nach Transport, Leitungs- und Umwandlungsverlusten vom Verbraucher genutzt wird. Der Primärenergiefaktor beinhaltet alle Faktoren der Primärenergieerzeugung mit den Vorketten der Gewinnung, Aufbereitung, Umwandlung, Transport und Verteilung der betrachteten Energieträger.

Tabelle 3-13: Verwendete CO<sub>2</sub>-Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg CO <sub>2</sub> /kWh]	Primärenergiefaktor
Heizöl	0,31	1,1
Erdgas	0,24	1,1
Biomasse	0,02	0,2
Strommix Deutschland	0,56	1,8

Die Endenergiebilanz zeigt, dass die Wärmeversorgung in Seedorf überwiegend durch Heizöl und Gas gedeckt wird. Heizöl trägt mit 3.895 MWh/a rund 46,13 % zur Wärmeversorgung bei, während Erdgas mit 3.915 MWh/a und einem Anteil von 46,37 % den größten Beitrag leistet. Holz spielt mit 501 MWh/a und 5,94 % eine geringere Rolle. Strom hingegen hat mit 132 MWh/a nur einen Anteil von 1,56 % am Endenergiebedarf. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wärmeerzeugung zeigt, dass Heizöl mit 1.207 tCO<sub>2</sub>/a rund 54,13 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht, während Erdgas mit 940 tCO<sub>2</sub>/a 42,12 % zur CO<sub>2</sub>-Bilanz

beiträgt. Holz verursacht aufgrund des geringen Emissionsfaktors nur 10 tCO<sub>2</sub>/a (0,45 %). Der Strom ist für 74 tCO<sub>2</sub>/a verantwortlich, was 3,30 % der Gesamtemissionen entspricht.

Tabelle 3-14: Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf Wärme [MWh/a]	Anteil [%]	CO <sub>2</sub> -Ausstoß Wärme [t CO <sub>2</sub> /a]	Anteil [%]	Primärenergie [MWh/a]	Anteil [%]
Öl	2.305	33,40	715	41,25	2.536	35,30
Gas	3.966	57,47	952	54,94	4.363	60,74
Holz	531	7,69	11	0,61	106	1,48
Strom	99	1,43	55	3,20	178	2,48
<b>Summe</b>	<b>6.901</b>	<b>100,00</b>	<b>1732</b>	<b>100,00</b>	<b>7.182</b>	<b>100,00</b>

Die Energiebilanz Wärme gliedert sich in die Verbrauchssektoren Wohngebäude, öffentliche Gebäude und Gewerbe. Tabelle 3-15 zeigt die Energiebilanz der Wärmeversorgung inklusive der durch Strom erzeugten Wärmemenge in absoluten Zahlen. Der größte Anteil des Wärmebedarfs im Quartier entfällt mit ca. 89 % auf Wohngebäude. Die gewerblichen Liegenschaften haben einen Anteil von ca. 10 % und die öffentlichen Gebäude haben einen Anteil von ca. 1 % am Wärmebedarf. Die Differenz zwischen dem in Tabelle 3-14 dargestellten Endenergiebedarf und dem in Energiebedarf aus Tabelle 3-15 ergibt sich aus der Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen.

Tabelle 3-15: Energiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchssektoren

Liegenschaft	Wärmebedarf [MWh/a]	Primärenergie [MWh/a]	CO <sub>2</sub> -Ausstoß Wärme [t/a]
Wohngebäude	6.283	6.393	1.542
Gewerbe	707	719	173
Öffentliche Gebäude	69	70	17
<b>Summe</b>	<b>7.059</b>	<b>7.182</b>	<b>1.732</b>

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

Die Bezugsdaten für Strom zu Heizzwecken wurden für das Quartier vom Netzbetreiber (Trave-Netz) zur Verfügung gestellt. Der allgemeine Stromverbrauch wurde über den durchschnittlichen Verbrauch pro Haushalt aus der Befragung hochgerechnet. Tabelle 3-16 zeigt die Endenergiebilanz der Stromversorgung in absoluten und relativen Werten, wobei der Anteil aufgrund des gleichen Primärenergie- und Emissionsfaktors identisch ist. Zusätzlich ist die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stromversorgung dargestellt.

Tabelle 3-16: Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stromversorgung

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf [MWh/a]	Primärenergiebedarf [MWh/a]	CO <sub>2</sub> - Ausstoß [t CO <sub>2</sub> /a]	Anteil [%]
Allgemeiner Stromverbrauch	1.023	1.841	573	91,19
Stromverbrauch zu Heizzwecken	99	178	55	8,81
<b>Summe</b>	<b>1.122</b>	<b>2.019</b>	<b>628</b>	<b>100,00</b>

In Tabelle 3-17 ist die regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet dargestellt. Diese setzt sich zusammen aus der energetischen Nutzung von Biomasse sowie Strom aus Photovoltaik. Laut Marktstammdatenregister befindet sich auf dem Gemeindegebiet von Seedorf eine Biogasanlage mit 150 kW elektrischer Leistung, sowie Photovoltaikanlagen mit einer kumulierten Bruttoleistung von 739 kW<sub>p</sub>. Anlagen zur Nutzung von Windenergie gibt es in Seedorf nicht.

Tabelle 3-17: Regenerative elektrische Erzeugungsleistung im Gemeindegebiet Seedorfs

Regenerativer Energieträger	Bruttoleistung [kW]	Nettoleistung [kW]
Biomasse	150	150
Solare Strahlungsenergie	589	527
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>739</b>	<b>677</b>

### 3.5.3 ENERGIE- UND CO<sub>2</sub>-BILANZ MOBILITÄT

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz Mobilität wurde auf Grundlage der in Abschnitt 3.4.3 beschriebenen Zusammenhänge und den in Tabelle 3-18 dargestellten Emissions- und Primärenergiefaktoren ermittelt. Die Primärenergie- und Emissionsfaktoren der hybriden Fahrzeuge sind als kombinierte Faktoren aus Benzin und Strom zu verstehen.

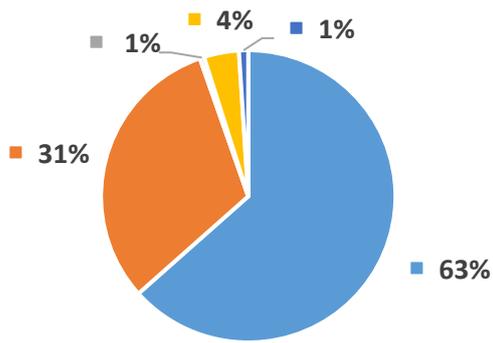
Tabelle 3-18: Verwendete Emissions- und Primärenergiefaktoren (BAFA, 2021), (Frischknecht, 2012)

Kraftstoff	Primärenergiefaktor [kWh/kWh]	Emissionsfaktor [tCO <sub>2</sub> /MWh]
Benzin	1,29	0,264
Diesel	1,22	0,266
Sonstige (u.a. Gas)	1,10	0,201
Hybrid	1,45	0,192
Elektrisch	1,80	0,560

Tabelle 3-19 zeigt den jährlichen Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Fahrzeugantriebe. Zusätzlich wird in den folgenden Abbildungen die relative Verteilung dargestellt. Es wird ersichtlich, dass benzinbetriebene Fahrzeuge sowohl beim Energiebedarf als auch bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen den größten Anteil haben, gefolgt von dieselbetriebenen Fahrzeugen. Elektro-, Gas- und Hybridfahrzeuge haben nur einen geringen Anteil.

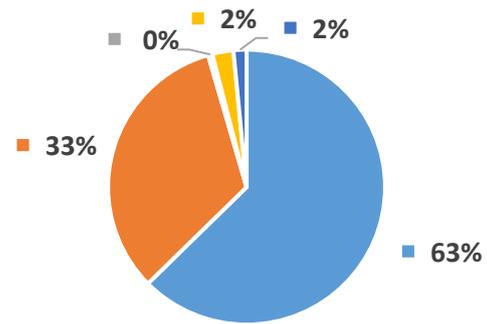
Tabelle 3-19: CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergieverbrauch des Mobilitätssektors im Quartier

Kraftstoff	Verbrauch [MWh/a]	Primärenergie [MWh/a]	Emissionen [t CO <sub>2</sub> /a]
Benzin	1.799	2.321	475
Diesel	938	1.144	249
Sonstige (u.a. Gas)	16	18	4
Hybrid	97	140	19
Elektrisch	21	37	12
<b>Gesamt</b>	<b>2.870</b>	<b>6.108</b>	<b>758</b>



- Benzin
- Diesel
- Sonstige (u.a. Gas)
- Hybrid
- Elektrisch

Abbildung 3-6: Primärenergiebedarf im Quartier



- Benzin
- Diesel
- Sonstige (u.a. Gas)
- Hybrid
- Elektrisch

Abbildung 3-7: Emissionen im Quartier

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

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

Eine Zusammenfassung der Entwicklung des Energiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Abhängigkeit von der Umsetzung der in diesem Kapitel beschriebenen Maßnahmen ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Dargestellt sind nur die quantifizierbaren Maßnahmen. Eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen findet sich in den jeweiligen Kapiteln. Die Entwicklung des Energiebedarfs und der Emissionen der Maßnahme „Zentrale Wärmeversorgung“ bezieht sich auf das vierte Szenario gemäß Abschnitt 4.5, in welchem das Wärmenetz hauptsächlich durch eine Wasserwärmepumpe gespeist wird. Im Bereich Mobilität wurde für die Darstellung ebenfalls das zweite Szenario gemäß Abschnitt 4.6 gewählt. Bei den Maßnahmen „Mobilität“ und „Gebäudesanierung“ handelt es sich jedoch nicht um konkrete Maßnahmen, sondern um eine mögliche Entwicklung der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen im Quartier sowie um eine mögliche Einsparung im Bereich der Wohngebäude auf Basis einer potenziellen Sanierungsrate.

Abbildung 4-1 zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs für die Maßnahmen "Sanierung Wohngebäude", "Zentrale Wärmeversorgung" und "Mobilität" für die Jahre 2024 bis 2045. Der Energiebedarf der Wohngebäude sinkt bei einer Sanierungsrate von 2 % kontinuierlich von 6.298 MWh/a im Jahr 2024 auf 4.120 MWh/a im Jahr 2045. Für die Maßnahme „Zentrale Wärmeversorgung“ wird angenommen, dass der Wärmebedarf aufgrund der gleichen Sanierungsrate sinkt. Zusätzlich liegt der Energiebedarf einer zentralen Wärmeversorgung aufgrund der Wärmeverluste der Rohrleitungen im Wärmenetz zunächst bei 8.760 MWh/a über dem heutigen Wärmebedarf und sinkt bis 2045 auf 6.583 MWh/a ab. Die relevanten Einsparungen dieser Maßnahme liegen jedoch nicht beim Energiebedarf, sondern bei den Emissionen. Im Bereich Mobilität würde der Energiebedarf durch die Umstellung auf Elektromobilität von 2.635 MWh/a im Jahr 2024 auf 947 MWh/a im Jahr 2045 sinken. Insgesamt zeigt sich, dass der Energieeinspareffekt der Maßnahme Mobilität mit 1.688 MWh/a niedriger ist als der der anderen Maßnahmen.

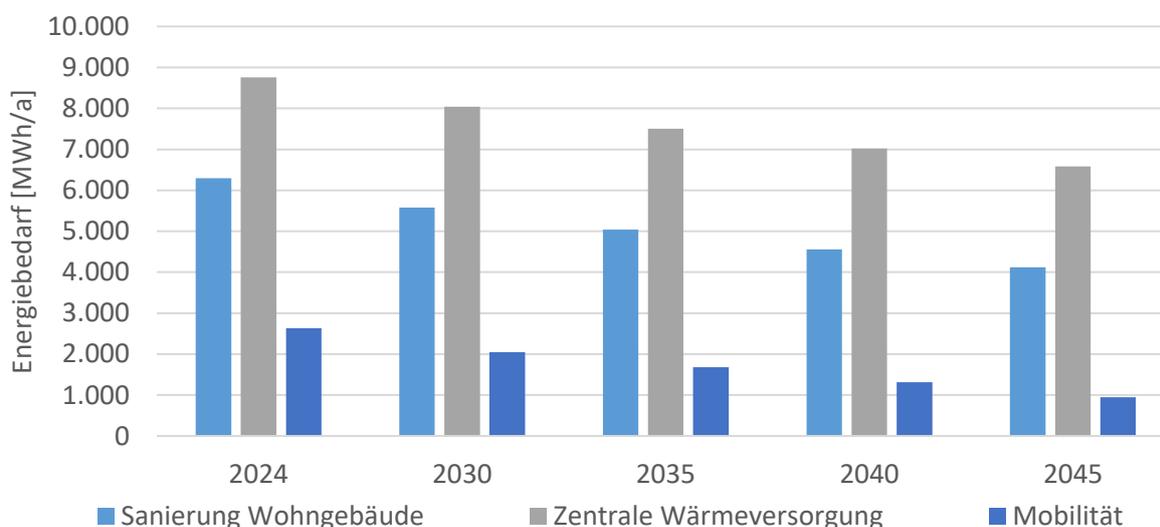


Abbildung 4-1: Übersicht Maßnahmen Energieeinsparung

Abbildung 4-2 zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Maßnahmen „Sanierung Wohngebäude“, „Zentrale Wärmeversorgung“ und „Mobilität“ von 2024 bis 2045. Es ist zu erkennen, dass der größte Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Minderung durch den Bau eines Wärmenetzes entsteht. Durch diese Maßnahme können die Emissionen von 1.677 t CO<sub>2</sub>/a, die derzeit auf den Wärmesektor entfallen, auf 92 t CO<sub>2</sub>/a im Jahr 2045 reduziert werden. Dies entspricht einer jährlichen Reduktion der Emissionen von 1.585 t CO<sub>2</sub>/a. Die Maßnahme mit dem zweitgrößten Einspareffekt ist die Umstellung auf Elektromobilität. Durch diese Maßnahme könnten im Jahr 2045 gegenüber dem Status quo jährlich 495 t CO<sub>2</sub> eingespart werden, wodurch die Emissionen von 753 t CO<sub>2</sub>/a im Jahr 2024 auf 258 t CO<sub>2</sub>/a im Jahr 2045 sinken würden. Durch die Sanierung der Wohngebäude würden die Emissionen von 1.732 t CO<sub>2</sub>/a auf 1.133 t CO<sub>2</sub>/a sinken, was einer Reduktion von 599 t CO<sub>2</sub>/a entspricht.



Abbildung 4-2: Übersicht Maßnahmen CO<sub>2</sub>-Einsparung

## 4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

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

### 4.1.1 WIND

In der Umgebung von Seedorf weht der Wind hauptsächlich aus West und Südwest. Die umliegenden Flächen werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt und es gibt nur wenige Waldflächen in der näheren Umgebung. Diese Bedingungen schaffen gute Voraussetzungen für die Windenergienutzung.

In Rahmen des Regionalplans werden Windvorranggebiete und Windpotenzialflächen festgelegt. Raumbedeutsame Windkraftanlagen (WKA) dürfen nur in Vorranggebieten für Windenergie errichtet und erneuert werden (MILIG SH, 2020). Auf Windpotenzialflächen hingegen ist eine Errichtung bzw. Erneuerung in Zukunft denkbar, jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht zugelassen.

Der Kreis Herzogtum Lauenburg wird in der Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum III aufgeführt. Diese ist im Gesetz- und Verordnungsblatt vom 31. Dezember 2020 in Kraft getreten (MILIG SH, 2020). Am 11. Juni 2024 hat die Landesregierung zusätzlich dem Entwurf für neue Vorhaben zur Windenergie im Landesentwicklungsplan (LEP) zugestimmt. In einem ersten Entwurf wurden hierfür Potenzialflächen für Windenergiegebiete bestimmt. Tabelle 4-3 zeigt einen Ausschnitt der „Karte Potenzialfläche Windenergie SH“, mit den in blauer Farbe ausgewiesenen Potenzialflächen (MIKWS SH, 2024). Es ist zu sehen, dass sich leider keine Potenzialflächen auf dem Gemeindegebiet Seedorfs befinden.

Bisher sind keine Windkraftanlagen auf dem Gemeindegebiet installiert.



Abbildung 4-3: Erster Entwurf Potenzialgebiete für Windenergie (Ausschnitt Seedorf) (MIKWS SH, 2024)

#### 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. (MILIG SH, 2021)

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

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

Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über Vergütung von PV-Anlagen für die verschiedenen Leistungsklassen.

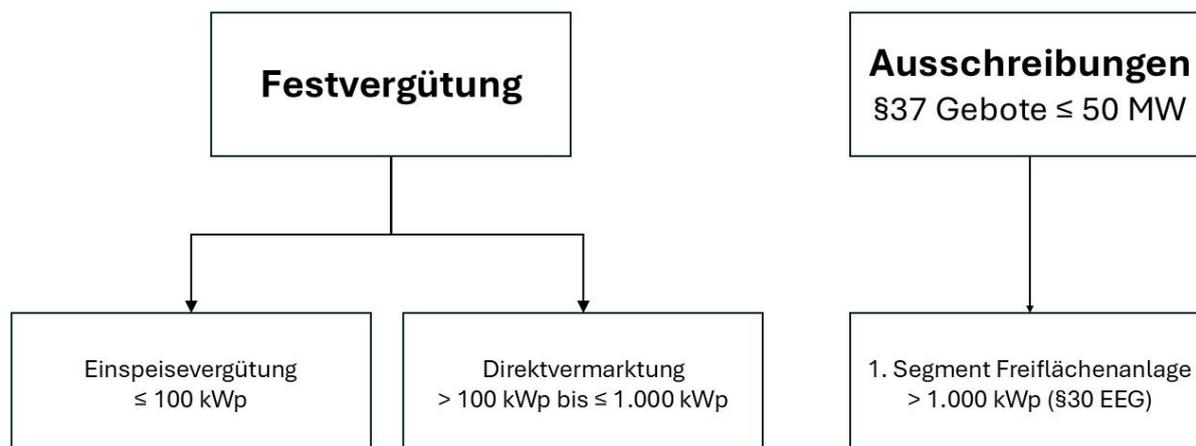


Abbildung 4-4: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (EEG vom 8. Mai 2024)

Nach Abbildung 4-4 ist die Vergütung durch das EEG abhängig von der Anlagengröße. Kleinere Anlagen bis 1.000 kWp Nennleistung müssen nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen, sondern erhalten eine feste Einspeisevergütung (Anlagen bis 100 kWp) bzw. einen anzulegenden Wert über die Direktvermarktung (ab 100 kWp) (Ministerium für Umwelt, 2019).

**Einspeisevergütung:** Die Vergütung für Anlagen mit Inbetriebnahme ab 01.01.2023 bis 31.01.2024 betrug vorbehaltlich im Folgenden beschriebener Ausnahmen 7,00 ct/kWh ohne monatliche Kostendegression. Ab dem 1. Februar 2024 beträgt die halbjährliche Kostendegression 1,0 % (EEG vom 8. Mai 2024).

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

**Ausschreibung:** Die maximale Anlagengröße für Ausschreibungen beträgt mit dem Inkrafttreten des „Solarpakets 1“ 50 MWp. Der bisher niedrigste mittlere Zuschlag wurde im Februar 2018 mit 4,33 ct/kWh erteilt. Der niedrigste Einzelzuschlag bis Dezember 2021 wurde im Februar 2020 mit 3,55 ct/kWh ausgegeben (Wirth, 2023).

Darüber hinaus gelten mit der Novellierung vom 30. Juli 2022 erhöhte Vergütungssätze [ct/kWh] für Photovoltaik Dachanlagen, welche im Folgenden kurz aufgeführt werden (EEG vom 8. Mai 2024):

Tabelle 4-1: Vergütungssätze für PV-Dachanlagen in ct/kWh

Anlagengröße	01.08.2024 – 01.02.2025		01.02.2025 – 01.08.2025	
	Teileinspeisung	Volleinspeisung	Teileinspeisung	Volleinspeisung
Bis 10 kWp	8,43	13,23	8,34	13,14
Bis 40 kWp	7,35	11,08	7,28	10,96
Bis 100 kWp	7,56	12,56	7,49	12,44
Bis 400 kWp	7,56	10,70	7,49	10,59
Bis 1000 kWp	7,56	9,43	7,49	9,33

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

Für Freiflächenanlagen gilt es, eine möglichst große und zusammenhängende Fläche zu nutzen. Grund dafür sind die ansonsten aufwändige Infrastruktur und der Materialmehraufwand (Kleinertz, 2019). Abbildung 4-5 stellt die spezifischen Kosten einer Photovoltaikanlage in Abhängigkeit von der Anlagengröße dar. Anhand dieser ist zu erkennen, dass die spezifischen Kosten mit zunehmender Anlagengröße sinken.

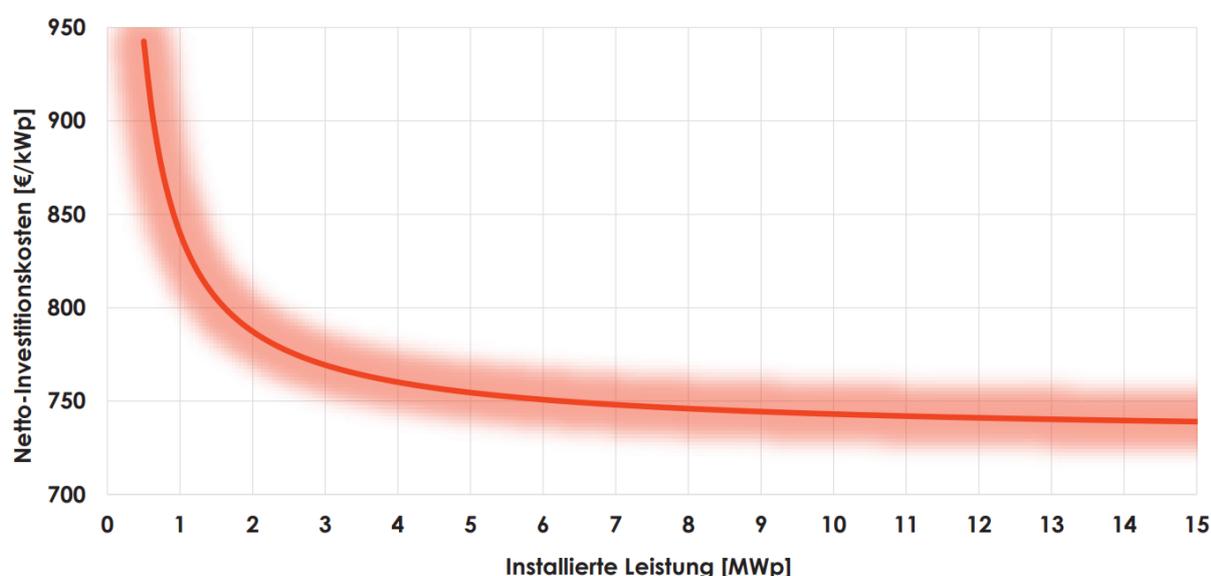


Abbildung 4-5: Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023)

Außerhalb einer festen EEG-Vergütung ist abhängig vom Standort in Deutschland ab einer Anlagengröße von 5 MWp eine wirtschaftliche Realisierung von PV-Freiflächenanlagen möglich. Dies entspricht ungefähr einer Fläche von 6 ha (Böhm, 2022). Dieser Wert ist als Richtwert zu verstehen. Auch kleinere Anlagen können wirtschaftlich betrieben werden. Der Planungshorizont von Freiflächenanlagen beträgt zwei bis drei Jahre (von der Idee bis zur Inbetriebnahme).

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

Das Ertragspotenzial von PV-Anlagen wird über die standortspezifische Einstrahlung abgeschätzt. Für die Gemeinde Seedorf ist über die vergangenen Jahre (2001-2020) eine horizontale Globalstrahlung von jährlich 1.006 kWh/m<sup>2</sup> ermittelt worden (Meteonorm, 2024). Der Wert in Deutschland liegt, je nach Standort, zwischen 1.000 und 1.300 kWh/(m<sup>2</sup>·a) (wegatech, 2024).

Abbildung 4-6 zeigt eine Simulation der täglichen Stromproduktion der sich im Gemeindegebiet befindenden PV-Dachanlagen (563 kWp). Diese wurde auf Grundlage von Wetterdaten aus dem Jahr 2019 und der im Gemeindegebiet vorhandenen installierten Leistung (BNetzA, 2023) erstellt.

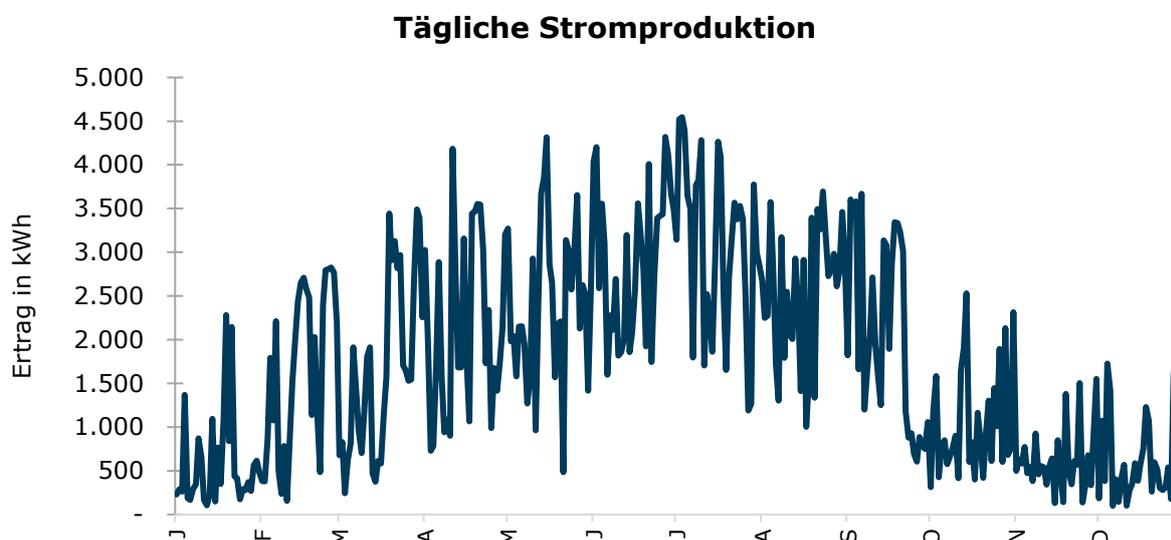


Abbildung 4-6: Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet

Um die Lösung einer Installation einer PV-Anlage auf dem eigenen Dach aufzuzeigen, wird im Folgenden ein Einfamilienhaus näher beleuchtet und anhand von verschiedenen Auslegungsvarianten die Vorteile einer PV-Dachanlage mit Überschusseinspeisung aufgezeigt. Im betrachteten Beispiel wird ein jährlicher Stromverbrauch von **3.500 kWh** und ein Strompreis von **35 ct/kWh** mit **2 %** jährlicher Steigung angenommen. Als Verbrauchsprofil wurde das VDEW Lastprofil H0 verwendet.

