

Quartierskonzept Gemeinde Schaalby

Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes

Schaalby

Im Auftrag von: **Gemeinde Schaalby**

Ansprechpartner_in: Karsten Stühmer, Bürgermeister der Gemeinde Schaalby

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: 13.09.2024

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

Gefördert durch:



Aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

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

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung	10
1 Zusammenfassung	11
2 Einführung	12
2.1 Das Quartier Ortskern Schaalby	12
2.2 Bestandsaufnahme der Gemeinde Schaalby.....	14
2.3 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte.....	16
2.3.1 Workshop Zukunftsgespräch.....	16
2.3.2 Ortsentwicklungskonzept.....	17
2.3.3 Flächennutzungsplan.....	18
2.3.4 Bebauungspläne	19
2.4 Methodik und Vorgehensweise	20
2.5 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess.....	21
3 Energetische Ausgangssituation im Quartier	23
3.1 Datenquellen und Datengüte	23
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäudebestand	24
3.2.1 Wohngebäude	25
3.2.2 Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften	25
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor)	25
3.3 Bestandsaufnahme: Heizungsbestand	26
3.4 Bestandsaufnahme: Energieverbrauch	27
3.4.1 Quartierslastprofile Wärme	27
3.4.2 Quartierslastprofil Strom.....	28
3.4.3 Mobilität	28
3.5 Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	30
3.5.1 Energie- und CO ₂ -Bilanz Wärme.....	31
3.5.2 Energie- und CO ₂ -Bilanz Strom.....	33
3.5.3 Energie- Und CO ₂ -Bilanz Mobilität	34
4 Energie- und CO₂-Minderungspotenziale	35
4.1 Potenziale für erneuerbare elektrische Energien.....	36
4.1.1 Wind	36
4.1.2 Photovoltaik	37
4.1.3 Biogas	41

4.2	Potenziale für erneuerbare thermische Energie	42
4.2.1	Luft-Wärmepumpe	42
4.2.2	Geothermie	43
4.2.3	Grundwasser-Wärmepumpe	45
4.2.4	Abwärme-Wärmepumpe.....	45
4.2.5	Biomethan Blockheizkraftwerk	45
4.2.6	Biomasse.....	45
4.2.7	Solarthermie	46
4.2.8	Photovoltaisch-Thermische Kollektoren	46
4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	47
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG.....	48
4.3.2	Mustersanierungen	50
4.3.3	Energetische Sanierung Boy-Lornsen-Schule	54
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen	60
4.4.1	Vollkostenvergleich	61
4.4.2	Emissionen dezentraler Wärmeversorgungs-lösungen.....	63
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung	64
4.5.1	Wärmenetz	64
4.5.2	Erzeugungskonzepte	65
4.5.3	Fördermöglichkeiten	68
4.5.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung	70
4.5.5	Sensitivitätsanalyse	75
4.5.6	Klimaverträglichkeit.....	76
4.5.7	Zeitplan und Umsetzung.....	78
4.5.8	Mögliche Betreibermodelle.....	79
4.6	Mobilität	80
4.6.1	Verkehrssituation	80
4.6.2	Individueller Personenkraftverkehr	80
4.6.3	Auswertung der Umfrage	82
4.6.4