Es ist zu beachten, dass der wirtschaftliche Vorteil einer Eigennutzungsanlage durch die vermiedenen Stromkosten entsteht. Dieser wird entsprechend höher, wenn der Stromverbrauch über den Tag hoch ist.

Tabelle 4-2 zeigt die Ergebnisse der verschiedenen Auslegungsvarianten für das Haus mit nach Süden ausgerichteter Dachfläche. Es wurden jeweils drei Auslegungen betrachtet, in denen die Anlagengröße variiert wurde, sodass eine Vollbelegung des Daches und je zwei auf den Verbrauch angepassten Belegungen betrachtet wurden (Varianten 1, 2 & 3). Der spezifische Anlagenpreis wurde dabei angepasst, sodass dieser den Anteil der Fixkosten in der Investition widerspiegelt, der bei jeder Anlage etwa gleich ist (z.B. Gerüststellung für Installation, elektrischer Anschluss). Zusätzlich wurde für eine Variante (Variante 5) ein Elektrospeicher mit einer Kapazität von **5,12 kWh** mit Kosten von **500 €/kWh** betrachtet.

Für Variante 4 wurde die Anlage bei Vollbelegung (**16,5 kWp**) in zwei Teile aufgeteilt. Ein Teil wird als Überschussanlage (5,2 kWp) betrieben, der andere als Einspeiseanlage. Damit wird eine bessere Nutzung der gesamten Dachfläche erreicht. Für diese Installationsart werden mindestens zwei Wechselrichter benötigt.

Tabelle 4-2: Beispielhafte PV-Auslegungsvarianten für eine Südausrichtung

Name und Art der PV-Anlage	Var.	Anlage [kWp]	Spez. Kosten [€/kWp]	Investition	Eigenverbrauch	Autarkie	Amortisation [a]	Gesamtsparsnis über 20 a
Bergstraße 3 Südbelegung	1	3,5	1.500	5.250 €	38 %	41 %	8,4	8.970 €
	2	5,2	1.400	7.280 €	26 %	42 %	9,9	9.060 €
	3	16,5	1.200	19.800 €	9 %	48 %	13,1	12.300 €
	4	16,5	1.300	21.450 €	26 % <sup>1</sup>	42 % <sup>1</sup>	10,9	20.700 €
+ 5,1 kWh Speicher	5	5,2	1.890	9.840 €	48 %	73 %	9,7	13.300 €

<sup>1</sup>Bezogen auf die Überschussanlage (5,2 kWp)

#### 4.1.3 BIOGAS

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

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

Darüber hinaus gibt es auch weitere gesetzliche Regelungen und Förderprogramme auf Bundes- und Landesebene, die den Ausbau von Biogasanlagen fördern und die Rahmenbedingungen für deren Betrieb und Nutzung verbessern sollen.

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

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

Im Quartier befindet sich heute ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von 142 kW. Dieses wird bilanziell mit Biogas aus einer Biogasanlage, welche sich außerhalb des Quartieres befindet, gespeist. Nach Auslauf des Vergütungszeitraumes könnte die hier erzeugte elektrische Energie im Quartier genutzt werden.

## 4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

Dieser Abschnitt wird das vorhandene Potenzial und die entsprechenden Technologien für eine erneuerbare Wärmebereitstellung in Seedorf 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-WÄRMEPUMPE

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

Während Wärmepumpen in Haushalten 40 % der theoretisch maximal möglichen Leistungszahl erreichen, also einen Gütegrad von 40 %, erreichen moderne Großwärmepumpen Gütegrade zwischen 65 % und 70 %. Abbildung 4-7 zeigt den Verlauf der Leistungszahl einer Großwärmepumpe für verschiedene Vorlauftemperaturen. Diese gibt das Verhältnis zwischen abgegebener thermischer Leistung zu aufgebrauchter elektrischer Leistung an. Bei einer Vorlauftemperatur von 70°C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, wird auch bei geringen Temperaturen eine Leistungszahl von ca. 3 erreicht.

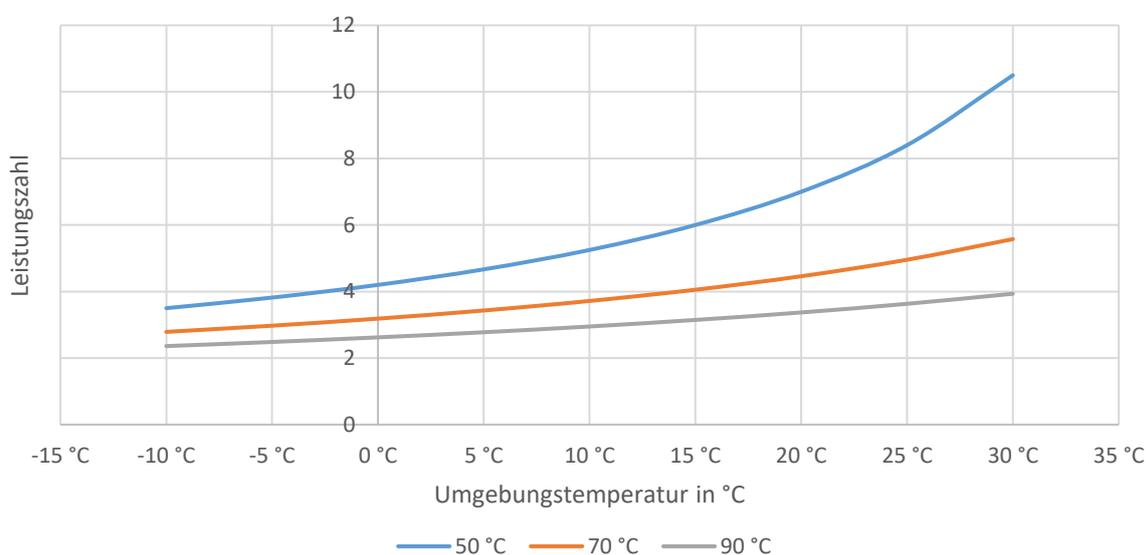


Abbildung 4-7: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quelltemperatur

Abhängig vom Standort der Heizzentrale (vgl. Kapitel 4.5) kann es erforderlich sein, einen Schallschutz zur Einhaltung der maximal zulässigen Schallemission vorzusehen.

#### 4.2.2 WASSER-WÄRMEPUMPE

Wasser als Wärmequelle ist besonders effizient und zuverlässig. Bei der Wasser-Wärmepumpe wird die Wärme aus Grundwasser oder Oberflächenwasser genutzt, was eine konstante Quelltemperatur gewährleistet. Diese Variante der Wärmepumpe ist besonders effektiv, da Wasser eine höhere Wärmekapazität als Luft besitzt. Die Effizienz der Wasser-Wärmepumpe, gemessen als Leistungszahl, ist stark von der Temperatur des Wassers und der Vorlauftemperatur abhängig. Im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen bleibt die Leistungszahl der Wasser-Wärmepumpe auch im Winter stabil, da die Wassertemperatur weniger schwankt.

Die Investitionskosten für Wasser-Wärmepumpen sind höher als für Luft-Wärmepumpen, jedoch bieten sie langfristig niedrigere Betriebskosten und eine höhere Effizienz. In skandinavischen Ländern sind Wasser-Wärmepumpen besonders in Gebieten mit leicht zugänglichem Grundwasser eine beliebte Wahl. Auch in Deutschland findet diese Technologie immer mehr Anwendungen, vor allem in Küstenstädten. Moderne Wasser-Wärmepumpen erreichen in Haushalten Gütegrade von bis zu 50 %, während Großanlagen Gütegrade von 70 % bis 75 % erreichen können. Bei einer Vorlauftemperatur von 70 °C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, kann auch bei niedrigen Wassertemperaturen eine Leistungszahl von etwa 4 erreicht werden.

Seedorf, mit dem nahegelegenen See, bietet eine hervorragende Möglichkeit, diese Technologie zu nutzen. Die konstante Temperatur des Seewassers kann die Effizienz der Wasser-Wärmepumpe weiter steigern und somit eine nachhaltige und kosteneffiziente Wärmequelle darstellen. Es ist zu beachten, dass für die Nutzung an solchen Standorten Umweltgutachten nötig sind.

#### 4.2.3 GRUNDWASSER-WÄRMEPUMPE

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

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. Ebenso ist die Fließrichtung des Grundwassers zu beachten.

Im Quartier gibt es weder Trinkwasserschutzgebiete noch Trinkwassergewinnungsgebiete, sodass die Umsetzung eines solchen Projektes mit wenigen Hürden verbunden ist.

#### 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 Seedorf keine Abwärmequellen identifiziert werden konnten, die Abwärme in ausreichender Menge zur Verfügung stellen können.

## 4.2.5 GEOTHERMIE

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

### 4.2.5.1 Oberflächennahe Geothermie

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

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

- Flächenkollektoren:  
Unterhalb der Frostgrenze (etwa 1,5 m tief) werden Kunststoffrohre verlegt, welche etwa die 1,5 – 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:  
Diese werden in Bohrungen bis etwa 100 m eingebracht. Sie bestehen aus paarweise gebündelten U-förmigen Kunststoffrohrschleifen. Regeneration findet über Nachströme von Energie im Untergrund statt. Die Leistung der Sonden hängt von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab, welcher in Schleswig-Holstein sehr komplex aufgebaut ist. Der Richtwert für die Leistung der Sonden liegt bei einer Sondenlänge von 100 m bei 3 – 6 kW.
- Spiralsonden, Erdwärmekörbe und Grabenkollektoren:  
Dies sind Sonderformen, die bei einem geringen Platzangebot gebaut werden können.

Die in den verschiedenen Kollektoren gesammelte Wärme wird über eine Wärmepumpe auf für den Verbraucher nutzbare Temperaturen gebracht. Aufgrund der höheren Quelltemperatur im Winter ist die Arbeitszahl einer Erd-Wärmepumpe im Winter höher als die einer Luft-Wärmepumpe.

Für die Wärmenutzungsanlage gilt als Richtwert, dass diese die Wärme auf einem möglichst niedrigen Temperaturniveau nutzen sollte. Heizung und Dämmung sollten auf eine Vorlauftemperatur von 35°C ausgelegt werden. Wird mit der Wärmepumpe auch Warmwasser erzeugt oder liegt die Vorlauftemperatur deutlich über 35°C, so steigt die Belastung der Erdwärmesonde und die Leistungszahl der Wärmepumpe wird aufgrund der höheren Temperaturen geringer.

Abbildung 4-8 zeigt das Potenzial oberflächennaher Geothermie für das Quartiersgebiet. Es ist zu sehen, dass große Teile des Quartiers in einem Bereich von Wärmeleitfähigkeiten zwischen 1,8 und 2,0 W/mK und zwischen 2,0 und 2,2 W/mK liegen. Westlich vom Zentrum liegt ein weiterer großer Teil in einem Bereich der höchstens Wärmeleitfähigkeit von mehr als 2,2 W/mK. Damit besteht im Quartiersgebiet mittleres bis hohes Potenzial für die Nutzung dieser Technologie.

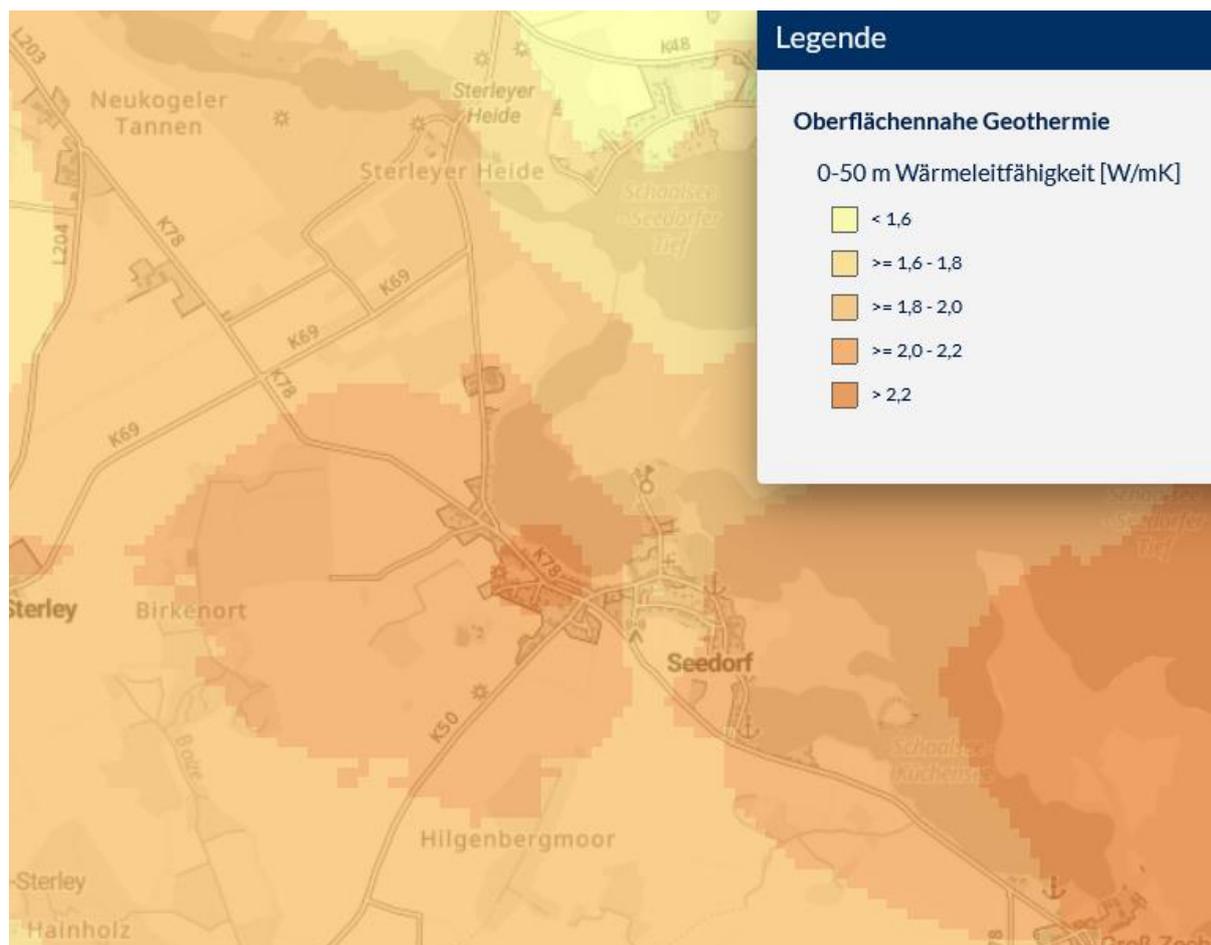


Abbildung 4-8: Potenzial oberflächennaher Geothermie (DA Nord, 2024)

Für eine genauere Betrachtung eines entsprechenden Erdwärmesondenfeldes muss zunächst ein Geothermal Response Test durchgeführt werden, dieser gibt Auskunft über das tatsächlich vorhandene Potenzial zur Wärmeentnahme. Da mehrere Sonden erforderlich sind, muss anschließend die Temperaturantwort des Sondenfeldes simuliert werden. Grundlage hierfür ist zum einen der Geothermal Response Test und zum anderen das jeweilige Nutzerprofil (Heizlast). Um die mögliche Entzugsleistung zu erhöhen und ein Auskühlen des Untergrundes zu verhindern, sollte der Untergrund regeneriert werden. Dies ist z.B. durch Abwärme oder Kühlung im Sommer möglich. Bei entsprechenden Voraussetzungen und in Abhängigkeit von den Investitionskosten kann die oberflächennahe Geothermie eine interessante Ergänzung für den Winter darstellen.

#### 4.2.5.2 Tiefe Geothermie

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

Tiefe Geothermie wird in Deutschland bisher fast ausschließlich hydrothermal im Dubletteverfahren realisiert. Dabei werden zwei Bohrungen im Abstand von wenigen hundert Metern bis zu etwa drei Kilometern abgeteuft. Hydrothermal bedeutet, dass im Untergrund vorhandenes Thermalwasser zur Förderung genutzt wird.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit ist die petrothermale Geothermie, bei der durch Stimulationsmaßnahmen die Durchlässigkeitseigenschaften des Untergrundes künstlich verbessert

werden und so die Zirkulation und Erwärmung eines eingebrachten Fluids ermöglicht wird. Über eine Förderbohrung wird das geothermisch nutzbare Reservoir erschlossen und über eine Reinjektionsbohrung wird das abgekühlte Wasser wieder in den Untergrund eingeleitet. An der Oberfläche wird dem Thermalwasser über Wärmetauscher die Wärme entzogen und z.B. an ein Wärmenetz abgegeben.

Die petrothermale Geothermie befindet sich derzeit noch im F&E-Stadium und wird daher in Deutschland bisher kaum genutzt.

Abbildung 4-9 zeigt die Verbreitung von potenziell hydrothermal nutzbaren Sandsteinschichten. In der Umgebung von Seedorf gibt es nur vereinzelte Bohrungen, die ein Vorkommen nachweisen könnten. Modellierungen der im Untergrund vorhandenen Gesteinsschichten lassen jedoch vermuten, dass Seedorf in einem Gebiet mit Rhät Sandstein liegt, der potenziell für eine hydrothermale Nutzung geeignet sein könnte. Für eine genauere Potenzialermittlung müssen Probebohrungen vorgenommen werden.

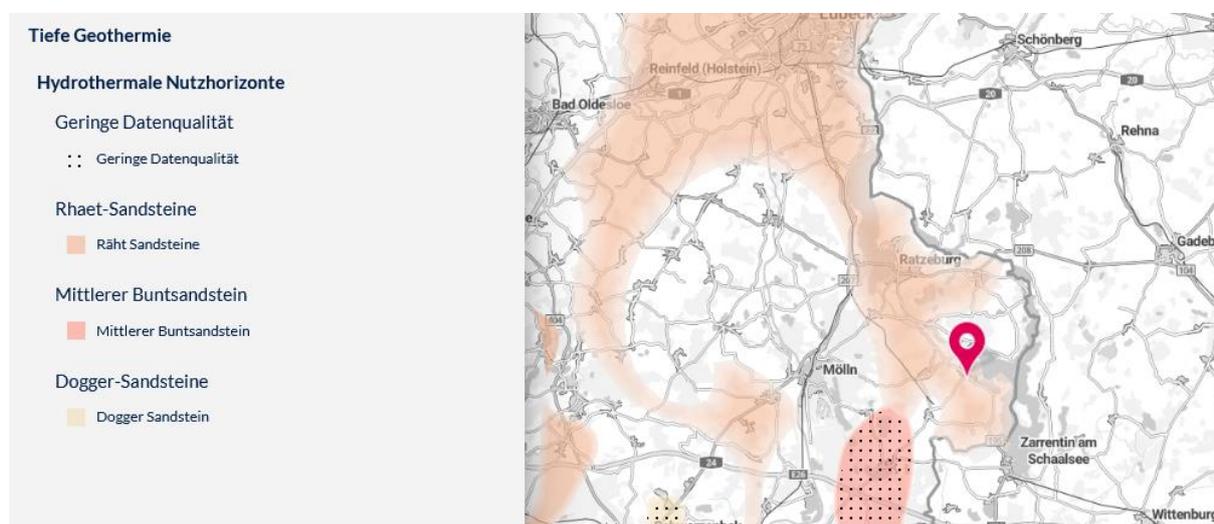


Abbildung 4-9: Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (DA Nord, 2024)

Auf Anfrage hat das LfU SH folgende Informationen zur Nutzung hydrothermalen Geothermie in Seedorf zur Verfügung gestellt:

„Für die hydrothermale Nutzung stehen in SH Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins, Oberen Keupers (Rhät) und Mittleren Jura im Fokus. In manchen Regionen von SH wären auch tertiäre Sande/Sandsteine nutzbar, sofern sie tief genug liegen. Aufgrund von Betriebserfahrungen bisher realisierter Projekte in vergleichbaren geologischen Situationen lassen sich folgende Mindestanforderungen an die Sandsteine als geothermische Nutzhorizonte stellen (Thomsen & Liebsch-Dörschner 2014, Geologische Potenzialanalyse des tieferen Untergrundes Schleswig-Holstein, LfU SH):

- Vorhandensein einer ergiebigen wasserführenden Sand(stein)schicht (Aquifer) mit Nutzporositäten von mehr als 20 % und Permeabilitäten von mehr als (250-) 500 mD
- Ausreichende vertikale und laterale Verbreitung bei mindestens 20 m Mächtigkeit
- wirtschaftlich interessantes Temperaturniveau ab 1000 m Tiefe

Die Region Seedorf liegt geologisch im südlichen Bereich des Ostholstein Blockes nordöstlich des Salzkissens Gudow. Durch die Entwicklung des Zechstein Salzkissens wurde die gesamte Abfolge lokal aufgewölbt und teils durch Erosion abgetragen. Im Scheitelbereich entstand ein NE-SW orientierter Graben, der bis nach Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern verfolgbar ist. Im Bereich Seedorf

*liegt der Volpriehausen Sandstein an der Basis des Mittleren Buntsandsteins in 3300 m Tiefe (u. NHN). Es ist anzunehmen, dass die Porosität und Permeabilität des Sandsteins deutlich verringert ist und der Sandstein nach derzeitigem Wissens- und Technikstand nicht für eine hydrothermale geothermische Nutzung geeignet ist. Der mittlere Jura ist in der Region nicht verbreitet. Tertiäre Sande liegen in Tiefen oberhalb von etwa 360 m. Es ist somit festzustellen, dass die Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins (Volpriehausen Sandstein), des mittleren Jura sowie tertiäre Sande am Standort nicht verbreitet bzw. wirtschaftlich nicht nutzbar sind.*

*Der Rhät liegt in Seedorf in etwa 1285 bis 1400 m Tiefe (u. NHN, Geologisches 3D-Modell SH, LfU SH) und wird von Tonsteinen des Unteren Jura abgedeckt. In dieser Tiefe liegt die Temperatur im Bereich von 50 - 55 °C (www.geotis.de). Diese Angaben sind in der Region Seedorf jedoch nicht durch Bohrungen belegt und können lithologisch bedingt abweichen. Die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 115 m. Von besonderem Interesse ist der Mittlerrhäthauptsandstein, der in einigen Gebieten potenziell für eine Nutzung geeignet ist. Die relevanten Eigenschaften des Sandsteins, wie Mächtigkeit, Lithologie, Porosität und Permeabilität können nur durch Bohrungen ermittelt werden. Tiefbohrungen, die den Rhät durchteuft haben gibt es in der Region nicht. Die nächstgelegene Belegbohrung für den Rhät ist 20 km entfernt (Nusse 3, siehe unten) und ist daher nicht repräsentativ. Es wäre jedoch zu prüfen, ob in der benachbarten Region von Mecklenburg-Vorpommern Bohrdaten für den Rhät vorliegen. Aufgrund der Informationen von Bohrungen im Südosten von SH und der Gesamtmächtigkeit von > 100 m erscheint es möglich, dass eine Sandsteinmächtigkeit von 20 m erreicht wird. Daten zur Porosität und Permeabilität liegen nicht vor. Die geothermische Nutzung von Sandsteinen des Rhäts ist der Region Seedorf theoretisch eine Option. Es besteht jedoch ein erhöhtes Fündigkeitsrisiko aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Daten.“*

#### 4.2.6 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 sollten diese Anlagen, sofern die Marktlage es zulässt, mit Biomethan als Brennstoff betrieben werden. Dieser kann über eine Direktleitung, bei der Netzentgelte als Gaspreiskomponente entfallen, von nahegelegenen Biogasanlagen 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 Strom ins öffentliche Netz ein. 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.

Das in Kapitel 4.1.3 beschriebene BHKW hat eine thermische Leistung von 207 kW und wird momentan für die Beheizung verschiedener Liegenschaften genutzt. Der Betreiber hat eine Bereitschaft für eine Erweiterung des BHKW signalisiert, um Erzeugungskapazität für das potenzielle Wärmenetz zur Verfügung stellen zu können. Dies sollte im Planungsprozess eines potenziellen Wärmenetzes berücksichtigt werden. Das hierfür nötige Biogas könnte in zwei vorhandenen BGA des Betreibers erzeugt werden.

#### 4.2.7 BIOMASSE

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

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

#### 4.2.8 SOLARTHERMIE

Solarthermie ist eine Technologie, die die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in Wärme ermöglicht. In Solarthermie-Kollektoren wird ein Wasser-Glykol-Gemisch durch das einfallende Sonnenlicht erwärmt und kann so effizient in der Wärmeversorgung eingesetzt werden. Besonders in sonnenreichen Monaten kann Solarthermie einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Wärmeversorgung leisten.

Zwar können hohe Vorlauftemperaturen und niedrige Umgebungstemperaturen in kalten Monaten den Wirkungsgrad etwas reduzieren, doch mit der richtigen Systemplanung, insbesondere durch den Einsatz von saisonalen Wärmespeichern, kann auch in sonnenarmen Zeiten eine konstante Wärmeversorgung gewährleistet werden, wenn auch diese meist nicht für eine volle Versorgung ausreichend ist. Im Gegensatz zur Photovoltaik, die auch diffuse Einstrahlung nutzen kann, ist Solarthermie mehr auf direkte Sonneneinstrahlung angewiesen, was jedoch bei guter Standortwahl hohe Effizienz und Klimafreundlichkeit verspricht.

Ein besonders großer Vorteil der Solarthermie liegt im hohen Wärmeertrag im Sommer, was die Möglichkeit bietet die gesamte Wärmelast der Sommermonate abzudecken. Dies würde die primäre Erzeugungstechnologie deutlich entlasten und die Möglichkeit für problemlose Wartung dieser bieten. Dies kann nicht nur die Effizienz des Gesamtsystems erhöhen, sondern auch Betriebskosten und Emissionen senken.

Die Flächen, die im Kapitel 4.1.2 dargestellt sind, wären prinzipiell auch für Solarthermie geeignet. Allerdings stellen die Entfernung und die notwendige Querung einer Autobahn eine große Hürde für die Nutzung dieser Flächen durch Solarthermie dar.

Bei der derzeitigen Marktsituation und den Investitionsanforderungen wird die Installation einer Photovoltaikanlage oft bevorzugt. Photovoltaik-Strom kann vielseitig verwendet werden, beispielsweise zum Betrieb von Wärmepumpen, was die Flexibilität und Effizienz des Energiesystems erhöht. Überschussstrom kann zudem im Sommer gewinnbringend am Strommarkt verkauft werden, was die wirtschaftliche Attraktivität weiter steigert. Dennoch bleibt Solarthermie eine wertvolle Option für die direkte Wärmeherzeugung, die in Zukunft mit weiteren technologischen Fortschritten noch an Bedeutung gewinnen könnte.

#### 4.2.9 PHOTOVOLTAISCH-THERMISCHE KOLLEKTOREN

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). Durch den solarthermischen Teil des Kollektors, welcher auf der Rückseite des Moduls angebracht ist, wird 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.

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 eines PVT-Feldes mit einer elektrischen Leistung von 4 MW und einer thermischen Leistung von 3 MW vorgestellt (Solarthermalworld, 2021). Zur Einbindung von PVT-Anlagen in ein Wärmenetz mit höherer Vorlauftemperatur, welches auf Grund der Gebäudealtersklassen in Seedorf zu nutzen wäre, liegen keine aussagekräftigen Untersuchungen vor. Aus diesem Grund wird bei der Untersuchung des Wärmenetzes auf die Untersuchung von PVT verzichtet.

### 4.3 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

Die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudesektor ist einer der zentralen Aspekte zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Ca. 36 % des gesamten Endenergieverbrauchs entfällt auf den Gebäudebereich, was diesen zu einem der größten Emittenten klimaschädlicher Gase in Deutschland macht (Umweltbundesamt, 2024). Im Folgenden wird das Potenzial zur Reduzierung dieser Emissionen in Seedorf dargestellt.

Der Gesamtendenergiebedarf von Seedorf beträgt 7,55 GWh/a (exklusive Mobilität), wovon 86 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird. Der Gesamtbedarf an Wärme für Gebäude liegt bei 7,06 GWh/a.

Der Gebäudebestand von Seedorf 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 3-6). Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch im Quartier Seedorf liegt bei 153 kWh/(m<sup>2</sup> a) entsprechend der nach dem GEG definierten Energieeffizienzklasse E (GEG 2020, Anlage 10 zu § 86).

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 4-3 ist die Entwicklung von Seedorf mit Sanierungsraten von 1 %, 2 % und 5 % dargestellt. Die Sanierungsrate gibt Auskunft darüber, wie viel Prozent des Gebäudebestandes jährlich saniert wird. Aktuell wird in Deutschland mit einer Sanierungsrate von unter 1 % gerechnet (BuVEG, 2024).

Bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von 1 % wird Seedorf eine Reduzierung von 23 % auf ca. 5,4 GWh/a erreichen. Auch bei einer Sanierungsrate von 5 % wird der Gebäudesektor in Seedorf 2050 nicht klimaneutral sein. Hierfür ist es zwingend notwendig, dass die Wärmeerzeugung regenerativ realisiert wird.

Tabelle 4-3: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate

	2024	2030	2040	2050
<b>Sanierungsrate 1 %</b>				
Wärmebedarf Seedorf [MWh]	7.059	6.646	6.011	5.436
<b>Prozentuale Einsparung [%]</b>	0	6	15	23
CO <sub>2</sub> Emissionen Wärme [t/a]	1.691	1.592	1.440	1.302
<b>Sanierungsrate 2 %</b>				
Wärmebedarf Seedorf [MWh]	7.059	6.253	5.109	4.175
<b>Prozentuale Einsparung [%]</b>	0	11	28	41
CO <sub>2</sub> Emissionen Wärme [t/a]	1.691	1.498	1.224	1.000
<b>Sanierungsrate 5 %</b>				
Wärmebedarf Seedorf [MWh]	7.059	5.189	3.107	1.860
<b>Prozentuale Einsparung [%]</b>	0	26	56	74
CO <sub>2</sub> Emissionen Wärme [t/a]	1.691	1.243	744	446

Die in Tabelle 4-3 dargestellten Zahlen beziehen sich auf die Sanierung der Gebäudehülle. Ein Wechsel der Wärmeerzeugung ist hier nicht berücksichtigt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind mit dem Energiemix des Status Quo abgebildet und reduzieren sich durch einen Rückgang des Energiebedarfes. Der Umstieg von fossilen Energieträgern auf regenerative Wärmeerzeugung kann bereits im Szenario mit 2 % Sanierungsrate die aktiv ausgestoßenen CO<sub>2</sub>-Emissionen gegen Null gehen lassen.

#### 4.3.1 FÖRDERMÖGLICHKEITEN IM BEG

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

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

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

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

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

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

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

Eine übersichtliche Darstellung der Förderung für den Heizungstausch in der neuen BEG ist in Abbildung 4-10 dargestellt.

Heizungstausch (KfW)			Sanierung (BAFA)
Grundförderung	Klimageschwindigkeitsbonus	Einkommensbonus	Weitere Effizienzmaßnahmen
30%	20%	30%	20%
Alte Heizung gegen neue, klimafreundliche tauschen	Austausch von funktionstüchtigen Öl-, Kohle-, Gas-Etagen- oder Nachtspeicherheizungen sowie mehr als zwanzig Jahre alten Biomasse- und Gasheizungen	Für selbstnutzende Eigentümer_innen	Z.B. für die Dämmung der Gebäudehülle, Anlagentechnik und Heizungsoptimierung
- Für alle Wohn- und Nichtwohngebäude und alle Antragstellerguppen - Effizienz-Bonus von 5% für Wärmepumpen* und 2.500 € Zuschlag für Biomasseheizungen**	Für den frühzeitigen Austausch alter fossiler Heizungen (Nach 2028 alle 2 Jahre 3% weniger)	Erhältlich mit bis zu 40.000 € zu versteuerndem Haushaltsjahreseinkommen	15% Grundförderung + ggf. 5% bei vorhandenem Sanierungsplan (iSFP-Bonus)
Gesamtförderung			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximaler kumulierter Fördersatz von 70%</li> <li>- Maximal förderfähigen Ausgaben bei 30.000 € für Einfamilienhäuser bzw. die erste Wohneinheit in einem Mehrparteienhaus</li> <li>- Bei max. 70% Förderung entsprechend 21.000 €</li> <li>- In einem Mehrparteienhaus erhöhen sich die maximal förderfähigen Ausgaben um jeweils 15.000 € für die zweite bis sechste sowie um jeweils 8.000 € ab der siebten Wohneinheit</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximaler kumulierter Fördersatz von 20%</li> <li>- Die maximal förderfähigen Ausgaben für weitere Effizienzmaßnahmen liegen mit Sanierungsfahrplan bei 60.000 € pro Wohneinheit und bei 30.000 € ohne Sanierungsfahrplan</li> </ul>

\* Für Wärmepumpen, die als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser nutzen oder ein natürliches Kältemittel einsetzen

\*\* wenn sie einen Staub-Emissionsgrenzwert von 2,5 mg/m<sup>3</sup> einhalten

Abbildung 4-10: Förderübersicht Heizungstausch und Einzelmaßnahmen

Die für die Heizungsförderung zur Verfügung stehenden Zuschüsse sind im Folgenden aufgelistet:

- der Kauf und Installation von:
  - solarthermischen Anlagen
  - Biomasseheizungen
  - elektrisch angetriebenen Wärmepumpen
  - Brennstoffzellenheizungen
  - wasserstofffähigen Heizungen
  - innovativer Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien
  - der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz
- die Fachplanung und Baubegleitung durch eine Expertin oder einen Experten für Energieeffizienz
- die Kosten für vorbereitende und wiederherstellende Maßnahmen (Umfeldmaßnahmen)
- Ausgaben für eine provisorische Heiztechnik bei einem Heizungsdefekt (bis zum Austausch der Heizung)

Die **Energieberatung für Wohngebäude**, worunter auch die Erstellung des iSPF fällt, wird seit dem 07.08.2024 mit **50 %** des förderfähigen Beratungshonorars, maximal jedoch mit **650 €** bei Ein- oder Zweifamilienhäusern bzw. mit maximal **850 €** bei Wohngebäuden ab drei Wohneinheiten gefördert.

#### 4.3.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands in Seedorf Referenzgebäude zur Mustersanierung ausgewählt. Dies geschah über eine Verlosung bei der Teilnahme an der durchgeführten Umfrage. Als Anreiz zur Teilnahme und Partizipation als Referenzgebäude haben die teilnehmenden ausgewählten Gebäude einen Energiebedarfsausweis erhalten.

Für die Häuser wurden beispielhafte Mustersanierungen durchgeführt. Diese Sanierungen sollen das Potenzial zur Energieeinsparung verbildlichen. Anhand der einzelnen Maßnahmen können die Bewohner\_innen Seedorfs 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 Referenzgebäude 1 – Hauptstraße 48a

In Tabelle 4-4 sind die Grundlegenden Daten zu dem Referenzgebäude aufgelistet. Diese können als Orientierung für Personen in Seedorf dienen, um das Referenzgebäude mit der eigenen Immobilie vergleichen zu können. Die Nutzfläche des Gebäudes wurde den Angaben aus dem Fragebogen entnommen. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den Verbrauch beim individuellen Heizverhalten handelt.

Tabelle 4-4: Grunddaten – Hauptstr. 48a – Gebäudeansicht: Nord

Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1985
Baugrundfläche	100 m <sup>2</sup>
Nutzfläche	150 m <sup>2</sup>
Wärmeverbrauch	29.250 kWh/a
Spez. Wärmeverbrauch	195 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Wärmeversorgung	Ölheizung (39 Jahr alt)



## **Maßnahme 1 – Tausch Heizungspumpen**

Heizungspumpen fördern das erwärmte Wasser zu den Heizkörpern und gleichzeitig das abgekühlte Wasser wieder zurück zum Heizkessel. Im schlimmsten Fall arbeiten Heizungspumpen auch, wenn die Heizkörper selbst gar nicht im Betrieb sind. Alte Heizungspumpen sorgen somit für einen erheblichen Anteil des Stromverbrauchs im Haushalt. Um den Stromverbrauch zu optimieren und die Betriebskosten zu senken, empfiehlt sich der Austausch durch energieeffizientere Modelle. Diese reduzieren den Stromverbrauch nicht nur durch eine kürzere Laufzeit, sondern auch durch eine Leistungsminderung. Die betrachtete Pumpe hat eine Leistung von 80 W.

Für die Berechnung der energetischen Sanierung wurden die ursprünglichen Heizungspumpen durch modernere Hocheffizienzpumpen ersetzt. Durch diese Maßnahme würde der Stromverbrauch der Heizungspumpen mehr als halbiert werden, was sich entsprechend in den Kosten widerspiegelt.

Zusätzlich werden Maßnahmen zur energetischen Sanierung, wie der Heizungspumpentausch, durch das BEG ebenfalls mit bis zu 20% (15% Grundförderung plus ggf. 5% Bonus bei Vorliegen eines individuellen Sanierungsfahrplans) gefördert. Durch diese Förderung würde sich die geschätzte Amortisationszeit dementsprechend verkürzen. Es ist darauf zu achten, dass das förderfähige Mindestinvestitionsvolumen bei 300 Euro brutto liegt.

### **Maßnahme 2.1 – Gebäudehülle (Wärmedämmverbundsystem (WDVS))**

Der bestehende Wandaufbau des Gebäudes hat bereits solide Dämmeigenschaften und lässt aufgrund fehlender Hohlräume keine Einblasdämmung zu. Daher wurde als Alternative ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) in Betracht gezogen. Das WDVS könnte die Wärmeverluste des Gebäudes um etwa 6 % reduzieren. Vor der Umsetzung dieser Maßnahme sollte eine fachkundige Person den Wandaufbau prüfen, um potenziellen Feuchtigkeitsproblemen vorzubeugen. Neben der Energieeinsparung von bis zu 200 €/Jahr würde diese Maßnahme auch die Behaglichkeit und das Raumklima im Gebäude verbessern.

### **Maßnahme 2.2 – Gebäudehülle (Fenster austausch)**

Bei diesem Gebäude ist die kostenintensivste Maßnahme der Austausch der Fenster. Ein typischer Fensteraustausch wird bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von  $2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und höher entsprechen die Fenster hier jedoch nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für Fenster angenommen. Die Fläche der Fenster beträgt etwa  $31 \text{ m}^2$ . Durch die geringen Einsparungen im Vergleich zu den hohen Investitionskosten amortisiert sich ein Fensteraustausch in diesem Fall erst nach 30 Jahren. Hierbei gilt es abzuwägen, ob die Fenster ausgetauscht werden sollen, bevor dies, beispielsweise aufgrund von Schäden, notwendig ist.

### **Maßnahme 3 – Heizungstausch (Pelletkessel)**

Die Öl-Heizung hat mit einem Alter von 39 Jahren die übliche Lebensdauer bereits deutlich überschritten, sodass über einen Ersatz nachgedacht werden muss. Da momentan hohe Förderquoten verfügbar sind, soll eine alternative Heizungsoption aufgezeigt werden. Beispielhaft soll hier ein Pelletkessel betrachtet werden. Es ist zu beachten, dass es sich hierbei um eine vereinfachte Darstellung der Kosten und Wirtschaftlichkeit handelt, da keine Kosten für die sowieso notwendige Ersatzinvestition des Öl-Kessels berücksichtigt ist. Kosten für Wartung und Instandhaltung wurden näherungsweise angenommen. Für eine ganzheitliche Betrachtung sollte eine Berechnung der sogenannten Vollkosten vorgenommen werden, in welche all diese Parameter miteinfließen.

## Zusammenfassung Hauptstr. 48a

Tabelle 4-5 fasst die genannten Maßnahmen zusammen und zeigt die wichtigsten wirtschaftlichen und energetischen Ergebnisse der Berechnungen. Bei der Berechnung der Einsparung des Wärmeverbrauchs wurde für die Maßnahmen M1 & M2 der gesamte Wärmeverbrauch (29.250 kWh) herangezogen, für die Maßnahme M3 nur der Wärmeverbrauch durch die Primärheizung, also ohne Nutzung des Kamins.

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Mustersanierungen – Hauptstr. 48a

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Kosten Einsparung	Amortisation	jährl. CO <sub>2</sub> Einsparung
<b>Heizungspumpen</b>	300 €	60 €	240 €	11 % Strom	100 €/a	3	120 kg/a
<b>WDVS</b>	min: 9.420 €	min: 1.880 €	min: 7.540 €	6 %	200 €/a	min: 28	490 kg/a
	max: 18.800 €	max: 3.760 €	max: 15.040 €			max: 43	
<b>Fenstertausch</b>	29.800 €	5.930 €	23.870 €	15 %	470 €/a	32	1.260 kg/a
<b>Pelletkessel</b>	24.800 €	12.400 €	12.400 €	5 %	780 €/a	14	7.600 kg/a

### 4.3.2.2 Mustersanierung Referenzgebäude 2 – Hollenbeker Weg 3

In Tabelle 4-6 sind die Grundlegenden Daten zu dem Referenzgebäude aufgelistet. Diese können als Orientierung für Personen in Seedorf dienen, um das Referenzgebäude mit der eignen Immobilie vergleichen zu können. Die Nutzfläche des Gebäudes wurde den Angaben aus dem Fragebogen entnommen. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den Verbrauch beim individuellen Heizverhalten handelt.

Tabelle 4-6: Grunddaten – Hollenbeker Weg 3 – Gebäudeansicht: Nord

	Grunddaten des Gebäudes	
	Baujahr	1982
	Baugrundfläche	113 m <sup>2</sup>
	Nutzfläche	150 m <sup>2</sup>
	Wärmeverbrauch	29.000 kWh/a
	Spez. Wärmeverbrauch	193 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Wärmeversorgung	Gasheizung (29 Jahre alt)

### Maßnahme 1 – smarte Heizkörperthermostate

Der Austausch der Heizkörperthermostate ist für viele Gebäude eine sinnvolle Maßnahme. Diese Maßnahme umfasst den Austausch der Thermostate gegen digitale/smarte Thermostate. Digitale Thermostate bergen den Vorteil der Einstellungsmöglichkeit der Heizzeiten (z.B. Nachtabsenkung). Weiterhin können moderne Thermostate einen rapiden Temperaturabfall erkennen und verhindern das Heizen bei geöffneten Fenstern. Im Heizsystem kann unnötigem Heizen bei nicht Benutzung von Räumen oder ähnlichem vorgebeugt werden. In der vorgenommenen Berechnung wurde eine Einsparung von 5 % angenommen. Diese variiert, je nach Nutzerverhalten, teilweise stark, sodass auch Einsparung von etwa 10 % oder weniger als 5 % möglich sind.

### **Maßnahme 2.1 – Gebäudehülle (WDVS)**

Der vorhandene Wandaufbau des Gebäudes weist bereits relativ gute Dämmeigenschaften auf und bietet keine Möglichkeit für eine Einblasdämmung, da dieser über keinen Luftspalt verfügt. Daher wurde auch hier mit einem WDVS eine Alternative dazu geprüft. Das WDVS hat das Potenzial die Wärmeverluste um etwa 13 % zu reduzieren. Voraussetzung für die Durchführung einer solchen Maßnahme ist die Überprüfung des Wandaufbaus durch eine fachkundige Person. Dieser Schritt ist notwendig, um mögliche Feuchtigkeitsansammlungen in den Wänden zu vermeiden. Neben der Energieeinsparung würde durch diese Maßnahme auch die Behaglichkeit und damit das Raumklima verbessert.

### **Maßnahme 2.2 – Gebäudehülle (Fenster austausch)**

Bei diesem Gebäude ist die kostenintensivste Maßnahme der Austausch der Fenster. Ein typischer Fensteraustausch wird bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von 2,8 W/(m<sup>2</sup>K) und höher entsprechen sie nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m<sup>2</sup>K) für Fenster angenommen. Die Fläche der Fenster beträgt etwa 25 m<sup>2</sup>. Durch die geringen Einsparungen im Vergleich zu den hohen Investitionskosten amortisiert sich ein Fensteraustausch in diesem Fall erst nach 28 Jahren. Hierbei gilt es abzuwägen, ob die Fenster ausgetauscht werden sollen, bevor dies, beispielsweise aufgrund von Schäden, notwendig ist.

### **Maßnahme 3 – Heizungs austausch (Luft-Wärmepumpe)**

Die Gasheizung hat mit einem Alter von 29 Jahren die übliche Lebensdauer bereits überschritten, sodass über einen Ersatz nachgedacht werden muss. Da momentan hohe Förderquoten verfügbar sind, soll eine alternative Heizungsoption aufgezeigt werden. Beispielhaft ist hier eine Luft-Wärmepumpe betrachtet worden. Dabei wurde die Anschaffung der Wärmepumpe mit der Ersatzinvestition in einen neuen Gaskessel verglichen. Es ist zu beachten, dass es sich hierbei um eine Betrachtung der Vollkosten handelt, sodass Kosten für Wartung und Instandhaltung oder Ersatzinvestitionen berücksichtigt sind. Allerdings sind hier keine Kosten für eventuelle Investitionen zur Senkung der Vorlauftemperatur betrachtet worden (Heizflächen vergrößern, Fußbodenheizung, Maßnahmen an der Gebäudehülle), welche ggf. beim Umstieg auf eine Wärmepumpe nötig wären. Bei klassischem Heizverhalten haben Bestandsgebäude typischerweise eine Vorlauftemperatur von 85-60 °C. Diese hohe Temperatur ist nicht in allen Fällen nötig und kann heruntergeregelt werden. Eine Wärmepumpe fängt bei einer Vorlauftemperatur von 50 °C und darunter an effizient zu arbeiten. Geringere Temperaturen sind vorzuziehen. Um die Kosten einer Wärmepumpe darzustellen, wird davon ausgegangen, dass dieses Gebäude bei bestehendem Heizsystem mit einer Luftwärmepumpe beheizt werden kann. Wärmepumpen sind in Bestandsgebäuden möglich einzusetzen. Eine reale technische Umsetzung muss jedoch eingehender geprüft werden.

Durch den von der KfW vorgegebenen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 560 g/kWh für den deutschen Strommix und eine konservativ angesetzte Jahresarbeitszahl von 2,6 ergibt sich eine Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von 1.000 kg pro Jahr für diese Maßnahme. Da der Emissionsfaktor für Netzstrom jedoch schon heute weit geringer ist, mit dem Ziel der Bundesregierung eines Klimaneutralen Netzstromes bis 2035 in Zukunft noch weiter sinken wird und die Jahresarbeitszahl laut Herstellerangaben höher liegen kann, ist diese Maßnahme mit einer weitaus besseren CO<sub>2</sub>-Bilanz zu bewerten.

### Zusammenfassung Hollenbeker Weg 3

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung der Maßnahme M1 und M2 sind mit 20 % angesetzt (15 % + 5 % iSPF-Bonus). Der Austausch der Heizkörperthermostate fällt in die Kategorie *Anlagentechnik* des BAFA-Programms *Bundesförderung für effiziente Gebäude*. Die Förderung der Maßnahmen M2 ist eine Maßnahme an der Gebäudehülle und fällt unter die Kategorie *Einzelmaßnahme an der Gebäudehülle*. Für M3 wurde eine Förderung von 50 % angesetzt, die sich aus 30 % Grundförderung und 20 % Geschwindigkeitsbonus zusammensetzt (vgl. Abschnitt 4.3.1). Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet und ist auf die Investition mit Förderung bezogen. Für M3 wird keine Amortisationszeit aufgezeigt, da lediglich der Kostenvorteil der Wärmepumpe gegenüber einer Neuanschaffung der bisher genutzten Technologie dargestellt wird.

Tabelle 4-7: Zusammenfassung der Mustersanierungen Hollenbeker Weg 3

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Einsparung	Amortisation	jährl. Einsparung
<b>Smarte Thermostate</b>	750 €	150 €	600 €	5 %	150 €/a	4	280 kg/a
<b>WDVS</b>	min: 10.320 €	min: 2.060 €	min: 8.260 €	13 %	400 €/a	min: 17	870 kg/a
	max: 20.600 €	max: 4.120 €	max: 16.480 €			max: 26	
<b>Fenstertausch</b>	23.500 €	4.700 €	18.800 €	13 %	400 €/a	28	870 kg/a
<b>Wärmepumpe</b>	28.800 €	14.400 €	14.400 €	63 % <sup>1</sup>	100 €/a <sup>2</sup>	-	1.000 kg/a

<sup>1</sup> Endenergieeinsparung (Strom gegenüber Gas)

<sup>2</sup> Bezogen auf die Vollkosten über 20 Jahre

## 4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNGSLSÖSUNGEN

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

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

### **ÖLHEIZUNG**

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

### **GASHEIZUNG**

Erdgas, welches aus einem deutschlandweiten Verbundnetz oder einem Speicher 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 freigesetzt.

### **HOLZPELLETKESEL**

Die Holzpellets werden in einem, sich in der Nähe der Heizungsanlage befindlichen, Vorratstank gelagert. Von dort aus werden sie meist automatisch zur Verbrennung geleitet. Die Verbrennung findet sehr sauber statt, es fällt verhältnismäßig wenig Asche an. Dennoch benötigt 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>-Kreislaufs die Bilanz kurz- und mittelfristig negativ ist.

### **HACKSCHNITZELKESEL**

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

### **WÄRMEPUMPE**

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

### **SOLARTHERMIE**

Solarthermieanlagen werden typischerweise auf Gebäudedächern installiert. Die Sonnenstrahlung trifft auf eine Absorberfläche, die die Wärme an in Schlangen gelegte Rohrleitungen innerhalb des

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

## PHOTOVOLTAIK IN KOMBINATION MIT HEIZSTAB

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

### 4.4.1 VOLLKOSTENVERGLEICH

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 Seedorf 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.

Die in Tabelle 4-8 gezeigten Werte beruhen sowohl auf eigenen Ermittlungen als auch auf Werten vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021) und des C.A.R.M.E.N e. V. (C.A.R.M.E.N e.V., 2022). Die Kosten für Wärmepumpen orientieren sich an aktuellen Preisen. Es wurden die aktuellen Fördersätze nach BEG vgl. Abschnitt 4.3.1 berücksichtigt.

Tabelle 4-8: Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Bezeichnung	Wert
Wärmebedarf	22.500 kWh
Laufzeit	20 a
Zinssatz	3,6 %
Inflation	2,5 %
Gaskessel	8.000 €
Luft Wärmepumpe	23.500 €
Photovoltaik (7,3 kWp)	10.220 €
Batterie (7,3 kWh)	4.380 €
Holz Pelletkessel	30.000 €
Wärmespeicher	1.500 €
Wirkungsgrad Gas-/Holzpelletkessel	0,95
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe	2,6
Strompreis Netzbezug	35 ct/kWh
Biogas	15 ct/kWh
WP-Strom	28 ct/kWh
Holzpellets	5,7 ct/kWh

In diesem Vergleich wird davon ausgegangen, dass eine bestehende Heizung in einem Gebäude mit einem Wärmebedarf von 22.500 kWh/a durch ein alternatives Heizsystem nach GEG ersetzt wird. Die Heizungsförderung wurde bei den Heizungen, die für eine Förderung in Frage kommen, mit 50 % der Investitionskosten angenommen. Abbildung 4-11 zeigt die betrachteten Varianten (Gaskessel mit Nutzung von Biogas, Pelletheizung, Wärmepumpe und Wärmepumpe mit PV und Batterie) und die entsprechenden Vollkosten.

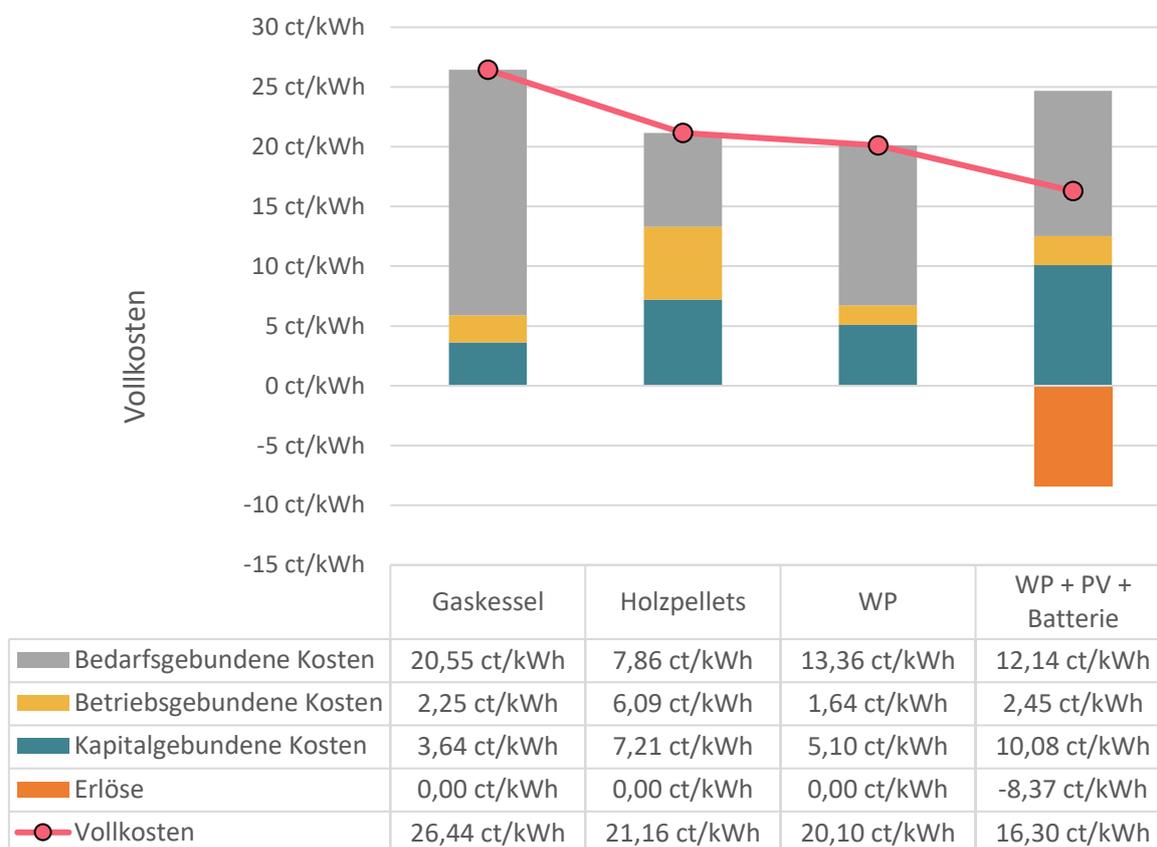


Abbildung 4-11: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Mit **26,44 ct/kWh** stellt der **Gaskessel mit Biogas** die unwirtschaftlichste Lösung dar. Der Betrieb einer Gasheizung mit Biogas kann eine sinnvolle Lösung sein, allerdings muss der dauerhafte Bezug von mindestens 65 % Ökogas über ein Nachweissystem vertraglich gesichert werden. Da in Zukunft mit einer hohen Nachfrage bei Ökogas zu rechnen ist, muss auch mit deutlichen Preissteigerungen gerechnet werden (BMKW, 2022).

Mit einer **Pelletheizung** können ähnliche Vollkosten (**21,16 ct/kWh**), wie mit einem erdgasbetriebenen Gaskessel erreicht werden. Dies liegt vor allem an den hohen Aufwendungen für Wartung, Inspektion und Instandhaltung, da die Brennstoffkosten selbst deutlich geringer sind. Zudem ist zu beachten, dass Pellets aus Sägespänen hergestellt werden. Diese fallen in Sägewerken als Reststoff an und können daher gut energetisch verwertet werden. Stehen keine Sägespäne als Reststoff zur Verfügung oder übersteigt die Nachfrage nach Pellets die anfallende Reststoffmenge, müssen Pellets aus Stammholz als Primärprodukt hergestellt werden. Die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens ist bei den derzeitigen Preisen für Pellets als fraglich anzusehen, wobei bei einer sichergestellten Versorgung mit Pellets aus Sekundärprodukten die geringsten Brennstoffkosten bei den verglichenen Varianten erreicht werden.

Die **Wärmepumpe** stellt mit Vollkosten von **20,10 ct/kWh** die zweitgünstigste Alternative dar.

Die wirtschaftlichste Lösung über die nächsten 20 Jahre ist unter den getroffenen Annahmen (Tabelle 4-8) die Variante **Wärmepumpe + PV + Batterie** mit Vollkosten von **16,30 ct/kWh**, was im Vergleich zur Wärmepumpe ohne PV & Batterie auf die zusätzlichen Einsparungen durch die Nutzung des erzeugten Stroms im Haushalts- und Wärmepumpenstrom zurückzuführen ist.

**Auf den Punkt.**

- Unter Betrachtung der Aspekte Ökologie, Technologie und Wirtschaftlichkeit ist in diesem Vergleich die beste Lösung zur dezentralen Wärmeversorgung die **Wärmepumpe** in Kombination mit **PV und Batteriespeicher**, ist jedoch mit insgesamt hohen Investitionskosten verbunden
- Die Kombination aus Wärmepumpe und PV ist aufgrund der saisonalen Differenz zwischen regenerativer Stromerzeugung und Wärmebedarf technisch weniger sinnvoll, hat jedoch durch die Erträge der Stromnutzung und Einspeisevergütung eine positive Auswirkung auf die Vollkosten der Wärmeabgabe
- **Gasheizungen** sind nur begrenzt für eine Neuanschaffung geeignet
- Allgemein kann die Wärmepumpe auch für Bestandsgebäude eine sinnvolle Lösung sein. Als Orientierungswert sollte ab einem spezifischen Wärmebedarf von über 150 kWh/(m<sup>2</sup>·a) vorrangig eine energetische Sanierungsmaßnahme in Betracht gezogen werden. Es muss jedoch immer im Einzelfall die Eignung einer Wärmepumpe geprüft werden

Die folgenden Betrachtungen vergleichen ein mögliches Wärmenetz anhand dieser Vollkosten. Es sei jedoch betont, dass die ermittelten Werte lediglich eine Tendenz für einzelne Lösungen darstellen. Ein genauer Vollkostenvergleich muss individuell für jedes Gebäude mit aktuellen Angeboten erfolgen. Gegebenenfalls sind bei der Installation einer Wärmepumpe zusätzliche Maßnahmen wie der Einbau einer Fußbodenheizung zu berücksichtigen.

**4.4.2 EMISSIONEN DEZENTRALER WÄRMEVERSORGUNGSLÖSUNGEN**

Bei der Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden alle Einzellösungen mit einem erdgasbefeuerten Gaskessel verglichen, da dieser im Bestand am häufigsten anzutreffen ist. Die Ergebnisse dieses CO<sub>2</sub>-Vergleichs sind in Tabelle 4-9 dargestellt. Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen anzusetzenden spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, 2022) die Emissionen der Wärmepumpe mit 4.850 kg die geringste Einsparung von ca. 10 % gegenüber dem Gaskessel aufweisen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Netzstroms in den folgenden Jahren weiter sinken werden und 2035 0 g/kWh erreichen sollen, womit durch die Nutzung einer Wärmepumpe keine bedarfsbedingten Emissionen anfallen würden. Durch den Einsatz der PV-Anlage können bereits heute die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmepumpe auf 4.400 kg/a reduziert werden. Beim Einsatz von Biomethan reduziert sich der Ausstoß um ca. 42 % auf 3.150 kg/a. Die geringsten Emissionen werden jedoch mit 450 kg/a von der Pelletheizung verursacht, sofern es sich um nachhaltig produzierte Pellets handelt.

Tabelle 4-9: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen der individuellen Lösungen

Technologie Energieträger	Gaskessel		Wärmepumpe		Pelletkessel Holz
	Erdgas (Referenz)	Biomethan	Netzstrom	Netzstrom (mit PV)	
spezifische CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh]	240	140	560	560	20
benötigte Energie [kWh/a]	22.500	22.500	8.650	7.860	22.500
CO <sub>2</sub> -Emission [kg/a]	5.400	3.150	4.850	4.400	450
rel. Änderung zur Referenz [%]	0	- 42	- 10	- 18	- 92

## 4.5 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

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

### 4.5.1 WÄRMENETZ

Während der Entwicklung des Quartierkonzeptes konnte ein möglicher Standort für die Heizzentrale identifiziert werden. Hierbei handelt es sich um einen Vorschlag, die Erschließung eines finalen Standorts muss während einer weiteren Planung erfolgen. Für die folgende Betrachtung wurde in Abstimmung mit der Lenkungsgruppe der Standort südlich der K78, zentral am Ort liegend, gewählt. Abbildung 4-12 zeigt einen möglichen Verlauf der Hauptverteiltrasse.

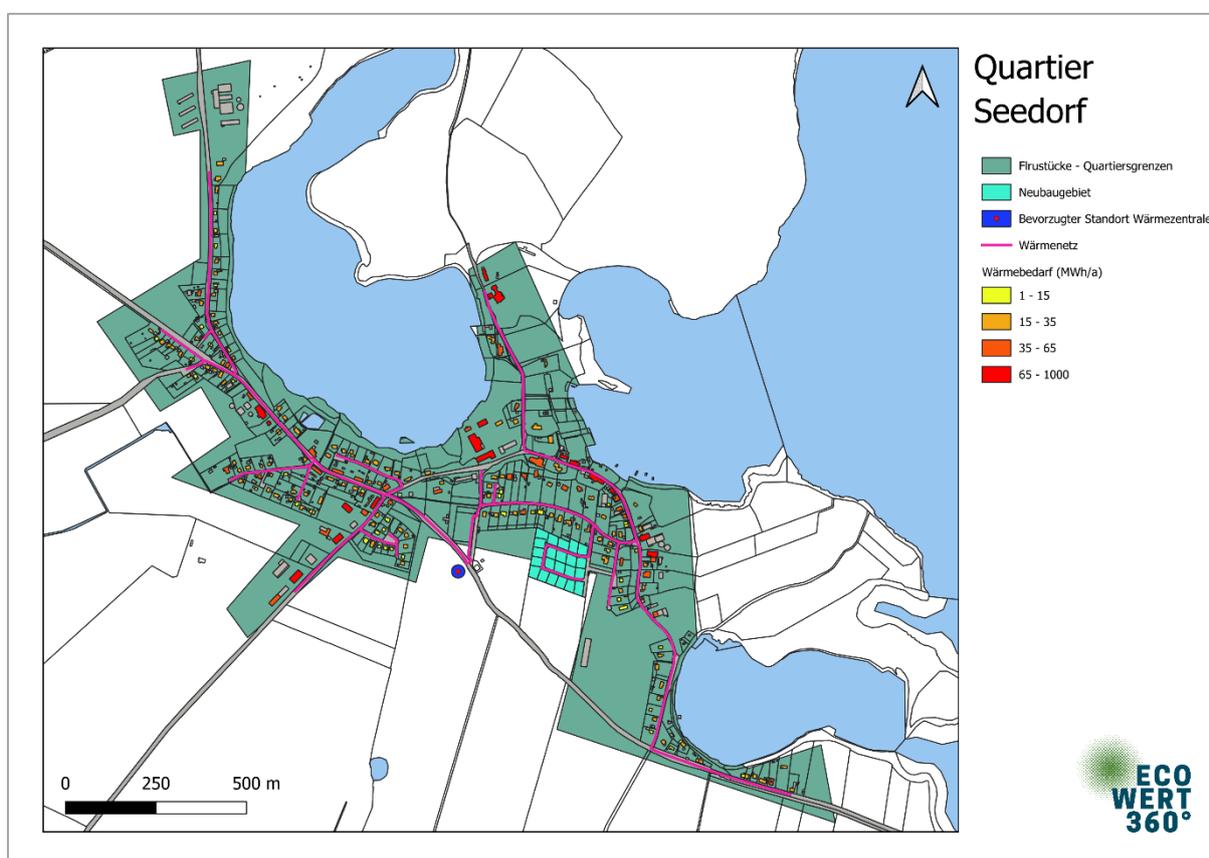


Abbildung 4-12: Leitungsverlauf eines Wärmenetzes im Quartier Seedorf

Das mögliche Wärmenetz für Seedorf würde eine Haupttrasse von 6,3 km Länge umfassen. Insgesamt sind 215 Hausanschlüsse geplant, mit einer durchschnittlichen Anschlusslänge von 20 m pro Haus. Die Dimensionierung der Hausanschlüsse richtet sich dabei nach dem Wärmebedarf der jeweiligen Liegenschaften. Die jährliche Wärmearbeit des Netzes beträgt 8.760 MWh, wobei 18 % Netzverluste bereits eingerechnet sind. Geplant ist, das Wärmenetz mit einer gleitenden Vorlauftemperatur von 75 °C bis 85 °C zu betreiben. Im Winterlastfall wird eine Spitzenlast von 3.000 kW benötigt, um das gesamte Quartier zu beheizen.

#### 4.5.2 LINIENDICHTE

Die Liniendichte eines Wärmenetzes wird in der Praxis häufig als Indikator für die Wirtschaftlichkeit eines Fernwärmesystems herangezogen. Sie beschreibt, wie effizient die Infrastruktur genutzt wird, indem sie die transportierte Wärmemenge pro Leitungslänge misst. Ein höherer Wert deutet auf eine intensivere Nutzung des Netzes hin, was oft mit einem effizienteren und wirtschaftlicheren Betrieb gleichgesetzt wird. Allerdings ist diese Interpretation nur bedingt zutreffend und kann bei wirtschaftlichen Entscheidungen zu Fehlschlüssen führen.

##### Berechnung und Einflussfaktoren der Liniendichte

Die Liniendichte berechnet sich als das Verhältnis der jährlich abgegebenen Wärmemenge zu der Gesamtlänge des Verteilnetzes:

$$\text{Liniendichte} = \frac{\text{Wärmeabgabe (MWh/a)}}{\text{Leitungslänge Verteilnetz (m)}}$$

Entscheidende Faktoren, die die Liniendichte beeinflussen, sind:

- **Versorgungsdichte:** In dicht besiedelten Gebieten, wie Stadtzentren, ist die Liniendichte i.d.R. höher, da eine größere Anzahl von Gebäuden und Verbrauchern über kürzere Leitungstrecken versorgt wird.
- **Netzauslegung und Betriebsweise:** Die Auslegung der Rohrdimensionen und die Temperaturregelung haben einen erheblichen Einfluss. Überdimensionierte Leitungen können zu unnötig hohen Wärmeverlusten führen und die Liniendichte reduzieren.
- **Wärmebedarf der angeschlossenen Gebäude:** In Gebieten mit hohem Wärmebedarf, wie industriellen Anwendungen, ist die Liniendichte höher als in Wohngebieten mit energieeffizienten Gebäuden.

##### Aussagekraft und Kritik an der Liniendichte

Die Liniendichte wird häufig als **Schlüsselindikator für die Effizienz eines Wärmenetzes** herangezogen. Sie erlaubt auf den ersten Blick Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit und den energetischen Nutzen des Systems. Dennoch ist diese Kennzahl **kritisch zu betrachten**, da sie nur bedingt aussagekräftig ist und mehrere Einschränkungen aufweist:

1. **Regionale Unterschiede:** In ländlichen Gebieten oder dünn besiedelten Vororten ist die Liniendichte naturgemäß niedriger. Ein Vergleich mit dicht besiedelten urbanen Netzen ist daher irreführend, da infrastrukturelle Gegebenheiten die Liniendichte stark beeinflussen und die Zahlen verzerren können.
2. **Unberücksichtigte Wärmeverluste:** Die Liniendichte gibt keine direkte Auskunft über die **Wärmeverluste im Netz**. Ein System mit hoher Liniendichte könnte trotzdem hohe Wärmeverluste aufweisen, wenn z.B. schlecht isolierte oder veraltete Leitungen verwendet werden.
3. **Flexibilität des Netzes:** In der heutigen Transformation hin zu dezentralen und flexiblen Energiesystemen verliert die Liniendichte an Bedeutung, da auch **dezentrale Einspeisungen**, z.B. durch erneuerbare Energien oder industrielle Abwärme, die Effizienz des Systems erhöhen können, ohne die Liniendichte wesentlich zu beeinflussen.

4. **Keine direkte Korrelation zur Nachhaltigkeit:** Hohe Liniendichten sind nicht unbedingt mit einem **umweltfreundlichen** System gleichzusetzen. Ein Wärmenetz, das durch fossile Energieträger gespeist wird, könnte eine hohe Liniendichte haben, aber dennoch eine schlechte Klimabilanz aufweisen.

### Fazit

Die Liniendichte eines Wärmenetzes stellt einen nützlichen, aber **limitierten Indikator** dar, um grobe Vergleiche in der Auslegung und Effizienz von Wärmenetzen zu ermöglichen. Ihre Aussagekraft sollte jedoch stets im Kontext anderer Parameter, wie der **Wärmeverluste**, der **Erzeugungsstruktur** und der **Versorgungsdichte** gesehen werden. Zudem ist es entscheidend, regionale und systemische Unterschiede bei der Bewertung von Wärmenetzen zu berücksichtigen, um fundierte Schlüsse über deren Effizienz und Wirtschaftlichkeit ziehen zu können.

### Liniendichte in Seedorf

In der Tabelle 4-10 ist die Liniendichte in Abhängigkeit von der Anschlussquote für das gesamte Quartiersgebiet abgebildet.

Tabelle 4-10: Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote (gesamtes Quartier)

Anschlussquote	Liniendichte [kWh/(m*a)]
30%	335
50%	558
70%	782
100%	1.117

Abbildung 4-13 zeigt die Liniendichte in den einzelnen Abschnitten bei 100 % Anschlussquote. Dabei ist zu beachten, dass sich die Darstellung auf das jeweilige Gebiet konzentriert, ohne die davor oder danach liegenden Abschnitte des Wärmenetzes zu berücksichtigen. Die Unterteilung der Abschnitte beruht in erster Linie auf den jeweiligen Straßenzügen. Lange Straßen wurden unterteilt bzw. Straßen mit weniger als fünf Gebäuden logisch mit anderen Straßenabschnitten zusammengefasst.

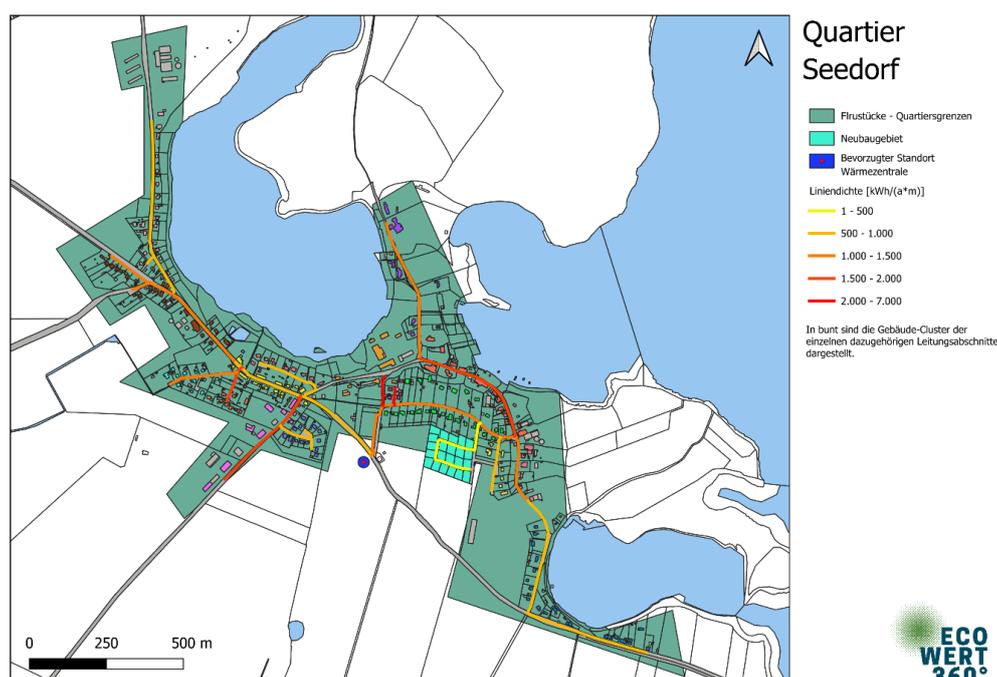


Abbildung 4-13: Liniendichte bei 100% Anschlussquote

### 4.5.3 ERZEUGUNGSKONZEPTE

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

Neben den unterschiedlichen Wärmeerzeugern verfügen beide Konzepte über einen Gaskessel zur Spitzenlastabdeckung und Redundanz sowie einen Wärmespeicher zur Betriebsoptimierung. Der regenerative Energiebezug wurde anhand des Erzeugerlastgangs einer hierfür angenommenen PV-Anlage mit einer Leistung von 1.500 kWp umgesetzt. In allen Szenarien zur Wärmeerzeugung wird davon ausgegangen, dass der PV-Strom von einem externen Erzeuger zugekauft wird und somit keine Investitionskosten und Gewinne durch den Stromverkauf anfallen.

#### **SZENARIO 1: WÄRMEPUMPE + HOLZHACKSCHNITZELKESSEL**

In diesem Szenario wird die Wärmeversorgung des Quartiers vorwiegend durch erneuerbare Energien sichergestellt, wobei die Wärmepumpe die Grundlastversorgung übernimmt. Dies ist möglich, da die Wärmepumpe primär mit Strom aus Photovoltaikanlagen betrieben wird, die besonders im Sommer eine hohe Verfügbarkeit haben. Der restliche Energiebedarf zur Wärmeerzeugung wird über das öffentliche Stromnetz bezogen. Die Großwärmepumpe nutzt Umgebungsluft als Wärmequelle. Grundsätzlich wären auch andere Wärmequellen möglich, aber wie bereits beschrieben, ist die Nutzung von Erdwärme über Sonden oder Kollektoren mit höheren Investitionskosten verbunden und eine genauere Betrachtung erst nach der Durchführung eines Geothermal Response Test und einer anschließenden Simulation des Sondenfeldes möglich. Somit ist die Wahl für folgende Betrachtungen zunächst auf die Luft-Wärmepumpe gefallen.

Die erzeugte Wärme wird in einem 1.000 m<sup>3</sup> großen Wärmespeicher zwischengespeichert, um eine kontinuierliche und bedarfsgerechte Versorgung zu gewährleisten. Neben der Wärmepumpe, die mit 700 kW thermischer Leistung arbeitet, ist auch ein Heizstab (700 kW thermisch) installiert, der ebenfalls mit überschüssigem erneuerbarem Strom betrieben wird. Dieser kommt bei Spitzenlasten oder in Zeiten besonders hoher Nachfrage zum Einsatz.

Zur Unterstützung der Wärmeerzeugung, insbesondere bei geringem PV-Strom im Winter, wird ein Pellet-/Hackschnitzelkessel mit einer Leistung von 900 kW eingesetzt. Dieser Kessel stellt eine wichtige Ergänzung dar, um eine effiziente Wärmeversorgung während der kälteren Monate zu gewährleisten.

Zusätzlich steht ein Spitzenlast- und Redundanzkessel mit einer Leistung von 3.000 kW zur Verfügung, der mit Biomethan oder Gas betrieben wird. Dieses System garantiert die Versorgungssicherheit und springt ein, wenn weder ausreichend erneuerbare Energie noch Wärme aus den anderen Quellen bereitgestellt werden kann.

Die Wärmepumpe deckt 55 % der Wärmeerzeugung ab, während der Pellet-/Hackschnitzelkessel einen Anteil von 35 % übernimmt. Der Spitzenlastkessel liefert die verbleibenden 10 % der Wärme für das Fernwärmenetz.

In Abbildung 4-14 wird die Konzeptskizze dieses Szenarios schematisch dargestellt.

### Szenario 1:

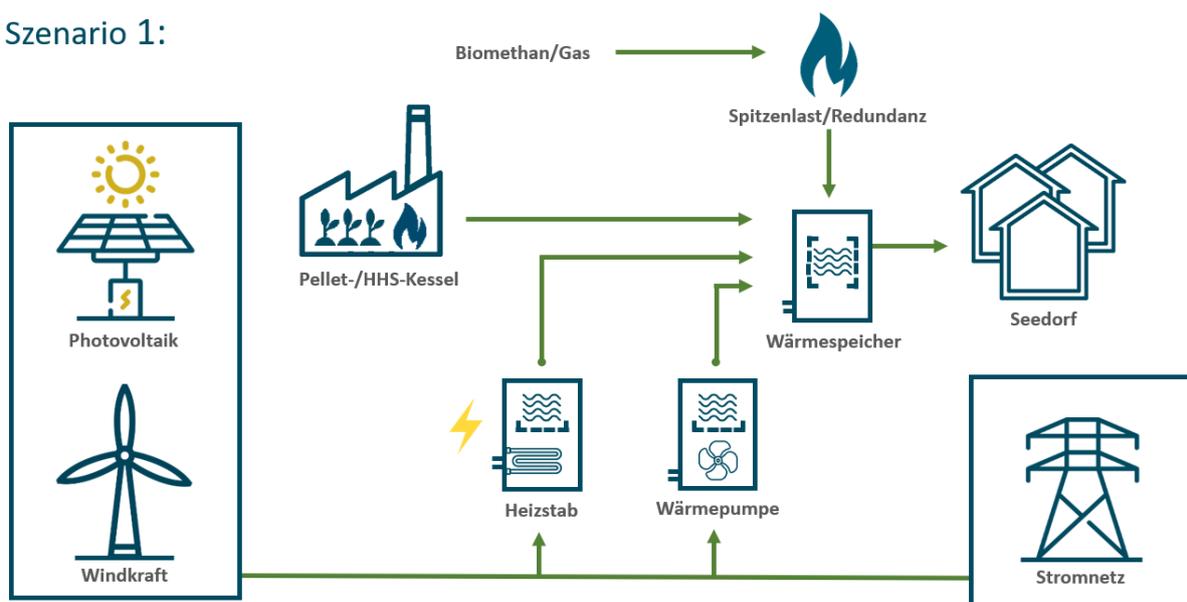


Abbildung 4-14: Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios

Das erste Szenario zeichnet sich durch eine vielseitige und robuste Wärmeversorgung aus. Die Kombination aus einer Wärmepumpe, einem Pellet- bzw. Holz hackschnitzelkessel und einem Heizstab sorgt für eine flexible Deckung der Grund-, Mittel- und Spitzenlast. Die Wärmepumpe wird als Grundlastträger eingesetzt und kann besonders im Sommer, wenn viel erneuerbarer Strom aus der Photovoltaikanlage zur Verfügung steht, kostengünstig und emissionsarm betrieben werden. Durch den Einsatz des Pellet-/Holz hackschnitzelkessels wird ein nachhaltiger Brennstoff genutzt, was zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen beiträgt. Der Heizstab fungiert als zusätzliche Absicherung, insbesondere bei hoher Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom, und ermöglicht eine einfache Abdeckung von Lastspitzen. Zudem erhöht der 1.000 m<sup>3</sup> Wärmespeicher die Flexibilität des Systems, da er überschüssige Wärme aufnimmt und bei Bedarf zur Verfügung stellt.

Trotz der Vorteile gibt es auch einige Nachteile in diesem Szenario. Die Wärmepumpe ist stark auf die Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom angewiesen, was bei ungünstigen Wetterbedingungen zu einer eingeschränkten Effizienz führen kann. Der Pellet- bzw. Holz hackschnitzelkessel benötigt regelmäßige Brennstofflieferungen und Wartung, was zusätzliche Betriebskosten verursacht. Zudem kann der Heizstab, obwohl er als Backup fungiert, hohe Stromkosten verursachen, da er direkt Strom in Wärme umwandelt, was weniger effizient ist als andere Technologien. Die Abhängigkeit von verschiedenen Energiequellen und Technologien macht das System insgesamt komplexer und erfordert eine genaue Steuerung, um einen optimalen Betrieb zu gewährleisten. Schließlich sind die Investitionskosten aufgrund der Vielzahl an Komponenten wie dem großen Wärmespeicher und dem Kessel vergleichsweise hoch.

## SCENARIO 2: PYROLYSE + WÄRMEPUMPE + HOLZHACKSCHNITZELKESSEL

Dieses Szenario kombiniert verschiedene Technologien zur effizienten Wärmeversorgung des Quartiers Seedorf. Eine zentrale Komponente ist die Pyrolyseanlage, die eine Wärmearbeit von 600 kW erbringt. Bei der Pyrolyse entstehen als Nebenprodukte Biochar und handelbare CO<sub>2</sub>-Zertifikate, die zur ökologischen und wirtschaftlichen Nachhaltigkeit des Systems beitragen. Die erzeugte Wärme aus der Pyrolyse wird in einem Wärmespeicher mit einem Volumen von 1.000 m<sup>3</sup> zwischengespeichert, von wo sie dann in das Quartiersnetz eingespeist wird.

Zur Mittellastdeckung werden sowohl die 600 kW starke Luft-Wärmepumpe als auch der Pellet-/Hackschnitzelkessel (HHS) mit einer Leistung von 400 kW eingesetzt. Diese beiden Komponenten arbeiten zusammen, um eine flexible und effiziente Versorgung in Phasen mittlerer Nachfrage zu gewährleisten. Die Wärmepumpe wird zum Teil mit Strom aus einer Photovoltaikanlage betrieben, was die Nutzung erneuerbarer Energien steigert und die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert.

Der HHS-Kessel nutzt Holz hackschnitzel und dient der Unterstützung der Wärmepumpe bei der Mittellast. Für die Spitzenlast und als Redundanz ist eine Anlage mit 3.000 kW vorgesehen, um auch bei unerwartet hohem Bedarf oder Ausfall anderer Komponenten die Wärmeversorgung sicherzustellen.

Die Pyrolyseanlage bietet durch ihre Nebenprodukte Biochar und CO<sub>2</sub>-Zertifikate sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile. Die Biochar kann zur Bodenverbesserung eingesetzt werden, während die CO<sub>2</sub>-Zertifikate am Markt gehandelt werden können, was zusätzliche Einnahmen generiert.

Einen Anteil von 35 % der Wärme wird durch die Pyrolyse erzeugt, 43 % durch die Wärmepumpe und 13 % durch den Holz hackschnitzelkessel. Die verbleibenden 9 % werden vom Spitzenlastkessel bereitgestellt.

### Szenario 2:

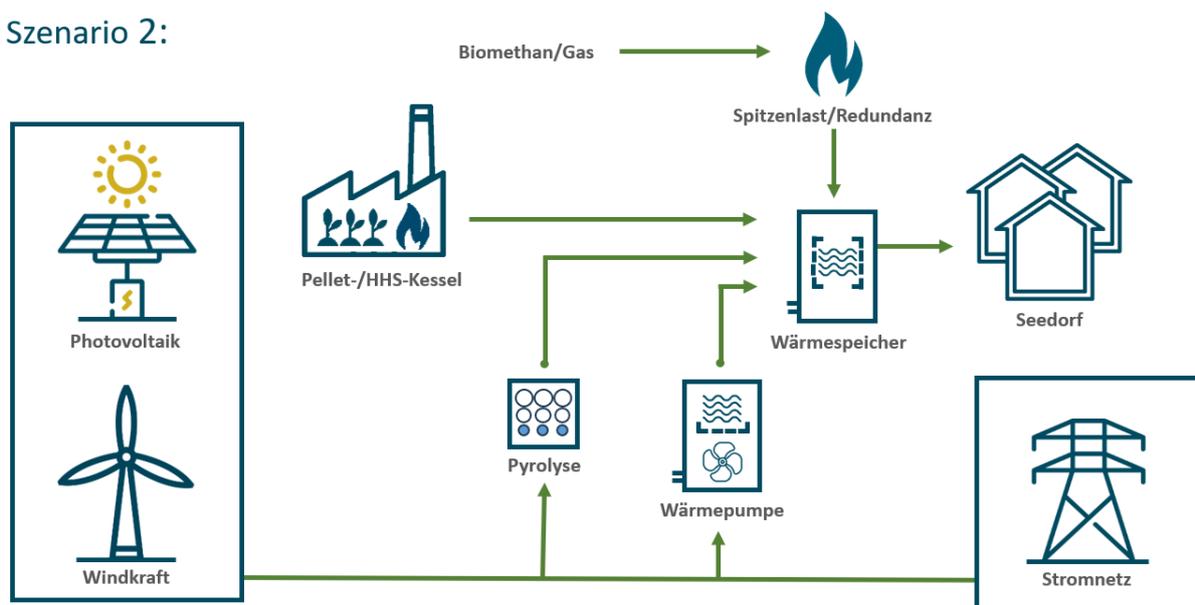


Abbildung 4-15: Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios

Das Szenario bietet zahlreiche Vorteile, insbesondere durch die Kombination verschiedener Technologien zur effizienten Wärmeerzeugung. Die Wärmepumpe und der HHS-Kessel decken gemeinsam die Mittellast, was für eine flexible und effiziente Versorgung sorgt. Dies senkt die

Betriebskosten und den Primärenergieverbrauch. Die Pyrolyseanlage bringt durch ihre Nebenprodukte wie Biochar, das zur Bodenverbesserung verwendet werden kann, und handelbare CO<sub>2</sub>-Zertifikate zusätzliche ökologische und wirtschaftliche Vorteile. Durch die Nutzung von Photovoltaik wird die Wärmepumpe zum Teil mit erneuerbarer Energie betrieben, was die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert und die Umweltbilanz verbessert. Zudem sorgt die Spitzenlastanlage mit 3.000 kW dafür, dass auch bei hohem Wärmebedarf oder im Falle technischer Probleme stets eine stabile Versorgung gewährleistet ist. Der flexible Einsatz von Biomethan oder Biogas im HHS-Kessel ermöglicht es, auf Lastschwankungen zu reagieren und die Wärmepumpe effizient zu unterstützen.

Jedoch bringt das Szenario auch Herausforderungen mit sich. Die Investitionskosten fallen aufgrund der komplexen Anlagenstruktur, insbesondere durch den Bau der Pyrolyseanlage und des Wärmespeichers, recht hoch aus. Zudem besteht eine gewisse Abhängigkeit von Holzhackschnitzeln, was bei möglichen Lieferengpässen problematisch sein könnte. Schließlich erhöht die Integration verschiedener Technologien die Komplexität des Systems, was sowohl den Betrieb als auch die Wartung anspruchsvoller macht.

### SCENARIO 3: BLOCKHEIZKRAFTWERK (BHKW) + HOLZHACKSCHNITZELKESSEL

In diesem Szenario wird das Blockheizkraftwerk (BHKW) bilanziell mit Biogas aus dem Gasnetz betrieben. Dies bedeutet, dass das eingespeiste Gas aus dem allgemeinen Gasnetz stammt, aber der Betreiber des BHKWs sicherstellt, dass die entsprechende Menge Biogas bilanziell verwendet wird. Ein besonderer Aspekt des Szenarios ist, dass nur die Wärme des BHKWs bezogen wird, während das BHKW selbst im Besitz eines externen Betreibers bleibt. Der Betreiber verkauft die erzeugte Wärme an das Wärmenetz, wodurch die Wärmeversorgung für das Quartier gewährleistet wird, ohne dass die Verantwortlichen des Quartiers die Kontrolle über den Betrieb des BHKWs übernehmen müssen.

Diese Struktur bringt den Vorteil, dass die Komplexität der technischen und finanziellen Verwaltung des BHKWs ausgelagert wird, während dennoch eine effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung sichergestellt ist. Gleichzeitig bleibt die erzeugte Wärme CO<sub>2</sub>-neutral, sofern das Biogas bilanziell korrekt bezogen wird.

#### Szenario 3:

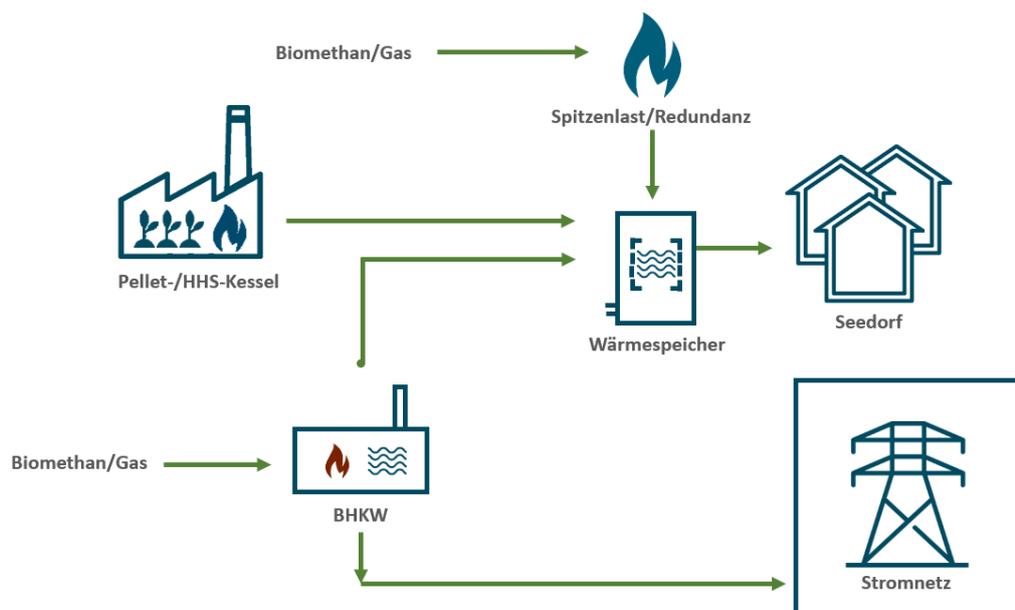


Abbildung 4-16: Konzeptskizze des dritten Erzeugungsszenarios

Ein wesentlicher Vorteil dieses Szenarios liegt in der Nutzung von Biogas, das bilanziell aus dem Gasnetz bezogen wird. Dadurch bleibt das System nachhaltig und CO<sub>2</sub>-neutral, da Biogas als erneuerbare Energiequelle gilt. Die Struktur, in der das BHKW im Besitz eines externen Betreibers bleibt, reduziert die technische und finanzielle Komplexität für das Wärmenetz, da der Betreiber die Verantwortung für Betrieb und Wartung des BHKWs übernimmt. Das Quartier profitiert dennoch von der konstanten Wärmebereitstellung, ohne selbst in die Infrastruktur des BHKWs investieren oder diese betreiben zu müssen. Die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erhöht zudem die Gesamteffizienz des Systems, da gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt werden, auch wenn in diesem Szenario nur die Wärme genutzt wird.

Ein Nachteil besteht darin, dass das Quartier vom externen Betreiber des BHKWs abhängig ist, was potenziell zu weniger Flexibilität führen kann, wenn es um Anpassungen des Wärmelieferungsvertrags oder Änderungen im Betrieb des BHKWs geht. Außerdem entfallen mögliche wirtschaftliche Vorteile, die durch den Eigenbetrieb des BHKWs und den Verkauf des erzeugten Stroms entstehen könnten. Die Abhängigkeit vom Biogaspreis im Gasnetz könnte langfristig wirtschaftliche Unsicherheiten mit sich bringen, insbesondere wenn sich die Preise für erneuerbare Brennstoffe ändern. Schließlich ist der Betrieb des BHKWs zwar bilanziell CO<sub>2</sub>-neutral, dennoch bleibt die direkte Integration von Strom aus erneuerbaren Quellen, wie beispielsweise Photovoltaik, in diesem Szenario ungenutzt, was die potenzielle Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen begrenzt.

#### **SZENARIO 4: WASSER-WASSER-WÄRMEPUMPE**

In diesem Szenario wird die Wärme über eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe (WWWP) erzeugt, die Wärme aus dem Schaalsee bezieht. Diese Art der Wärmegewinnung wird in der Schweiz oft verwendet und gilt als sehr effizient. Die Wärmepumpe hat eine Leistung von 1.600 kW und kann so die Grundlast der Wärmeversorgung sicherstellen. Für Zeiten hoher Wärmebedarfe oder für Redundanz ist eine Spitzenlastanlage mit einer Leistung von 3.000 kW vorgesehen, die über Biogas betrieben wird. Zusätzlich wird ein Heizstab eingesetzt, der Stromüberschüsse zur Wärmeezeugung nutzen kann, beispielsweise bei einem hohen Angebot an erneuerbarem Strom. Als erneuerbare Energiequelle dienen eine Freiflächen-PV-Anlage und Windkraftanlagen, die den Betrieb der Wärmepumpe und des Heizstabs mit grünem Strom unterstützen. Der erzeugte Strom wird entweder direkt genutzt oder in das Netz eingespeist.

Eine WWWP nutzt die thermische Energie von Wasserquellen wie Seen, Flüssen oder dem Grundwasser, um Wärme für die Gebäudebeheizung oder industrielle Prozesse bereitzustellen. Diese Technologie ist besonders effizient, da Wasser im Vergleich zur Außenluft konstante Temperaturen hat, insbesondere in tieferen Schichten eines Sees, wie im Fall des Schaalsees. Dies ermöglicht der Wärmepumpe, mit weniger Energieaufwand Wärme zu erzeugen, da sie ein relativ Temperaturdelta zwischen der Quelle (dem Wasser) und dem Ziel (der zu beheizende Gebäude) überwinden muss.

#### **Funktionsweise einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe:**

1. **Wasserentnahme:** Kaltes Wasser wird aus dem See, Fluss oder Grundwasser entnommen. Im Fall des Szenarios wird das Wasser aus dem Schaalsee gepumpt, wo die Wassertemperatur im Jahresdurchschnitt konstant bleibt.
2. **Wärmeübertragung:** Das Wasser durchströmt einen Wärmetauscher in der Wärmepumpe. Dabei gibt das Wasser seine Wärme an ein Kältemittel ab, das im geschlossenen Kreislauf der Wärmepumpe zirkuliert.

3. **Kältemittelverdampfung:** Das Kältemittel verdampft aufgrund der aufgenommenen Wärme bei niedrigen Temperaturen. Der Dampf wird anschließend in einem Verdichter komprimiert, wodurch seine Temperatur deutlich ansteigt.
4. **Wärmeabgabe:** Der heiße Dampf des Kältemittels gibt seine Wärme über einen zweiten Wärmetauscher an das Heizsystem des Gebäudes oder an einen Wärmespeicher ab. Das Kältemittel kondensiert dabei und der Kreislauf beginnt von vorne.
5. **Wasser-Rückführung:** Das abgekühlte Wasser wird zurück in den See geleitet, ohne dass das Ökosystem nennenswert beeinträchtigt wird, da die Wärmemenge, die dem Wasser entzogen wird, in der Regel gering ist.

#### Szenario 4:

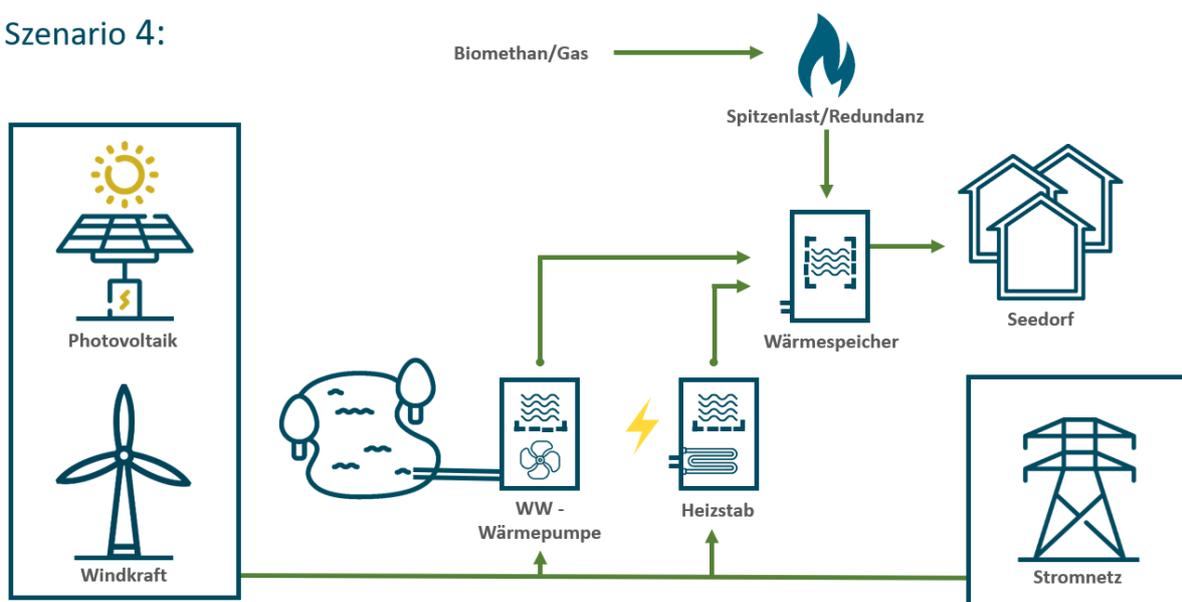


Abbildung 4-17: Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios

Die WWWP bietet mehrere Vorteile, insbesondere ihre hohe Effizienz. Da das Wasser, wie im Fall des Schaalsees, ganzjährig eine konstante Temperatur aufweist, kann die Wärmepumpe stabil und effizient arbeiten. Im Vergleich zu Luft-Wasser-Wärmepumpen, die bei niedrigen Außentemperaturen an Leistung verlieren, bleibt die Wasser-Wasser-Technologie auch im Winter leistungsstark. Dadurch wird weniger Strom benötigt, was eine hohe Jahresarbeitszahl (JAZ) zur Folge hat. In Kombination mit erneuerbaren Energiequellen wie Windkraft und Photovoltaik kann die Wärmepumpe praktisch emissionsfrei betrieben werden, was sie zu einer besonders klimafreundlichen Lösung macht.

Jedoch gibt es auch Herausforderungen. Die Installation einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe ist technisch anspruchsvoll und erfordert eine aufwendige Infrastruktur, da eine Entnahmestelle im Gewässer eingerichtet werden muss. Dies führt oft zu hohen Installationskosten und längeren Genehmigungsprozessen. Zudem unterliegt die Gewässernutzung strengen gesetzlichen Vorgaben, die beachtet werden müssen, um das Ökosystem nicht zu beeinträchtigen. Darüber hinaus kann die Effizienz der Anlage durch klimatische Veränderungen, wie Schwankungen der Wassertemperatur oder Wassermenge, negativ beeinflusst werden.

Insgesamt bietet die Wasser-Wasser-Wärmepumpe jedoch in Verbindung mit einer stabilen Wasserquelle wie dem Schaalsee eine sehr nachhaltige und effiziente Lösung für die Wärmeversorgung in Seedorf. Der Einsatz erneuerbarer Energien, wie Wind und Photovoltaik, unterstützt dieses Konzept zusätzlich und hilft dabei, eine möglichst emissionsarme Wärmeversorgung zu gewährleisten.

#### 4.5.4 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Für Wärmenetze gibt es verschiedene Fördermöglichkeiten, die im folgenden Abschnitt vorgestellt werden. Die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) hat am 15. September 2022 die Förderung Wärmenetze 4.0 abgelöst und ist die Grundlage für die Berechnungen in diesem Bericht (BAFA, 2022).

##### 4.5.4.1 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)

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

##### Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien

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

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

Grundsätzlich werden in Modul 2 alle Maßnahmen gefördert, die zur Errichtung eines Wärmenetzes erforderlich sind. Voraussetzung für die Umsetzungsförderung ist die Erstellung und Vorlage einer Machbarkeitsstudie entsprechend den Anforderungen aus Modul 1. Der Antragsteller muss anhand einer Wirtschaftlichkeitslückenberechnung aufzeigen, dass die Förderung für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist. Die Fördersumme ist auf die daraus resultierende Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt und beträgt mit einer Förderung von 40 % der förderfähigen Ausgaben maximal 100.000.000 € pro Antrag. Dauert der Bau eines Wärmenetzes laut Zeitplan länger als 48 Monate, sind vierjährige Maßnahmenpakete zu definieren, die jeweils als separate Anträge in Modul 2 zu stellen sind. Eine einmalige Verlängerung des Bewilligungszeitraums über 24 Monate also auf insgesamt 62 Monate für ein Maßnahmenpaket ist möglich.

##### Modul 3: Einzelmaßnahmen

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

## Modul 4: Betriebskostenförderung

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

### 4.5.4.2 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

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

### 4.5.4.3 Landesprogramm Wirtschaft - Nachhaltige Wärmeversorgungssysteme

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

### 4.5.4.4 Zinsgünstige Kredite

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

#### 4.5.5 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

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

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

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit beruht auf der VDI 2067 Richtlinie (Verein Deutscher Ingenieure, 2012) und berücksichtigt angenommene Preissteigerungen für Wartung oder Brennstoffe, Reinvestitionen und Restwerte der Anlagen. Zentrale Annahmen, die zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes getroffen wurden, werden in Tabelle 4-11 dargestellt.

Tabelle 4-11: Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bezeichnung	Wert
Betrachtungszeitraum (Vorgabe BEW)	30 a
Zinssatz	3,6 %
Preissteigerung Brennstoffe	2 %
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung	3 %
Erdgas	7 ct/kWh
Netzstrom	20 ct/kWh
PV -Strom	10 ct/kWh
CO <sub>2</sub> -Zertifikate	200 €/t
Bio-Kohle	377 €/t
Kosten Pyrolyse	12 ct/kWh
Kosten HHS	6 ct/kWh
Kosten BGA Wärme Bezug	7 ct/kWh
Baukostenzuschuss	17.500 €

Der Baukostenzuschuss ist als Betrag zu verstehen, der vom Anschlussnehmer für den Anschluss an das Wärmenetz inklusive Übergabestation gezahlt werden muss. Es ist zu beachten, dass dieser für die Berechnung dieses Berichtes angenommen wurde und somit nicht als festgesetzter Wert zu verstehen ist. Die Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes ergeben sich aus einer Entwurfsplanung mit aktuellen Preisen der einzelnen Gewerke. Für die beim Wärmenetzbau benötigten Erdarbeiten ist die konservative Annahme getroffen worden, dass 100 % durch Schwarzdecke verlegt werden muss. Die Gesamtkosten sind Tabelle 4-12 zu entnehmen. Alle nachfolgenden Kosten werden in netto angegeben.

Tabelle 4-12: Investitionskosten des Wärmenetzes

Bezeichnung	Nettoinvestition
Fernwärmeleitung	5.944.000 €
Hausanschlüsse 100 %	2.795.000 €
<b>Gesamtinvestition</b>	<b>8.739.000 €</b>
Förderung	3.496.000 €
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>	<b>5.543.000 €</b>

Die Förderhöhe der BEW ist neben der allgemeinen Förderhöhe, vgl. Abschnitt 4.5.4, durch die Wirtschaftlichkeitslücke des jeweiligen Konzeptes gegenüber einem kontrafaktischen Fall begrenzt. Ist diese kleiner als die allgemeine Förderhöhe, ist sie der limitierende Faktor. Sie muss daher mit dem dafür zur Verfügung stehenden Tool für die Investitions- und Betriebskostenförderung ermittelt werden. Für die Berechnungen der Konzepte in diesem Bericht wurde davon ausgegangen, dass sowohl für die Investition als auch für die Betriebskosten die vollen Förderbeträge in Anspruch genommen werden können. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie muss die Wirtschaftlichkeitslücke anhand spezifizierter Werte genau geprüft werden.

Für die Simulation der verschiedenen Szenarien wurde angenommen, dass der Spitzenlastkessel ausschließlich mit Erdgas betrieben wird und zu einem späteren Zeitpunkt auf Biomethan oder Wasserstoff umgestellt wird, was dem Zielbild einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung entspricht. Trotzdem ist der Betrieb des Gesamtsystems konzeptübergreifend so ausgelegt, dass entsprechend der Vorgabe der BEW maximal 10 % des Wärmebedarfs durch den Gaskessel gedeckt werden. Dies ist notwendig, um die Förderfähigkeit des Betriebs mit fossilem Gas zu erhalten. Die genaue Auslegung der jeweiligen Komponenten ist den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Für die Investitionsförderung ist zu beachten, dass nicht alle Komponenten förderfähig sind. Gaskessel gelten zwar als klimaneutral, wenn sie mit Biogas betrieben werden, sind aber nicht Gegenstand des BEW. Ebenso wird die Stromleitung zur Windkraftanlage nicht von der BEW gefördert. Die übrigen aufgeführten Komponenten werden mit 40 % gefördert.

#### SZENARIO 1: WP + HHS

Tabelle 4-13 zeigt die Dimensionierung und Investitionskosten der Komponenten des ersten Konzeptes.

Tabelle 4-13: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	3.000 kW <sub>th</sub>	309.000 €
Heizstab	700 kW <sub>th</sub>	71.000 €
Wärmepumpe	700 kW <sub>th</sub>	578.000 €
Holz hackschnitzelanlage	900 kW <sub>th</sub>	686.000 €
Wärmespeicher	1.000 m <sup>3</sup>	318.000 €
Heizhaus	90 m <sup>2</sup>	183.000 €
Unvorhergesehene Wärmeerzeugung (15 %)		322.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>2.467.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>1.761.000 €</b>

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung benötigten Energie in diesem Konzept ist Tabelle 4-14 zu entnehmen. Die Bezugsmengen ergeben sich aus dem Erzeugerlastgang der PV-Anlage mit einer Leistung von 1.500 kW.

Tabelle 4-14: Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.1

Bezeichnung	Energieart	Energiebezug	Kosten
Spitzenlast	thermisch	814.757 kWh/a	89.623,26 €
Holz hackschnitzel	thermisch	3.089.418 kWh/a	228.722,59 €
PV-Bezug	elektrisch	544.969 kWh/a	53.925,92 €
Netzbezug	elektrisch	1.344.626 kWh/a	268.925,27 €

Die folgende Tabelle stellt die Höhe der jährlichen Betriebskostenzuschüsse des Szenarios dar. Die Förderung der Betriebskosten im Rahmen des BEW-Modul 4 wird für die ersten 10 Jahre des Betriebs gewährt.

Tabelle 4-15: Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – Sz.1

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
EE-Bezug	2,93 ct/kWh <sub>th</sub>	41.100,74 €
Netzbezug	8,78 ct/kWh <sub>th</sub>	185.261,32 €
<b>Gesamt</b>		<b>226.362,05 €</b>

## SZENARIO 2: PYROLYSE + WP + HHS

Tabelle 4-16 zeigt die Dimensionierung der Komponenten des Pyrolyse-Konzeptes. Die Gesamtinvestition ist bei diesem Szenario aufgrund der hohen Kapitalkosten einer Pyrolyseanlage am höchsten.

Tabelle 4-16: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.2

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	3.000 kW <sub>th</sub>	309.000 €
Wärmepumpe	600 kW <sub>th</sub>	495.000 €
Pyrolyse	600 kW <sub>th</sub>	1.800.000 €
Holzhackschnitzelanlage	400 kW <sub>th</sub>	305.000 €
Wärmespeicher	1.000 m <sup>3</sup>	318.000 €
Heizhaus	90 m <sup>2</sup>	183.000 €
Unvorhergesehene Wärmeerzeugung (15 %)		511.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>3.921.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>3.401.000 €</b>

Die Aufteilung des Energiebedarfs für die Wärmebereitstellung ist in Tabelle 4-17 dargestellt. Bei der Pyrolyse wird nur der Energiebezug für das Wärmenetz abgebildet, ein Drittel der erzeugten Wärme von der Pyrolyseanlage wird für die Trocknung der Holz hackschnitzel verwendet.

Tabelle 4-17: Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.2

Bezeichnung	Energieart	Energiebezug	Kosten
Erdgas	thermisch	896.233 kWh/a	89.623,26 €
Holzhackschnitzel	thermisch	1.308.264 kWh/a	82.327,82 €
Pyrolyse	thermisch	3.095.400 kWh/a	384.743,48 €
EE-Bezug	elektrisch	460.119 kWh/a	45.091,63 €
Netzbezug	elektrisch	1.049.653 kWh/a	209.930,64 €

Die Erlöse durch den Betrieb der Pyrolyse und der Betriebskostenförderung für die Wärmepumpe sind in der folgenden Tabelle 4-18 dargestellt. Die Förderung der Betriebskosten im Rahmen des BEW-Modul 4 wird für die ersten 10 Jahre des Betriebs gewährt.

Tabelle 4-18: Betriebskostenförderung und Erlöse bei 100 % Anschlussquote – Sz.2

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung/ Erlöse
Betriebskostenförderung EE	2,94 ct/kWh	34.683,72 €
Betriebskostenförderung Netz	8,81 ct/kWh	144.593,19 €
CO <sub>2</sub> -Zertifikate	200 €/t	238.580,85 €
Bio-Kohle	377 €/t	136.364,00 €
<b>Gesamt</b>		<b>554.221,76 €</b>

### SZENARIO 3: BHKW + HHS

Tabelle 4-19 zeigt die Dimensionierung und Investitionskosten der Komponenten des dritten Konzeptes.

Tabelle 4-19: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.3

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	3.000 kW <sub>th</sub>	309.000 €
Holz hackschnitzelanlage	950 kW	747.000 €
Wärmespeicher	500 m <sup>3</sup>	159.000 €
Heizhaus	90 m <sup>2</sup>	183.000 €
Unvorhergesehene Wärmeerzeugung (15 %)		210.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>1.608.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>1.172.000 €</b>

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung benötigten Energie in diesem Konzept ist Tabelle 4-20 zu entnehmen.

Tabelle 4-20: Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.3

Bezeichnung	Energieart	Energiebezug	Kosten
Spitzenlast	thermisch	1.031.931 kWh/a	103.193,06 €
Holz hackschnitzel	thermisch	4.290.550 kWh/a	270.000,26 €
BHKW Wärme Bezug	thermisch	4.174.890 kWh/a	292.242,31 €

In diesem Szenario gibt es keine Betriebskostenförderung, da diese nur für Wärmepumpen und Solarthermieranlagen gilt.

#### SZENARIO 4: WASSER- WASSER-WÄRMEPUMPE (WWWP)

Tabelle 4-21 zeigt die Dimensionierung und Investitionskosten der Komponenten des vierten Konzeptes. Für dieses Szenario werden hier auch die Kosten für die Umweltrechtliche Fachplanung zur Nutzung des Seewassers für die Wärmeerzeugung. Diese Fachplanung würde im Rahmen der Erstellung der Machbarkeitsstudie und kann über BEW-Modul 1 mit bis zu 50 % gefördert werden. Die anderen förderfähigen Komponenten werden mit 40 % Förderung über BEW-Modul 2 gefördert.

Tabelle 4-21: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.4

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	3.000 kW <sub>th</sub>	309.000 €
Heizstab	1.600 kW <sub>th</sub>	163.000 €
Wärmepumpe	1.600 kW <sub>th</sub>	1.524.000 €
Wärmespeicher	1.000 m <sup>3</sup>	318.000 €
Heizhaus	90 m <sup>2</sup>	183.000 €
Umweltrechtliche Fachplanung		25.000 €
Unvorhergesehene Wärmeerzeugung (15 %)		374.000 €
<b>Gesamtinvestition Erzeugung</b>		<b>2.896.000 €</b>
<b>Gesamtinvestition nach Förderung</b>		<b>2.074.000 €</b>

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung benötigten Energie in diesem Konzept ist Tabelle 4-22 zu entnehmen. Für die Wasser-Wasser-Wärmepumpe im Schaalsee wird ein COP von 5 angenommen (GEA Group Aktiengesellschaft , 2024). Die Bezugsmengen der PV-Anlage ergeben sich aus dem Erzeugerlastgang mit einer Leistung von 1.500 kW.

Tabelle 4-22: Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.4

Bezeichnung	Energieart	Energiebezug	Kosten
Spitzenlast	thermisch	814.757 kWh/a	89.623,26 €
PV-Bezug	elektrisch	436.397 kWh/a	42.766,88 €
Netzbezug	elektrisch	1.152.647 kWh/a	230.529,42 €

Die folgende Tabelle stellt die Höhe der jährlichen Betriebskostenzuschüsse des Szenarios dar. Die Förderung der Betriebskosten im Rahmen des BEW-Modul 4 wird für die ersten 10 Jahre des Betriebs gewährt.

Tabelle 4-23: Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – Sz.4

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
EE-Bezug	1,80 ct/kWh <sub>th</sub>	39.275,70 €
Netzbezug	3,69 ct/kWh <sub>th</sub>	170.015,45 €
<b>Gesamt</b>		<b>209.291,15 €</b>

## ZUSAMMENFASSUNG

In der wirtschaftlichen Betrachtung der vier Szenarien, ergeben sich deutliche Unterschiede in den Kostenstrukturen und den erzielten Erlösen. Die Berechnung erfolgte nach den Vorgaben der VDI 2067 und berücksichtigt kapitale, verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten. In Tabelle 4-24 sind die jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten bei 100 % Anschlussquote aufgelistet.

Tabelle 4-24: Jährliche Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote

Konzept	Verbrauchskosten	Verbrauchskosten abzüglich Vergütungen
Sz1: WP + HHS	640.678,04 €	441.315,99 €
Sz2: Pyrolyse	811.716,82 €	257.495,06 €
Sz3: BHKW + HHS	665.435,63 €	665.435,63 €
Sz4: WWWP	362.919,56 €	153.628,41 €

Die nachfolgenden Kosten der Szenarien sind bei einer Anschlussquote von 70 % berechnet. In der Abbildung 4-18 sind die Wärmegestehungskosten der Versorgungsszenarien bei einer Anschlussquote von 70 % abgebildet.

**Szenario 1** kombiniert eine Wärmepumpe (WP) mit einem Holzhackschnitzelkessel (HHS). Die Gesamtkosten belaufen sich auf 13,54 ct/kWh, wobei die kapitalgebundenen Kosten mit 3,37 ct/kWh und die verbrauchsgebundenen Kosten mit 9,39 ct/kWh den Großteil ausmachen. Die Erlöse, die Betriebskostenförderung, aus diesem Szenario betragen -0,97 ct/kWh, was die Gesamtkosten leicht reduziert. Dieses Szenario zeigt eine ausgewogene Kostenstruktur, wobei die Nutzung der WP in Kombination mit dem HHS vergleichsweise moderate Gesamtkosten verursacht.

**Szenario 2** umfasst eine Pyrolyseanlage in Verbindung mit einer Wärmepumpe und einem Holzhackschnitzelkessel. Mit Gesamtkosten von 19,42 ct/kWh ist dies das teuerste Szenario. Die kapitalen Kosten machen hier mit 7,76 ct/kWh einen erheblichen Anteil aus, während die verbrauchsgebundenen Kosten mit 14,76 ct/kWh ebenfalls hoch sind. Allerdings generiert dieses Szenario durch die Pyrolyseanlage hohe Erlöse in Form von Biochar und CO<sub>2</sub>-Zertifikaten und der Betriebskostenförderung, die mit -6,93 ct/kWh zu Buche schlagen und somit einen Teil der hohen Kosten kompensieren. Trotz der hohen Kosten bietet dieses Szenario aufgrund der zusätzlichen Erlöse durch die Nebenprodukte wirtschaftliches Potenzial.

**Szenario 3** setzt auf ein Blockheizkraftwerk (BHKW) in Kombination mit einem Holzhackschnitzelkessel. Die Gesamtkosten belaufen sich hier auf 17,26 ct/kWh. Die kapitalen Kosten sind mit 3,26 ct/kWh moderat, jedoch führen die verbrauchsgebundenen Kosten von 12,10 ct/kWh zu relativ hohen Gesamtkosten. Erlöse werden in diesem Szenario nicht erzielt, was die Kosten im Vergleich zu den anderen Szenarien weniger attraktiv macht. Dennoch ist das BHKW eine verlässliche Option für die Grundlastversorgung und bietet durch den stabilen Betrieb Vorteile in der langfristigen Planung.

**Szenario 4**, das auf eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe (WWWP) setzt, zeigt die niedrigsten Gesamtkosten von 12,14 ct/kWh. Die kapitalen Kosten betragen hier 4,73 ct/kWh, während die verbrauchsgebundenen Kosten mit 6,60 ct/kWh im Vergleich zu den anderen Szenarien niedrig sind. Das Szenario generiert zudem Erlöse von -1,11 ct/kWh, was zur Reduktion der Gesamtkosten beiträgt. Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe zeigt sich in diesem Szenario als besonders effiziente Lösung, die nicht nur wirtschaftlich, sondern auch ökologisch sinnvoll ist. Besonders durch die Nutzung von Wasser als Wärmequelle und die zusätzliche Einspeisung erneuerbarer Energie aus Photovoltaik und Windkraft ergibt sich ein überzeugendes Gesamtkonzept.

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Szenario 4 mit der Wasser-Wasser-Wärmepumpe die günstigste Option ist, während Szenario 2 durch die hohen Erlöse aus der Pyrolyseanlage trotz hoher Gesamtkosten wirtschaftlich interessant bleibt. Szenarien 1 und 3 liegen in den Kosten dazwischen, wobei das BHKW-Szenario ohne zusätzliche Erlöse eine weniger rentable, aber stabile Lösung bietet.

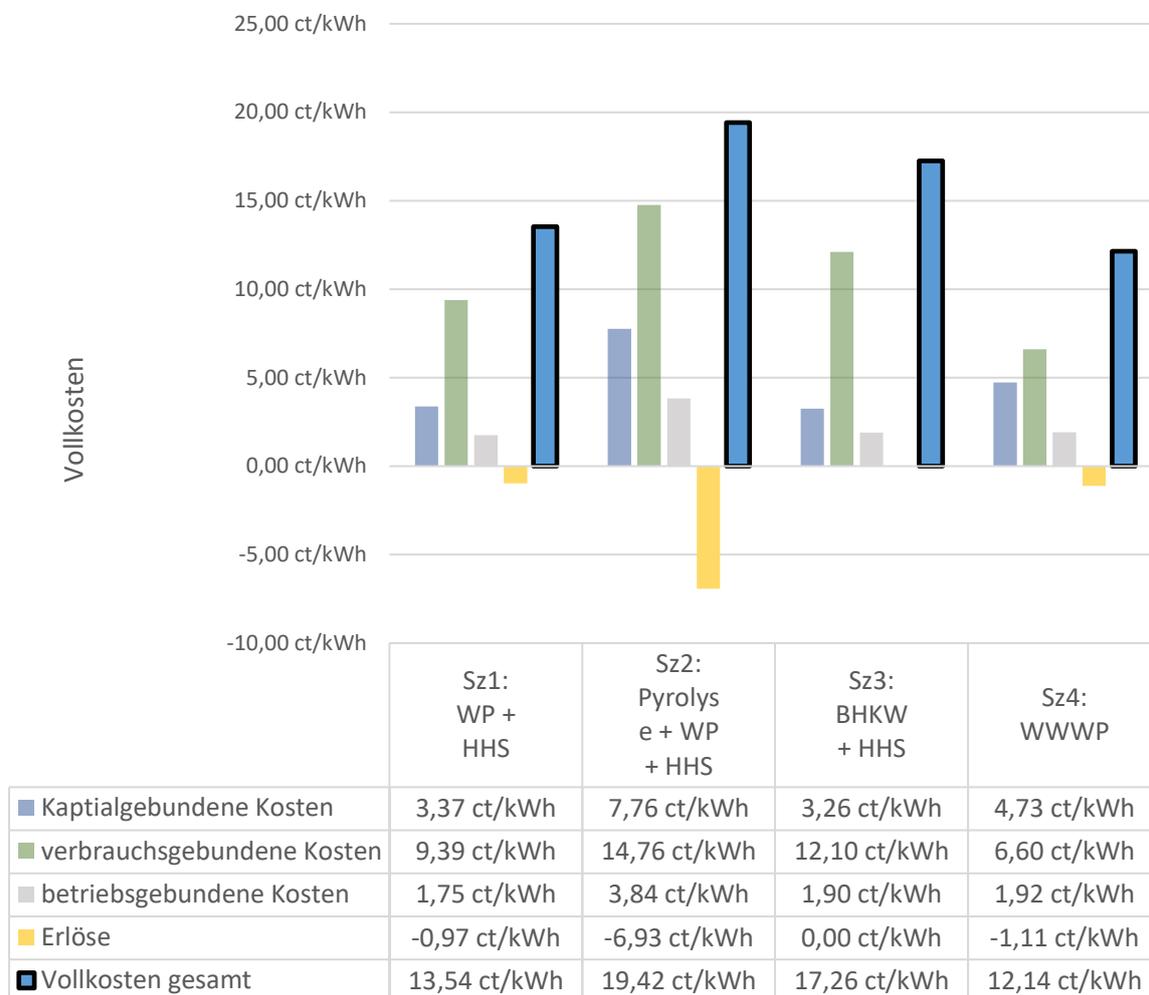


Abbildung 4-18: Wärmegestehungskosten der Szenarien bei einer Anschlussquote von 70 %

#### 4.5.6 SENSITIVITÄTSANALYSE

Die Vollkosten der verschiedenen Konzepte sind stark abhängig von der Anzahl der Anschlussnehmer. Je mehr Mitglieder des Quartiers sich an das Wärmenetz anschließen, desto höher wird die Liniendichte. Wie bereits in Abschnitt 4.5.1 erwähnt wirkt sich eine höhere Liniendichte auf den Endkundenpreis aus. Diese Sensitivitätsanalyse zeigt auf, wie sich die Anschlussquote auf die Kosten für die Anschlussnehmer auswirken kann. Die Preisentwicklung bei den verschiedenen Konzepten ist Abbildung 4-19 zu entnehmen. Zur Darstellung dieser wurden die Wärmemenge und die Kosten für die Hausanschlüsse je nach Anschlussquote variiert. Die hier gezeigten Preise werden benötigt, um einen Betrieb des Wärmenetzes über 30 Jahre zu ermöglichen, bei dem kein Gewinn erzielt wird. Es ist deutlich zu sehen, dass vor allem im Bereich zwischen 30 % und 50 % erhebliche Preissenkungen durch zusätzliche Anschlussnehmer erzielt werden können.

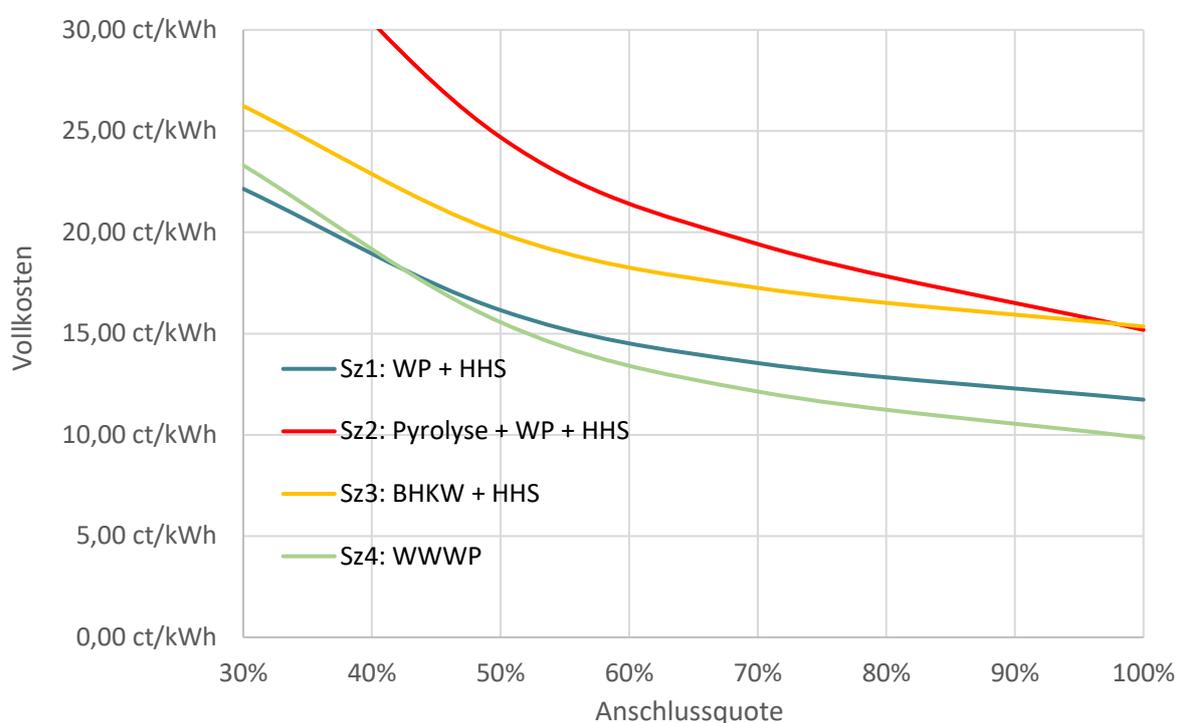


Abbildung 4-19: Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote

Die Abbildung zeigt, dass das Konzept mit der Pyrolyseanlage (Szenario 2) die höchsten Vollkosten unabhängig von der Anschlussquote aufweist. Dies ist vor allem auf die hohen Kapitalkosten der Pyrolyseanlage zurückzuführen, die sich nur bei sehr hohen Anschlussquoten besser verteilen lassen.

Szenario 1 (WP + HHS) und Szenario 3 (BHKW + HHS) zeigen eine ähnliche Kostenentwicklung. Bei niedrigen Anschlussquoten liegen die Kosten um die 25 ct/kWh, sinken aber mit zunehmender Anschlussquote deutlich. Beide Szenarien profitieren von einer höheren Anschlussdichte, da die Fixkosten besser verteilt werden können. Szenario 3 erreicht bei 100 % Anschlussquote höhere Kosten als Szenario 1, was an den höheren Brennstoffkosten für das BHKW liegt.

Das Szenario 4 (WWWP) zeigt über alle Anschlussquoten hinweg die niedrigsten Vollkosten. Bei einer Anschlussquote von 30 % liegen diese bei über 20 ct/kWh und sinken bei 100 % auf unter 10 ct/kWh. Dieses Szenario profitiert von der effizienten Nutzung der Wasser-Wasser-Wärmepumpe, die niedrige Betriebskosten und eine hohe Effizienz aufweist. Besonders bei höheren Anschlussquoten wird dieses Szenario wirtschaftlich sehr attraktiv.

Die Sensitivitätsanalyse verdeutlicht, dass die Anschlussquote einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Konzepte hat. Insbesondere im Bereich zwischen 30 % und 50 % können durch zusätzliche Anschlussnehmer deutliche Kostensenkungen erzielt werden. Dies ist entscheidend, um die langfristige Rentabilität und Attraktivität der Wärmeversorgungskonzepte sicherzustellen.

#### 4.5.7 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

Ziel dieser Studie ist, einen möglichen Pfad zur CO<sub>2</sub>-Neutralität der Gemeinde Seedorf 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

Das Gebäudeenergiegesetz aus dem Jahr 2023 gibt vor, mit welchen Emissionsfaktoren verwendete Energieträger verrechnet werden. Es werden die Faktoren für fossile und biogene Brennstoffe, sowie Strom aufgeführt. Netzstrom wird beispielsweise mit 560 g CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kWh angegeben. Der Strombezug aus gebäudenahen, erneuerbaren Anlagen wie Photovoltaik oder Windkraft kann mit 0 g/kWh angesetzt werden. Bereits bei der heutigen Stromerzeugung liegt der Emissionsfaktor für Netzstrom unter dem anzusetzenden Wert von 560 g/kWh. Der CO<sub>2</sub>-Faktor für Netzstrom wird die nächsten Jahre weiter sinken, mit dem Ziel 2035 0 g/kWh zu erreichen.

In Tabelle 4-25 sind die verwendeten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren und die daraus resultierenden spezifischen und absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Wärmenetzes bei einer Sanierungsrate von 2 % bis zum Jahr 2045 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung, den Stromsektor bis 2035 zu dekarbonisieren erreicht wird und der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Netzstrom auf 0 g/kWh sinkt. Bis dahin wird eine lineare Abnahme des CO<sub>2</sub>-Äquivalents angenommen. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Faktoren wurden auf Basis der im jeweiligen Szenario eingesetzten Energiemengen und der in der Tabelle 3-13 angegebenen CO<sub>2</sub>-Faktoren berechnet. Die Werte basieren auf einem Anschlussgrad von 100 %. Es wird davon ausgegangen, dass der Erdgasanteil spätestens ab 2045 vollständig durch Biogas ersetzt wird.

Tabelle 4-25: CO<sub>2</sub>-Emission für die erzeugte Wärme

Energieträger		2025	2030	2035	2040	2045
Wärmeabsatz (MWh/a)		8.760	8.041	7.505	7.021	6.583
Netzstrom [g/kWh]		560	280	0	0	0
Erneuerbarer Strom [g/kWh]		0	0	0	0	0
Holz [g/kWh]		20	20	20	20	20
Biogas [g/kWh]		140	140	140	140	140
Erdgas [g/kWh]		240	240	240	240	140
Sz.1	spez. CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh]	119	76	33	32	22
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission [t/a]</b>	<b>1.041</b>	<b>610</b>	<b>245</b>	<b>227</b>	<b>146</b>
Sz.2	spez. CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh]	-86	-119	-153	-153	-154
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission [t/a]</b>	<b>-753</b>	<b>-961</b>	<b>-1.150</b>	<b>-1.077</b>	<b>-1.011</b>
Sz.3	spez. CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh]	105	105	104	103	91
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission [t/a]</b>	<b>918</b>	<b>843</b>	<b>781</b>	<b>725</b>	<b>598</b>
Sz.4	spez. CO <sub>2</sub> -Emission [g/kWh]	98	61	24	24	14
	<b>CO<sub>2</sub>-Emission [t/a]</b>	<b>861</b>	<b>494</b>	<b>183</b>	<b>170</b>	<b>92</b>

Szenario 3 weist anfänglich die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf, bedingt durch den aktuell hohen Emissionsfaktor für Netzstrom von 560 g/kWh, was zu Emissionen von 1.041 t/a im Jahr 2025 führt. Ab 2035 sinken die Emissionen jedoch signifikant, da der Emissionsfaktor für Netzstrom auf 0 g/kWh reduziert wird. Bis 2045 reduziert sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Szenario 4 auf 92 t/a. Im Vergleich dazu zeigt Szenario 3 zwar geringere anfängliche Emissionen, erweist sich jedoch langfristig gegenüber Szenario 4 als weniger effizient in der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Emissionen sinken hier von 918 t/a im Jahr 2025 auf 598 t/a im Jahr 2045. Im zweiten Szenario wird die durch Kohle gespeicherte CO<sub>2</sub>-Menge, die im Zuge der Pyrolyse verarbeitet wird, negativ auf die Emissionen angerechnet. Dies führt zu einem Startwert von -753 t/a im Jahr 2025, der bis 2045 auf -1.011 t/a ansteigt. Diese negativen Werte reflektieren die positive Wirkung der Pyrolyse auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz, indem sie CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernt und somit zur Minderung der Gesamtemissionen beiträgt.

### ANTEIL ERNEUERBARER ENERGIE

Für den Betrieb der Wärmepumpe wird ein geringer Anteil an Netzstrom benötigt. Dieser wird mit einem regenerativen Anteil von 52 % angesetzt, was dem Anteil im deutschen Strommix im Jahr 2023 entspricht (Umweltbundesamt, 2024). Der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung ist in Tabelle 4-26 dargestellt.

Tabelle 4-26: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz

	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Szenario 1 [MWh/a]	8.760	7.216	1.544
<b>Anteil [%]</b>		<b>82,37</b>	<b>17,63</b>
Szenario 2 [MWh/a]	8.760	7.358	1.402
<b>Anteil [%]</b>		<b>83,99</b>	<b>16,01</b>
Szenario 3 [MWh/a]	8.760	7.728	1.032
<b>Anteil [%]</b>		<b>88,22</b>	<b>11,78</b>
Szenario 4 [MWh/a]	8.760	7.308	1.452
<b>Anteil [%]</b>		<b>83,43</b>	<b>16,57</b>

Innerhalb der betrachteten Szenarien variiert der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung erheblich. Szenario 3 weist mit 88,22 % den höchsten Anteil erneuerbarer Energien auf, während Szenario 1 mit einem Anteil von 82,37 % den niedrigsten erneuerbaren Anteil hat. Die Szenarien 2 und 4 liegen mit Anteilen von 82,37 % bzw. 83,43 % erneuerbarer Energien im mittleren Bereich, wobei Szenario 2 einen geringfügig höheren Wert als Szenario 2 aufweist. Diese Unterschiede existieren jedoch, wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, primär zu Beginn. Mit der fortschreitenden Entwicklung und Integration erneuerbarer Energien in das öffentliche Stromnetz ist zu erwarten, dass sich diese Verhältnisse im Laufe der Zeit unterschiedlich entwickeln werden.

### PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Liegt der ermittelte Primärenergiefaktor unter 0,3, kann der Wert von 0,3 für jeden Prozentpunkt des Anteils der im Wärmenetz genutzten Wärme, der aus erneuerbaren Energien oder Abwärme erzeugt wird, um 0,001 verringert werden (§ 22 Absatz (3) GEG). Da die Leistung der Großwärmepumpe einen Wert von 500 kW übersteigt, ist gemäß §22 Absatz (2) GEG für den netzbezogenen Strom der Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil von 1,2 zu verwenden. Für Wärme, welche durch gasförmige Biomasse aus dem Erdgasnetz in hocheffizienten KWK-Anlagen erzeugt wird, ist ein Primärenergiefaktor von 0,5 anzusetzen (§ 22 Absatz (1) GEG).

Tabelle 4-27 zeigt die Eingangsparameter und Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung. Der niedrigste Primärenergiebedarf ergibt sich in Szenario 2 und 4, während der des ersten Szenarios nur geringfügig darüber liegt.

Tabelle 4-27: Berechnung des Primärenergiefaktors

	Energieträger	Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.1	Netzstrom (nicht erneuerbar)	648	1,200	778
	Netzstrom (erneuerbar)	697	0,000	-
	PV-Strom	545	0,000	-
	Umweltwärme durch WP	2.966	0,000	-
	Erdgas Spitzenlast	896	1,100	986
	Holz	3.635	0,200	727
	davon Erzeugungsverluste	627		
	<b>Wärmelieferung</b>	<b>8.760</b>	<b>0,284</b>	<b>2.491</b>
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,218</b>	
	Energieträger	Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.2	Netzstrom (nicht erneuerbar)	506	1,200	607
	Netzstrom (erneuerbar)	544	0,000	-
	PV-Strom	460	0,000	-
	Umweltwärme durch WP	2.280	0,000	-
	Erdgas Spitzenlast	896	1,100	986
	Holz	4.404	0,200	881
	davon Erzeugungsverluste	278		
	<b>Wärmelieferung</b>	<b>8.760</b>	<b>0,282</b>	<b>2.474</b>
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,216</b>	
	Energieträger	Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.3	Biogas	4.175	0,500	2.087
	Erdgas Spitzenlast	1.032	1,100	1.135
	Holz	4.291	0,200	858
	davon Erzeugungsverluste	737		
	<b>Wärmelieferung</b>	<b>8.760</b>	<b>0,368</b>	<b>3.223</b>
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,368</b>	
	Energieträger	Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.4	Netzstrom (nicht erneuerbar)	556	1,200	667
	Netzstrom (erneuerbar)	597	0,000	-
	PV-Strom	436	0,000	-
	Umweltwärme durch WP	6.356	0,000	-
	Erdgas Spitzenlast	896	1,100	986
	davon Erzeugungsverluste	81		
	<b>Wärmelieferung</b>	<b>8.760</b>	<b>0,113</b>	<b>986</b>
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			<b>0,216</b>	

#### 4.5.8 ZEITPLAN UND UMSETZUNG

Bevor die Gemeinde Seedorf beschließt, ein Wärmenetz zu bauen, das den Ortskern erschließt, muss eine zentrale Entscheidung getroffen werden: **Wer wird das Wärmenetz planen, bauen und betreiben?** Diese Frage bezieht sich auf das Betreibermodell, das im Vorfeld festgelegt werden muss. Hierbei hat die Gemeinde verschiedene Optionen, die von der vollständigen Übertragung an ein externes Unternehmen bis zur Eigenverantwortung der Gemeinde oder Bürgergenossenschaften reichen (siehe).

Die Gemeinde muss also in einem ersten Schritt entscheiden, welche Rolle sie selbst in der Umsetzung des Wärmenetzes einnehmen möchte. Dabei stehen ihr verschiedene Möglichkeiten offen: die Rolle des Initiators, Investors oder die Beteiligung an einer Betreibergesellschaft.

Sobald das Betreibermodell festgelegt ist, können die weiteren Schritte zur Umsetzung des Wärmenetzes erfolgen. Diese sind typischerweise in mehrere Bauphasen unterteilt. Zunächst werden Gebiete erschlossen, die in der Nähe der zukünftigen Heizzentrale liegen und ein hohes Absatzpotenzial aufweisen. Weitere Bauabschnitte folgen, wobei die Anschlussquote entscheidend ist: Gebiete mit hoher Anschlussbereitschaft werden zuerst erschlossen.

Die Umsetzung lässt sich in die folgenden Phasen unterteilen:

##### 0. Betreibermodell und Fördermittelakquise

Bevor das Wärmenetz geplant und gebaut wird, muss das Betreibermodell festgelegt werden (siehe Kapitel 4.5.9). Anschließend wird eine Machbarkeitsstudie im Rahmen der **Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)** (Modul 1) durchgeführt. Diese Studie ist Voraussetzung für die spätere Beantragung von Modul 2, der Förderung für Neubau und Bestandsnetze.

##### 1. Kundengewinnung

Die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes hängt stark von der Akzeptanz und Anschlussbereitschaft der Anwohner ab. In dieser Phase muss die Gemeinde aktiv Kunden für den ersten Bauabschnitt gewinnen. Dies stellt einen der wichtigsten Schritte dar.

##### 2. Planungsphase

Abhängig von der Kundengewinnung wird das Wärmenetz konkret geplant. Dabei kann es sinnvoll sein, einige Straßenzüge früher oder später zu erschließen, je nach Anschlussbereitschaft.

##### 3. Bauphase 1

Der Bau des ersten Abschnitts des Wärmenetzes beginnt.

##### 4. Inbetriebnahme des ersten Bauabschnitts

Sobald der Bauabschnitt abgeschlossen ist, werden die angeschlossenen Kunden mit Wärme versorgt.

Diese Schritte wiederholen sich für die folgenden Bauabschnitte. Wie genau die Abschnitte gewählt werden, hängt vom festgelegten Betreibermodell und der Kundenakquise ab. In der Regel dauert die Erschließung des gesamten Ortes etwa vier Jahre, kann jedoch je nach Verlauf des Projektes und der Akzeptanz variieren.

#### 4.5.9 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

Bevor ein Wärmenetz in Seedorf realisiert werden kann, muss festgelegt werden, wer für Planung, Bau und Betrieb verantwortlich ist. Diese Entscheidung betrifft das sogenannte **Betreibermodell**, das maßgeblich die Rolle der Gemeinde und anderer Akteure festlegt. Im Folgenden werden die möglichen Betreibermodelle im Detail beschrieben:

##### **100 % EXTERNES UNTERNEHMEN**

In diesem Modell übernimmt ein **externes Unternehmen** vollständig die Verantwortung für Planung, Bau und Betrieb des Wärmenetzes. Die Gemeinde tritt als **Initiator** auf und schafft die Rahmenbedingungen, damit ein solches Projekt realisiert werden kann. Ihre Aufgaben beschränken sich auf die Bereitstellung von Flächen, die Organisation von Veranstaltungen zur Bürgerinformation und Unterstützung durch politische Beschlüsse. Die operative Umsetzung liegt vollständig beim externen Partner. Dies kann z.B. ein spezialisiertes Energieunternehmen sein.

**Rolle der Gemeinde:** Initiator, Unterstützung bei Flächenbereitstellung, Bürgerkommunikation (z.B. Bürgermeisterbrief, Veranstaltungen).

##### **Vorteile:**

- Geringes finanzielles Risiko für die Gemeinde.
- Wenig organisatorischer Aufwand für die Verwaltung.
- Know-how und Expertise des externen Partners.

##### **Nachteile:**

- Geringer Einfluss auf die Gestaltung und den Betrieb des Wärmenetzes.
- Möglicherweise geringere Identifikation der Anwohnerschaft mit dem Projekt.
- Externes Unternehmen könnte primär gewinnorientiert agieren, was sich auf Preise auswirken kann.

**Beispiel:** Ein Wegerechtsvertrag wird geschlossen, und die Gemeinde agiert als Kunde des Unternehmens (Wärmekunde).

##### **BÜRGERGENOSSENSCHAFT**

Die **Bürgergenossenschaft** stellt ein Modell dar, bei dem die Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde aktiv an Planung, Bau und Betrieb des Wärmenetzes beteiligt sind. Die Gemeinde ist weiterhin **Initiator**, übernimmt aber auch eine koordinierende Rolle, indem sie beispielsweise Veranstaltungen organisiert und unterstützend tätig ist. Die Genossenschaft selbst besteht aus Bürgern, die sowohl als **Miteigentümer** als auch als **Wärmekunden** agieren.

**Rolle der Gemeinde:** Initiator, Koordinator, möglicherweise selbst Genossenschaftsmitglied.

##### **Vorteile:**

- Hohe Identifikation der Anwohnerschaft mit dem Projekt.
- Demokratische Entscheidungsstrukturen innerhalb der Genossenschaft.
- Einnahmen und Gewinne bleiben in der Region.

#### Nachteile:

- Höherer organisatorischer Aufwand für die Gemeinde, insbesondere bei der Gründungsunterstützung der Genossenschaft.
- Finanzierung muss durch die Genossenschaftsmitglieder gestemmt werden.
- Möglicherweise fehlt das technische Know-how für Planung und Betrieb, was durch externe Beratung ausgeglichen werden muss.

**Beispiel:** Die Gemeinde unterstützt die Genossenschaft durch Bereitstellung von Flächen und politische Unterstützung. Die Bürger sind sowohl Betreiber als auch Kunden und treffen gemeinschaftlich Entscheidungen.

#### 100% KOMMUNE

In diesem Modell tritt die Gemeinde als **Investor** auf und übernimmt die volle Verantwortung für die Planung, den Bau und den Betrieb des Wärmenetzes. Sie organisiert dies entweder durch eine eigene Betriebseinheit innerhalb der Gemeinde oder durch vertragliche Zusammenarbeit mit Dritten (sogenanntes **Contracting**). Dieses Modell erfordert ein hohes finanzielles und organisatorisches Engagement der Gemeinde, gibt ihr aber auch die größte Kontrolle.

**Rolle der Gemeinde:** Vollständiger Investor und Betreiber, alternativ Vergabe von Aufgaben an Dritte.

#### Vorteile:

- Maximale Kontrolle über die Ausgestaltung, Betrieb und Preisstruktur des Wärmenetzes.
- Einnahmen aus dem Betrieb bleiben bei der Gemeinde.
- Potenziell hohe Akzeptanz, da die Gemeinde als vertrauenswürdiger Akteur auftritt.

#### Nachteile:

- Hohe finanzielle Risiken und Vorleistungen.
- Erheblicher Planungs- und Organisationsaufwand.
- Die Gemeinde muss eigenes Know-how oder externe Beratung zur Umsetzung nutzen.

**Beispiel:** Die Gemeinde baut und betreibt das Netz selbst oder schließt Verträge mit einem spezialisierten Unternehmen ab, das im Auftrag der Gemeinde agiert.

## BETEILIGUNG AN BETREIBERGESELLSCHAFT

In diesem Modell beteiligt sich die Gemeinde an einer **privatrechtlichen Gesellschaft**, wie beispielsweise einer **GmbH** oder einer **GmbH & Co. KG**, die das Wärmenetz betreibt. Die Gemeinde übernimmt Anteile an der Gesellschaft und ist somit Miteigentümerin, teilt aber die Verantwortung und Risiken mit anderen Gesellschaftern. Die GmbH & Co. KG ist eine Mischform, in der die GmbH als vollhaftender Gesellschafter (Komplementär) auftritt, während die Gemeinde und andere Beteiligte als Kommanditisten nur mit ihrer Einlage haften.

**Rolle der Gemeinde:** Anteilseigner an der Betreibergesellschaft, möglicherweise in einer beratenden Funktion in der Geschäftsführung.

### Vorteile:

- Geteiltes finanzielles Risiko.
- Die Gemeinde hat Mitspracherechte, ohne die volle Verantwortung zu tragen.
- Die Struktur kann flexibel gestaltet werden (z.B. Beteiligung privater Investoren).

### Nachteile:

- Weniger Einfluss als im Modell "100% Kommune".
- Potenziell komplexere Entscheidungsfindung, da mehrere Gesellschafter beteiligt sind.

**Beispiel:** Die Gemeinde beteiligt sich an einer GmbH, die von einem Energieversorger oder einer Gruppe von Investoren gegründet wurde, und übernimmt einen bestimmten Prozentsatz der Anteile.

## ZUSAMMENFASSUNG DER BETREIBERMODELLE

Die Wahl des Betreibermodells ist entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung eines Wärmenetzes in Seedorf. Jedes Modell bringt unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich, insbesondere hinsichtlich des finanziellen Risikos, der organisatorischen Verantwortung und der Einbindung der Bürgerinnen und Bürger. Es ist daher wichtig, dass die Gemeinde frühzeitig Gespräche führt, um die verschiedenen Optionen zu bewerten und die beste Lösung für ihre spezifischen Bedürfnisse und Möglichkeiten zu finden.

## 4.6 MOBILITÄT

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

### 4.6.1 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes waren zu Beginn des Jahres 2024 innerhalb der Gemeinde Seedorf 373 Personenkraftwagen zugelassen, davon 20 gewerblich gehaltene (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Eine spezifische Betrachtung des Quartiers Seedorf ist aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht möglich. Um die Mobilitätsdaten der Gemeinde auf den Ortskern zu übertragen, wurden diese anhand der Wohngebäudezahlen der Gemeinde und des Quartiers skaliert. Von 270 Wohngebäuden liegen 216 Adressen innerhalb der Quartiersgrenzen. Aufgrund der Tatsache, dass nachhaltige Mobilität derzeit vor allem durch batterieelektrische Fahrzeuge realisiert wird, werden diese im Rahmen der Studie betrachtet.

Der Strombedarf und die damit einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen von bereits vorhandenen Elektroautos sind bereits im Stromlastgang der Gemeinde Seedorf enthalten, aus diesem Grund werden im Folgenden nur Fahrzeuge betrachtet, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Das Kraftfahrt-Bundesamt gibt für den Kreis Herzogtum Lauenburg an, dass es sich bei 31,7 % der PKW um Diesel-Fahrzeuge und bei 60,5 % um Benzin-Fahrzeuge handelt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Die dadurch geschätzte Anzahl an PKW-Typen ist in Tabelle 4-28 aufgelistet.

Tabelle 4-28: Anzahl PKW nach Kraftstofftyp in der Gemeinde und im Ortskern Seedorf

Kraftstoffart	Benzin	Diesel	Hybrid	Elektro	Sonstige (u.a. Gas)	Summe
Prozentualer Anteil	60,5 %	31,7 %	4,3 %	2,8 %	0,8 %	100 %
Anzahl Gemeinde	226	118	16	10	3	373
Anzahl Ortskern (skaliert)	181	94	13	8	2	298

Auf Grund der geringen Anzahl von Gas- und Hybrid-Fahrzeugen werden diese im Rahmen der Studie zunächst nicht weiter betrachtet, womit die 275 benzin- und dieselpetriebenen Fahrzeuge in die weitere Betrachtung fallen.

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gibt für den kleinstädtischen bzw. ländlichen Raum eine durchschnittliche Jahresfahrleistung pro PKW von ca. 15.900 km an (BMDV, 2018). Dieser Wert muss auf Grund der aktuellen Entwicklung hin zu einer verstärkten Nutzung des Homeoffice, ausgelöst durch die Corona-Pandemie, nach unten korrigiert werden. Es wird die Annahme getroffen, dass sich die Jahresfahrleistung künftig um ca. 10 % reduziert – was eine Fahrleistung von 14.310 km/a zur Folge hat. Außerdem wird davon ausgegangen, dass ein Diesel einen Verbrauch von 7,0 l/100 km und ein Benziner einen Verbrauch von 7,7 l/100 km hat, welcher sich in den letzten Jahren nicht signifikant reduziert hat (Statista, 2022). Für elektrische Fahrzeuge wird ein Verbrauch von 18 kWh/100 km angenommen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh Diesel wurden auf Basis des CO<sub>2</sub>-Faktors von Heizöl (siehe Tabelle 3-13) berechnet. Die pro kWh Benzin verursachten Emissionen wurden auf Basis einer Erhebung des Umweltbundesamtes berechnet (Umweltbundesamt, 2022).

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

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

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge wird in dieser Betrachtung davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge mit Strom aus dem Stromnetz geladen werden. Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor der einzelnen Stützjahre entspricht dabei den Werten aus Tabelle 4-25. Die Ergebnisse dieses Vergleichs werden in Abbildung 4-20 dargestellt. Neben der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen kann der Abbildung die angenommenen E-Fahrzeuganzahl bis 2050 entnommen werden.

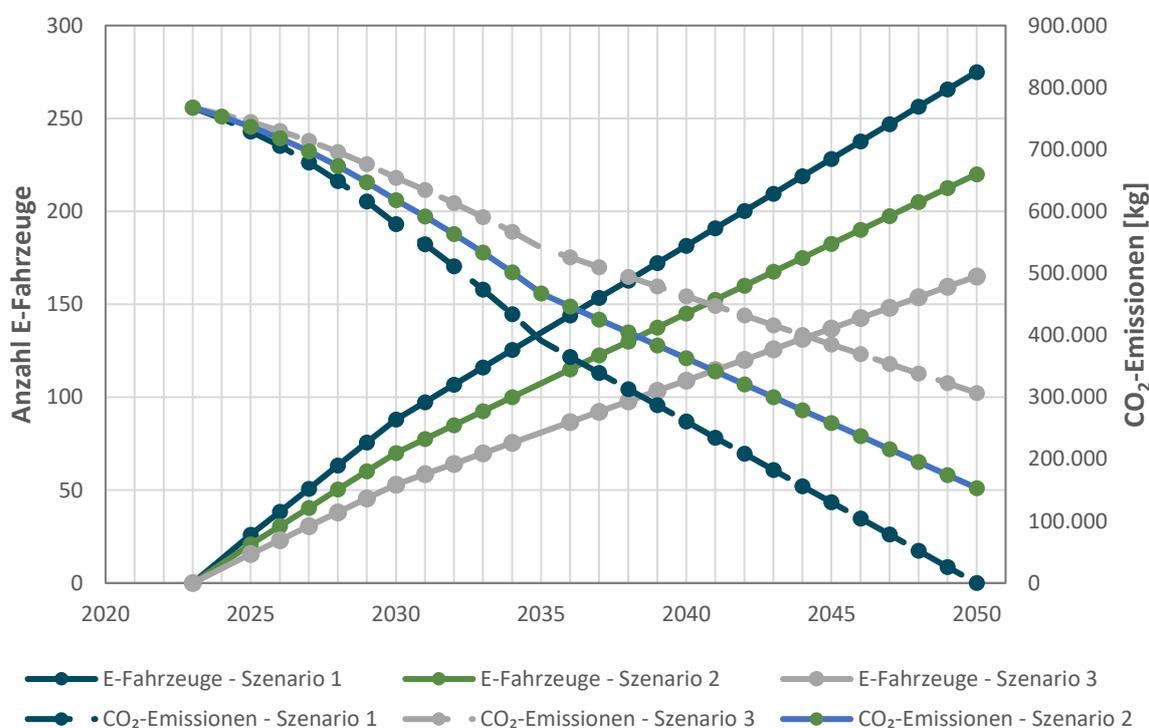


Abbildung 4-20: Entwicklung der PKW-CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2050

#### 4.6.2 AUSWERTUNG DER UMFRAGE

Im Rahmen der durchgeführten Umfrage wurden auch spezifische Fragen zur Mobilität in Seedorf gestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Umfrage detailliert dargestellt und analysiert, um die aktuellen Mobilitätsbedürfnisse und -präferenzen der Bewohner zu verdeutlichen.

Von 216 Adressen im Quartier haben 75 an der Umfrage teilgenommen, was einer Quote von 35 % entspricht. Abbildung 4-21 zeigt die Anzahl der Haushalte in Abhängigkeit der Anzahl der Fahrzeuge, die in den jeweiligen Haushalten der Umfrageteilnehmer genutzt werden.

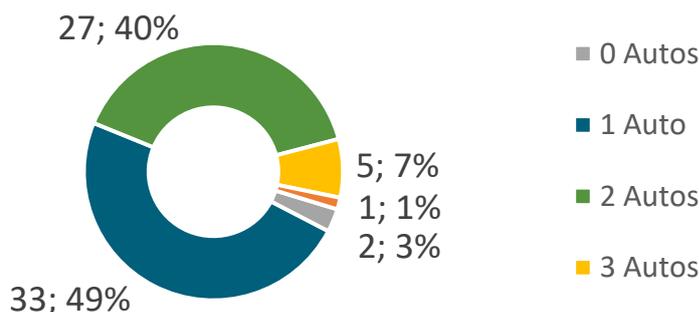


Abbildung 4-21: Anzahl der Fahrzeuge pro Haushalt

Laut Umfrage besitzen 33 Haushalte (49 %) ein Fahrzeug, 27 Haushalte (36 %) haben zwei Fahrzeuge, 5 Haushalte (7 %) besitzen drei Fahrzeuge und 1 Haushalt (1 %) verfügt über mehr als drei Fahrzeuge. 2 Haushalte besitzen keine Fahrzeuge. Diese Verteilung zeigt, dass viele Haushalte mehrere Fahrzeuge nutzen, was auf eine hohe Abhängigkeit vom Individualverkehr hinweist.

Die aus der Umfrage errechnete durchschnittliche zurückgelegte Fahrdistanz eines Fahrzeuges liegt bei 15.151 km pro Jahr und damit leicht über dem Durchschnitt für ländliche Regionen. Diese hohe Fahrdistanz verdeutlicht, dass die Einwohner stark auf ihre Fahrzeuge angewiesen sind – möglicherweise aufgrund langer Arbeitswege, häufiger Besorgungen, Freizeitaktivitäten oder eines unzureichenden öffentlichen Nahverkehrs. Diese Erkenntnis betont die Notwendigkeit, sowohl die bestehende Verkehrsinfrastruktur zu optimieren als auch nachhaltige Mobilitätsalternativen zu fördern. Eine mögliche Maßnahme zur Verbesserung könnte die verstärkte Einführung von Elektrofahrzeugen sein.

Von den befragten Haushalten gaben 12 Haushalte an, bereits ein Elektroauto zu besitzen. Demgegenüber stehen 58 Haushalte, die derzeit kein Elektroauto in ihrem Besitz haben. Dies zeigt, dass Elektrofahrzeuge momentan nur in einer kleinen Minderheit der Haushalte vertreten sind. Weitere 5 Haushalte machten bei dieser Frage keine Angabe. Die Umfrage ergab zudem Einblicke in die Bereitschaft der Haushalte, in Zukunft ein Elektrofahrzeug anzuschaffen. Die Ergebnisse sind der Tabelle 4-29 zu entnehmen.

Tabelle 4-29: Interesse an Elektrofahrzeugen

Anschaffung E-Auto	Anzahl der Haushalte
Ja	9
Nein	27
Vielleicht	26
Keine Angabe	13

Die Ergebnisse zeigen, dass von den befragten Haushalten aktuell 9 fest entschlossen sind, ein E-Auto zu erwerben. 26 Haushalte zeigen sich unentschlossen und ziehen eine Anschaffung vielleicht in Erwägung, während 27 Haushalte sich gegen eine Anschaffung positionieren. Trotz der vorherrschenden Unsicherheit besteht ein erhebliches Potential für die Zunahme von Elektrofahrzeugen im Quartier. Die Tatsache, dass ein erheblicher Teil der Haushalte "Vielleicht" ein E-Auto anschaffen würde, könnte darauf hindeuten, dass geeignete Anreize oder Verbesserungen in der Infrastruktur das Interesse weiter steigern könnten. Angesichts der hohen durchschnittlichen Fahrdistanzen in ländlichen Regionen ist es umso wichtiger, nachhaltige und effiziente Verkehrslösungen zu entwickeln, um die Mobilität in Seedorf zu optimieren. Im Folgenden werden mögliche alternative Maßnahmen detaillierter vorgestellt.

#### 4.6.3 CARSHARING

Carsharing ist im urbanen Raum bereits etabliert, wo knapper Parkraum und gut getakteter öffentlicher Verkehr die Pkw-Nutzung zur Ausnahme machen. Wenige Fahrzeuge reichen oft aus, um die Mobilitätsbedürfnisse der Stadtbewohner zu decken. Im ländlichen Raum hingegen sind Stellplätze zahlreicher, die Wege länger, und der öffentliche Verkehr seltener. Daher ist der Pkw hier das alltägliche Verkehrsmittel, und es wären mehr Fahrzeuge nötig, um den Bedarf zu decken. Dennoch besitzen viele Haushalte Zweit- oder Drittautos, die selten genutzt werden. Carsharing könnte auch hier sinnvoll sein und zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen.

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

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
- Gemeindlich
- Privat/Informell/Gewerblich

Die Fahrzeugbuchung erfolgt per App oder Internetseite, mit verschiedenen Abrechnungsmodellen wie Vereinsbeiträge, Kilometer-, Stunden- oder Tagestarife. Kosten für Service, Versicherung und Ersatzteile sind im Preis enthalten. Für detaillierte Informationen zu Bedarfsermittlung, Betreibermodellen und Umsetzung wird auf den Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum (Dörpsmobil SH, 2020)

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

#### 4.6.4 UNTERSTÜTZUNG DES RADVERKEHRS

Fahrradfahren ist gesund, unkompliziert und klimafreundlich. Das Umweltbundesamt schätzt, dass die PKW-Nutzung durch das Fahrradfahren um 30 % nachlassen könnte (Umweltbundesamt, 2021). Obwohl dieser Wert eine Abschätzung für deutsche Ballungsgebiete ist und sich der Wert nicht direkt auf Seedorf 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 Seedorf aufgeführt:

- **Ausbau und Beleuchtung von Radwegen**  
Radwege geben Radfahrern Sicherheit und machen das Fahrradfahren attraktiver. Die Beleuchtung ländlicher Radwege kann gerade im Winter, wenn es spät hell und früh dunkel wird, das Radfahren zu einer attraktiven Alternative zum Auto machen.

- **Schaffen von Abstellplätzen für Fahrräder**  
An zentralen Orten innerhalb des Ortes, vor allem bei Anbindungsstellen an den ÖPNV, sollten zusätzliche Möglichkeiten geschaffen werden das Fahrrad abzustellen. Die Errichtung zusätzlicher PKW-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**  
Die Investitionskosten für E-Fahrräder sind deutlich höher als die eines herkömmlichen Fahrrads. E-Bike-Sharing kann eine Möglichkeit darstellen der Anwohnerschaft und Gästen die Nutzung von E-Bikes zu ermöglichen. Es gibt bereits Container-Lösungen, bei denen die E-Bikes in einem Container gelagert werden und zur Abholung bereitstehen. Auf dem Dach können PV-Module installiert werden, um die Fahrräder mit nachhaltigem Strom zu laden. Eine Buchung der Fahrräder wäre beispielsweise ebenfalls über eine App möglich.
- **Kampagnen für Fahrräder**  
Die Aufklärung über nachhaltige Mobilität beginnt bereits im Kindergarten bzw. in der Schule. Aufklärung über die Vorteile des Radfahrens, Wettbewerbe oder die Errichtung von Fahrradparcours kann bereits früh zu einer Begeisterung für das Fahrradfahren beitragen.

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

#### 4.6.5 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur in Seedorf vermuten lässt, dass die überwiegende Mehrheit der Anwohner ihre Elektrofahrzeuge direkt am eigenen Haus aufladen kann, ist dies sicherlich nicht für alle Anwohner der Fall. Durch die Errichtung einer oder mehrerer öffentlicher Ladesäulen an zentralen Orten in der Gemeinde wird auch den Einwohnern ohne eigene Lademöglichkeit ein unkomplizierter Umstieg auf Elektromobilität ermöglicht. Darüber hinaus wird Besuchern die Möglichkeit geboten, ihre Fahrzeuge direkt in der Gemeinde aufzuladen. Mit der zukünftigen Entwicklung hin zur Elektromobilität ist jedoch ein steigender Bedarf zu erwarten und die Installation weiterer Ladepunkte sinnvoll.

AC-Ladestationen, die mit Wechselstrom arbeiten, haben typischerweise eine Ladeleistung zwischen 11 und 22 kW und stellen eine akzeptable Lademöglichkeit dar. Ein Elektrofahrzeug mit einer Speicherkapazität von 50 kWh kann an solchen Stationen in weniger als 1,5 h von 20 auf 80 % aufgeladen werden. Für schnellere Ladevorgänge werden DC-Schnellladestationen eingesetzt. Diese Ladestationen arbeiten mit Gleichstrom und haben typischerweise eine Ladeleistung von mindestens 50 kW. Da viele Elektrofahrzeuge bereits mit deutlich höheren Ladeleistungen geladen werden können, sind moderne Schnelllader häufig mit Ladeleistungen von über 150 kW ausgestattet. Ladevorgänge an solchen Ladestationen sind bereits nach 15 bis 30 Minuten abgeschlossen.

#### 4.6.6 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 4-30 zeigt für unterschiedliche Verkehrsmittel die verursachten Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) in Gramm pro Personenkilometer [g/Pkm] CO<sub>2</sub>-Äquivalent in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Auslastung im Jahr 2019 – vor der Coronapandemie. Es zeigt sich, dass trotz der höchsten Auslastung das Flugzeug für Inlandflüge mit 214 g/Pkm die meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht und somit das klimaschädlichste Transportmittel darstellt. Bei einer durchschnittlichen Belegung von 1,4 Personen pro PKW verursacht der PKW 154 g/Pkm – allerdings zeigt sich an dieser Stelle das Potenzial für Carsharing und Fahrgemeinschaften, da eine Zunahme der Personenanzahl die Emission pro Personenkilometer weiter reduziert.

Tabelle 4-30: 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 4-30 zwei wichtige Punkte entnommen werden. Der ÖPNV, ob Bahn oder Bus, verursachte 2019 die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Personenkilometer. Außerdem zeigt sich, dass gerade der Nahverkehr mit einer Auslastung von 19 % 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. Seedorf 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.

## 5 UMSETZUNG

Zentrales Element der Umsetzung war bis Ende 2023 das sich direkt an das Quartierskonzept anschließende Sanierungsmanagement. Durch die Haushaltsmittelkürzung im Jahr 2024 ist die Beantragung für die Fördermittel über das Programm KfW432 nun nicht mehr möglich und ist im Jahr 2025 auch nicht vorgesehen. Hierdurch werden sich die wenigsten Gemeinden die Einrichtung eines Sanierungsmanagements leisten können.

Die Umsetzung der Maßnahmen sollten nichtsdestotrotz vorangetrieben werden. Nachfolgend wird beschrieben, welche Bausteine probate Mittel sind, um in der Umsetzung zu Erfolg zu kommen.

Die in diesem Konzept formulierten Maßnahmen sollten zunächst einzelnen Arbeitsgruppen (Peer Groups) zugeordnet werden. Die Peer Groups gehen aus den Reihen der Lenkungsgruppe und engagierter Bürger\_innen hervor. Die Vorteile sind eine größere Akzeptanz der Bürger\_innen und eine Entkopplung von Änderungen in der Zusammensetzung des Gemeinderates.

Das zweite Element der Umsetzung sind die regionalen und überregionalen Unternehmen, die im hohen Maße kooperieren müssen und für eine wirklich integrierte Quartiersversorgung übergeordnet gesteuert werden müssen. Diese Steuerung ist Aufgabe der Gemeindeverwaltung. Als Kontrollinstanz soll hier immer die Lenkungsgruppe agieren.

### 5.1 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein zentraler Punkt in jedem energetischen Quartierskonzept und in der nachgelagerten Umsetzung der Maßnahmen. 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 Seedorf 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.

#### 5.1.1 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 wenig Wissen über die bestehenden Möglichkeiten vorhanden ist.

Ein Ansatz wäre, die Bevölkerung kostenfrei bei der Akquise von Fördermitteln zu unterstützen. Dieses Angebot sollte breit im öffentlichen Raum beworben werden, etwa durch Aushänge, Anzeigen in der lokalen Presse oder über soziale Medien. Berührungängste bei der Antragstellung müssen abgebaut werden. In einer Kommune wie Seedorf kann zudem der Mund-zu-Mund-Effekt helfen, wenn erfolgreiche Antragsteller ihre Erfahrungen mit Nachbarn oder Bekannten teilen und den Prozess entmystifizieren.

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. Hierfür ließen sich die in diesem Bericht dargestellten Mustersanierungen gut nutzen.

Auch das Angebot einer kostenfreien oder kostenreduzierten initialen Energieberatung ist für die erfolgreiche Umsetzung der Arbeit mit der Öffentlichkeit anzusetzen. Diese Maßnahme war im Sanierungsmanagement erfahrungsgemäß eine wirkungsvolle und gut angenommene Methode zur Erreichung der Bevölkerung. Ohne ein Sanierungsmanagement steht hier jedoch die Frage der Finanzierung im Raum. Der eigentliche Zweck einer initialen Energieberatung soll die Aufklärung und das Informieren der fachfremden Personen sein. Hierbei soll die Immobilie in Augenschein genommen werden, Potenziale ermittelt und auf individuelle 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 Seite steht.

Aus den Öffentlichkeitsveranstaltungen ging hervor, dass bei Bewohner\_innen des Quartiers ein Anschlussbegehren an ein Fernwärmenetz vorhanden ist. Zentrale Aufgaben für die Umsetzung solch eines Vorhabens ist zum einen die Fördermittelbeschaffung und zum anderen die vermittelnde Tätigkeit 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 Kernelement verstanden, kommuniziert und gewissenhaft ausgeführt werden.

#### 5.1.2 UNTERSTÜTZUNG DER ENERGIEVERSORGER

Die Vermittlerrolle muss nicht nur im Kleinen, sondern auch im Großen wahrgenommen werden. Aus Vorgängerprojekten ist bekannt, dass die Energieversorger in der Außendarstellung und Kommunikation gegenüber und mit der Bevölkerung nicht immer optimal agieren. Die Notwendigkeit einer Unterstützung durch externe Akteure an dieser Stelle muss immer im Einzelfall geprüft werden.

#### 5.1.3 BAUSTEINE DER ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

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

##### **Lenkungsgruppe**

Die Einrichtung einer stets aktiven Lenkungsgruppe ist äußerst wichtig. Dabei sollte darauf geachtet werden, Vertreter\_innen aller Interessengruppen mit einzubeziehen. Dies können unter anderem private Bürger\_innen, Energiedienstleistenden, 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 und regelmäßig informiert werden. Zusätzlich sollte die Lenkungsgruppe nicht als statisch angenommen, sondern auch für neue Mitglieder offen sein und durch diese ergänzt werden können, sodass die Interessenslage verschiedener Peergroups der Gemeinde stetig gut abgebildet werden und vertreten sind.

### **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. Hier soll wieder die Transparenz und Mitnahme der Privatpersonen hervorgehoben werden.

### **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. Im Quartier Seedorf selbst gibt es kein lokales Blatt, jedoch könnten die „Lübecker Nachrichten“, welche auch über die Regionen in und um Seedorf berichten genutzt werden, um Informationen und Ankündigungen an die Bevölkerung zu vermitteln. Hier sollten jedoch auch andere Medien genutzt werden, um den Informationsfluss aufrecht zu erhalten.

### **Flugblätter**

Die Verteilung von Flugblättern oder Broschüren kann ein effektives Mittel um die Aufmerksamkeit der Bürger\_innen zu erhalten. Hier können Ankündigungen gemacht oder allgemein informiert werden. Im Rahmen des Quartierskonzepts haben sich Flugblätter als effektives Mittel bewehrt. Durch die Größe des Quartiers ist die Verteilung von Flugblättern mit einem hohen Aufwand verbunden. Das Beilegen zur Zeitung oder das Verteilen durch Zeitungsausträger\_innen sollte der Weg der Wahl sein.

### **Beschilderung**

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

### **Beratung**

Individuelle Beratungen helfen dabei, die Berührungängste mit der Thematik zu nehmen und kleine Projekte voranzutreiben. Fragen klären, auf individuelle Probleme eingehen und unterstützend zur Hand gehen sind hier die wichtigsten Aspekte der Kommunikationsarbeit.

### **Soziale Medien**

Wenn es vor Ort bereits Gruppen oder Kanäle der sozialen Medien gibt, sollten diese unbedingt genutzt werden. Vor allem die jüngere Generation der Bürger\_innen sollte sich so einfacher erreichen lassen und zum Mitmachen animierbar sein. Während des Projektverlaufs wurde keine solche Gruppe oder Kanal an das Planungsteam herangetragen.

## **5.2 CONTROLLING-KONZEPT**

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

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

### 5.2.1 GEBÄUDESANIERUNG & HEIZUNGSUSTAUSCH

Eine lückenlose Kontrolle des Sanierungsfortschritts im Quartier ist nicht einfach umzusetzen. Ein Indikator für den fortschreitenden Sanierungserfolg können u.a. die im Quartier installierten Anlagen zur Wärmeerzeugung sein. Diese können über den Schornsteinfeger erfasst und jährlich verglichen werden. Aus der Art des Brennstoffs und der Leistung der Anlagen lassen sich Rückschlüsse auf die CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die energetische Gebäudesanierung ziehen.

Darüber hinaus empfiehlt es sich, regelmäßig einen aktuellen Stand der Bezugsdaten beim Gasnetzbetreiber einzuholen. Hierbei sind die Anzahl der Anschlussstellen und die verbrauchte Gasmenge zu bewerten. Ein Rückgang der Anschlussstellen lässt auf einen steigenden Anteil regenerativer Wärmeerzeugung bzw. Wärmepumpen schließen. Eine Abnahme der verbrauchten Gasmenge bei gleicher Anzahl von Anschlussstellen deutet auf eine Zunahme der durchgeführten Sanierungen an der Gebäudehülle hin. Es ist darauf zu achten, die Gradtagszahlen mit einfließen zu lassen und den Verbrauch damit Temperaturunabhängig zu normieren.

Zusätzlich kann eine im Quartier eingesetzte verantwortliche Person über die Durchführung und Dokumentation von Energieberatungen eine Aussage über potenziell durchgeführte energetische Maßnahmen im Quartier treffen.

### 5.2.2 WÄRMENETZ

Bei dem potenziellen Bau eines Wärmenetzes ist ein Controlling der laufenden Maßnahmen in verschiedener Hinsicht möglich. So 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 genau bestimmt werden, welcher Anteil des Quartiers/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.

### 5.2.3 STROM

Beim Controlling der verursachten CO<sub>2</sub>-Menge über den Verbrauch von Strom kann als erster Schritt die Anzahl und Leistung der neu 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 über ein potenzielles Bürgerenergiwerk kann die Anzahl der abgeschlossenen Verträge sowie die bereitgestellte Energie kommuniziert werden. Auf diese Weise kann ausgewertet werden, welcher Anteil des Strombedarfs von Seedorf bereits über das lokale Bürgerenergiwerk lokal erzeugt und verbraucht wird.

### 5.2.4 MOBILITÄT

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

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

## 5.3 UMSETZUNGHEMMNISSE

Im Folgenden werden Umsetzungshemmnisse für die verschiedenen Maßnahmenbereiche kategorisiert dargestellt und beschrieben. Zusätzlich werden Überwindungsmöglichkeiten aufgezeigt.

### 5.3.1 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, welche 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.

#### **Persönliche Hemmnisse**

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

#### **Finanzielle Hemmnisse**

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

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

### **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

### **5.3.2 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
- Angst vor starken Preissteigerungen in der Zukunft (Abhängigkeit vom Betreibenden des Netzes), welche stark durch die tatsächlich hohen Preissteigerungen bei vorwiegend fossil betriebenen Netzen zu Beginn des Ukraine Konfliktes gefördert wurde
- Investitionskosten für den Anschluss an das Wärmenetz
- 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**

- Investitionskosten für die Erweiterung des Wärmenetzes
- Bestehendes Risiko, keinen Betreiber für das Wärmenetz zu finden
- 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)
- Es kommt zu keiner Einigung mit Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen (zur Versorgung des Wärmenetzes mit EE-Strom)
- Die Errichtung eigener regenerativer Stromquellen kann auf Grund von Flächenverfügbarkeit oder anderen Faktoren nicht umgesetzt werden
- Die Rohrdimensionen des Bestandsnetz lassen keine flächendeckende Erweiterung bzw. Nachverdichtung zu
- Die Betreibergesellschaft strebt in der näheren Zukunft keine Quartiersumfassende Erweiterung des Netzes an

### **Überwindungsmöglichkeiten**

Die Aufklärungsmöglichkeiten über eine mögliche Wärmenetzplanung stellt einen wichtigen Teil bei der Überwindung der vorgestellten Hemmnisse dar. Über Informationsaushänge, Kampagnen und Infoabende kann den Anwohnenden die Unsicherheit bei dem Thema genommen werden und so die Akzeptanz erhöht werden.

Darüber hinaus kann sich die Gemeinde in einem frühen Stadium der Projektentwicklung mit öffentlichen Liegenschaften für einen Anschluss an das Wärmenetz entscheiden und sich bestenfalls an einer möglichen Betreibergesellschaft beteiligen. So wird eine entsprechende Signalwirkung innerhalb der Gemeinde erzeugt. Zusätzlich kann durch eine Beteiligung an der Betreibergesellschaft ein nachhaltiger und für die Anschlussnehmer fairer Betrieb des Wärmenetzes gewährleistet werden.

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

### **5.3.3 STROM**

Folgende Hemmnisse sind bei der Stromversorgung in Seedorf wesentlich:

- Marktlage PV: Aktuell sind die Preise für Module niedrig, die Kosten für Dienstleister jedoch hoch
- Aktuelle Strompreisentwicklung: Für ein Bürgerenergiewerk und die Vermarktung bilanzieller Stromprodukte sorgen die aktuellen Strompreise an der Börse und die Unsicherheit für die weitere Preisentwicklung dafür, dass aktuell wahrscheinlich keine günstigen Stromtarife angeboten werden könnten
- Umsetzung Bürgerenergiewerk: Stakeholder finden, einbinden und verantworten (koordinativer Aufwand)

### 5.3.4 MOBILITÄT

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

#### Individueller Personenkraftverkehr

- Angst vor fehlender oder nicht ausreichender Ladeinfrastruktur
- Angst vor nicht ausreichender Reichweite von E-Autos
- Image des E-Autos: „*Kleines Spielzeug Auto.*“
- Aktuell haben E-Fahrzeuge ein deutlich höheres Investment als herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor
- 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

### 5.3.5 ALLGEMEINE HEMMNISSE

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

## 5.4 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. Wie bereits beschrieben wird es in der näheren Zukunft kein gefördertes Sanierungsmanagement geben. Die konkrete Umsetzung der im Quartierskonzept erarbeiteten Maßnahmen ist dadurch gefährdet. Für die Umsetzung ist die Gemeinde nun auf aktive und engagierte Akteure angewiesen, die nach der Beendigung des Quartierskonzeptes weiter machen und die Dekarbonisierung der Gemeinde Seedorf vorantreiben.

Zusammengefasst lauten die Aufgaben, die von einem Sanierungsmanager übernommen werden sollten, wie folgt:

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

## 5.5 UMSETZUNGSPLAN

Im Folgenden wird ein detaillierter Umsetzungsplan definiert, der die Maßnahmen, deren Priorität und die zuständigen Akteure sowie einen Zeitplan enthält. Die Priorität wird durch die Darstellung von Bäumen beschrieben, wobei drei Bäume die höchste Priorität darstellen und ein Baum die niedrigste. Die Maßnahme mit der höchsten Priorität im Bereich der Wärmeversorgung ist der Bau eines Wärmenetzes. Hierfür ist es neben der Kundenakquise von zentraler Bedeutung ein geeignetes Betreibermodell zu finden. Die Sanierung von Wohngebäuden sowie Maßnahmen der dezentralen Wärmeversorgung sind Maßnahmen mit mittlerer Priorität. Trotzdem ist die Beratung und Begleitung bei der Umsetzung von erneuerbaren dezentralen Heizungsvarianten ein zentraler Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität in Seedorf. Wesentliche Bestandteile dieser Maßnahme sind die Unterstützung bei der Fördermittelakquise und die Durchführung von Informationsveranstaltungen. Hierbei werden vor allem auch die Bewohner\_innen der nicht im Ortskern liegenden Randsiedlungen auf dem Weg zur Klimaneutralität unterstützt.

Tabelle 5-1: Umsetzungsplan - Wärme

Nr.	Maßnahme	Akteure	Zeitraum	Priorität
<b>Wärme</b>				
<b>1.</b>	<b>Zentrale Wärmeversorgung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Findung eines Betreibermodells (z.B. Gemeindeenergiewerk)</li> <li>Machbarkeitsstudie nach BEW - Modul 1</li> <li>Kundenakquise</li> <li>Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen</li> <li>Realisierung des Netzes (Beginnend mit Antragsstellung BEW – Modul 2)</li> </ul>	Gemeinde Planungsbüro Gemeinde / Betreiber Beratungsunternehmen Betreiber / Planungsbüro / Gemeinde	1. Halbjahr 2025 1. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2026 fortlaufend ab 2. Halbjahr 2025	
<b>2.</b>	<b>Dezentrale Wärmeversorgung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen</li> <li>Unterstützung bei Fördermittelakquise und Umsetzung</li> </ul>	Planungsbüro / Gemeinde Gemeinde / Bauunternehmen	fortlaufend	
<b>3.</b>	<b>Sanierung Wohngebäude</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen</li> <li>Unterstützung bei der Fördermittelakquise</li> <li>Dokumentation der Beratungen als Monitoring-Tool</li> <li>Informationsveranstaltungen</li> </ul>	Eigentümer / Bauunternehmen Eigentümer / Bauunternehmen Gemeinde / Beratungsunternehmen Gemeinde / Beratungsunternehmen	fortlaufend	

Im Bereich der Stromversorgung hat die Errichtung und Nutzung erneuerbarer Energieanlagen im Quartier die höchste Priorität. Dazu gehören die Installation von Freiflächen-PV-Anlagen, die Nutzung lokaler EE-Anlagen zur Stromlieferung und die Überprüfung der Genehmigungsfähigkeit der Flächen. Diese Maßnahmen erfordern eine langfristige Planung und Umsetzung. Die Maßnahmen mit niedrigerer Priorität im Bereich Strom sind der Vertrieb regionaler EE-Produkte und die Nutzung von PV-Dachanlagen und Speichertechnologien für Einzellösungen. Diese beinhalten die Gründung eines Bürger- oder Gemeindewerkes, die Erstellung von Produktportfolios sowie die Unterstützung bei Eigenversorgungs-lösungen.

Tabelle 5-2: Umsetzungsplan - Strom

Nr.	Maßnahme	Akteure	Zeitraum	Priorität
<b>Strom</b>				
<b>4.</b>	<b>Errichtung Erneuerbarer Energien zur Nutzung im Quartier</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gewinnung lokaler EE-Anlagen zur Stromlieferung für das Quartier</li> <li>Akquirieren von Flächen und Prüfen der Genehmigungsfähigkeit</li> <li>Errichtung eigener PV-Anlagen</li> <li>Umsetzungsbegleitung bei der Errichtung</li> </ul>	Gemeinde Planungsbüro, Gemeinde Planungsbüro, Gemeinde Planungsbüro, Gemeinde	1. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2025 ab 2. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025 – 2. Halbjahr 2027	
<b>5.</b>	<b>Vertrieb regionaler EE-Produkte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gründung eines Bürgerenergiewerkes/Gemeindewerkes</li> <li>Erstellung der Produktportfolios (Haushaltsstromtarif, Mobilitätstarif und Wärmepumpentarif)</li> <li>Werbung &amp; Vermarktung</li> </ul>	Gemeinde Marketingagentur, Planungsbüro Marketingagentur	1. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025	
<b>6.</b>	<b>PV-Dachanlagen &amp; Speichertechnologien für Einzellösung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ergänzend zu Nummer 3</li> <li>Unterstützung bei Eigenversorgungs-lösungen</li> </ul>	Planungsbüro Planungsbüro, Bauunternehmen	fortlaufend	

Den Maßnahmen im Bereich Mobilität wird eine niedrige Priorität zugeordnet, da der Nutzen einer Umsetzung im Vergleich zu den anderen Maßnahmen und dem verbundenen Aufwand geringer ist.

Tabelle 5-3: Umsetzungsplan - Mobilität & Städteplanung

Nr.	Maßnahme	Akteure	Zeitraum	Priorität
<b>Mobilität &amp; Städteplanung</b>				
<b>7.</b>	<b>Förderung der Elektromobilität innerhalb der Gemeinde</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beratung zur Errichtung privater Ladesäulen</li> <li>Errichtung öffentlicher Ladesäulen</li> <li>Aufklärungskampagnen zu Vorurteilen gegenüber der Elektromobilität</li> </ul>	Gemeinde / Beratungsunternehmen Gemeinde / Energieversorger Gemeinde / Beratungsunternehmen	fortlaufend ab 1. Halbjahr 2025 fortlaufend	
<b>8.</b>	<b>Carsharing</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Umfragen und Informationsveranstaltungen zur Bedarfsermittlung organisieren</li> <li>Carsharing Angebot schaffen</li> </ul>	Gemeinde / Beratungsunternehmen Gemeinde / Carsharing-Anbieter	2. Halbjahr 2025 1. Halbjahr 2026	
<b>9.</b>	<b>Radverkehr</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausbau und Beleuchtung von Radwegen, die in und aus dem Quartier führen</li> <li>Serviceangebot für Fahrräder schaffen (Reparatur- und Luftpumpstationen)</li> <li>Errichten von Abstellmöglichkeiten für Fahrräder an zentralen Orten</li> </ul>	Gemeinde / Bauunternehmen Gemeinde / lokale Unternehmen Gemeinde / Bauunternehmen	1. Halbjahr 2027 2. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025	

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- ADFC. (2020). Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club - Förderung kommunaler Radverkehrsinfrastruktur. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.adfc.de/artikel/foerderung-kommunaler-radverkehrsinfrastruktur>
- Amt Lauenburgische Seen. (2024). *Die Gemeinde Seedorf*. Von <https://amt-lauenburgische-seen.de/die-gemeinde-seedorf.html> abgerufen
- BAFA. (2021). Informationsblatt CO2-Faktoren.
- 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)
- BMDV. (2024). *Bundesministerium für Digitales und Verkehr - Sicherheit und Attraktivität des Fußverkehrs*. Von <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Fussverkehr/fussverkehr.html> abgerufen
- BMKW. (14. Juli 2022). *65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024*. [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6). Von [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6) abgerufen
- BMWi. (2021). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*.
- BMWK. (2023). *Bundesministerium für Wirtschaft und Klima*. Von Photovoltaik Strategie: [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=6) abgerufen
- BNetzA. (24. März 2023). *Marktstammdatenregister*. Von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Startseite/> abgerufen
- Böhm, T. d. (2022). Von <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/421/644> abgerufen
- Bundesamt für Naturschutz. (kein Datum). *Schutzgebiete Deutschland*. Von <https://geodienste.bfn.de/schutzgebiete?lang=de> abgerufen
- Bundesnetzagentur. (2023). Anzulegende Werte für Solaranlagen November 2021 bis Januar 2022.
- 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)

- BuVEG. (09. 04 2024). *Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle*. Von <https://buveg.de/pressemeldungen/sanierungsquote-im-sinkflug-prognose-2024-schwach-abgerufen>
- 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/>
- C.A.R.M.E.N. e.V. (2023). *Freiflächen-Photovoltaikanlagen Leitfaden*. Straubing.
- DA Nord. (2024). Von <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Anonym/index.html?lang=de#/> 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)
- EEG vom 8. Mai 2024. (kein Datum).
- 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)
- Frischknecht, R. e. ( 2012). Primärenergiefaktoren von Energiesystemen.
- Gebäudetypologie-SH. (2012). *Gebäudetypologie Schleswig-Holstein: Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen*. Kiel: Arbeitsgemeinschaft für Zeitgemäßes Bauen.
- GEG. (2022). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)*.
- ifeu. (2014). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg.
- ISI, F. (2022). Neuere Plug-in Hybridfahrzeuge weichen beim Kraftstoffverbrauch noch stärker von Testzyklen ab als frühere Modelle.
- 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. (2024). *Zulassungsbezirke und Gemeinden 2024*. 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) abgerufen
- MEKUN SH. (kein Datum). *Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur*. Von Umweltportal: [https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste?lang=de&topic=thallgemein&bgLayer=sgx\\_geodatenzentrum\\_de\\_de\\_basemapde\\_web\\_raster\\_grau\\_DE\\_EPSG\\_25832\\_ADV&E=623984.83&N=5943121.77&zoom=10&catalogNodes=24,29,22,26&layers=e56146740c46ece50bfd16d5bbb85](https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste?lang=de&topic=thallgemein&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&E=623984.83&N=5943121.77&zoom=10&catalogNodes=24,29,22,26&layers=e56146740c46ece50bfd16d5bbb85) abgerufen
- Meteonorm. (2024). <https://meteonorm.com/meteonorm-version-8>.

- MIKWS SH. (13. 06 2024). Von Windenergienutzung (Räumliche Steuerung): [https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/energie/windenergie-raeumliche-steuerung/Downloads/karte\\_potenzialflaechen.html?nn=9561f157-9597-43c1-912c-10292bb5f53e](https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/energie/windenergie-raeumliche-steuerung/Downloads/karte_potenzialflaechen.html?nn=9561f157-9597-43c1-912c-10292bb5f53e) abgerufen
- MILIG SH. (31. 12 2020). *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum III Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. Von [https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/L/landesplanung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene\\_wind/fh\\_teilfortschreibung\\_lep\\_wind\\_RP3](https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/L/landesplanung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene_wind/fh_teilfortschreibung_lep_wind_RP3) abgerufen
- MILIG SH. (01. 09 2021). *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich*. Von [https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/S/stadtenwicklung-staedtebau/Downloads/erlass\\_SolarFreiflaechenanlagen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/S/stadtenwicklung-staedtebau/Downloads/erlass_SolarFreiflaechenanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=1) abgerufen
- Ministerium für Energiewende, L. U. (2024). *Digitaler Atlas Nord Schleswig-Holstein - Themenportale*. Von <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/appuebersicht/index.html?lang=de> abgerufen
- Ministerium für Umwelt, K. u.-W. (2019). *Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden*. Stuttgart.
- Solarthermalworld. (8. Dezember 2021). Abgerufen am 2. August 2022 von <https://solarthermalworld.org/news/between-three-and-eight-million-heat-pumps-2030/>
- 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/>
- Statistikamt Nord. (2024). *Regionaldaten für Seedorf - Gebäude und Wohnungsbestand*. Von <https://region.statistik-nord.de/detail/0000000010000000000/1/346/590/> abgerufen
- TGA-Praxis. (12. Mai 2022). *PVT-Wärmepumpensysteme für Mehrfamilienhäuser*. Abgerufen am 2. August 2022 von [https://www.tga-praxis.de/sites/default/files/public/data-fachartikel/MGT\\_2022\\_05\\_PVT-Waermepumpensysteme-\\_fuer-Mehrfamilienhaeuser\\_12-15.pdf](https://www.tga-praxis.de/sites/default/files/public/data-fachartikel/MGT_2022_05_PVT-Waermepumpensysteme-_fuer-Mehrfamilienhaeuser_12-15.pdf)
- UBA. (November 2021). *Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland*. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>
- Uhland, T. S. (2020). *energieagentur-suedwest*. Von [https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020\\_05\\_solar\\_cluster\\_bw\\_\\_pv-netzwerk\\_photovoltaik\\_in\\_kommunen\\_-\\_broschuere\\_online\\_final.pdf](https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020_05_solar_cluster_bw__pv-netzwerk_photovoltaik_in_kommunen_-_broschuere_online_final.pdf) abgerufen
- Umweltbundesamt. (3. März 2021). *Radverkehr*. Abgerufen am 7. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#vorteile-des-fahrradfahrens>
- Umweltbundesamt. (2022). *CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe*. Von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc\\_28-2022\\_emissionsfaktoren-brennstoffe\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_28-2022_emissionsfaktoren-brennstoffe_bf.pdf) abgerufen

Umweltbundesamt. (2024). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklung und Trends in Deutschland 2023*. Von [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=3) abgerufen

Umweltbundesamt. (März 2024). *Erneuerbare Energien in Deutschland 2023*. Abgerufen am 27. März 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erneuerbare-energien-in-deutschland-2023>

VDEW. (1999). *Representative VDEW-Lastprofile*. Frankfurt (Main): Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.

Verein Deutscher Ingenieure. (2012). *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung*.

wegatech. (2024). *Photovoltaik Ertrag - Die wichtigsten Einflussfaktoren im Überblick*. Von <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/ertrag/> abgerufen

Wirth, D. H. (2023). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. Freiburg.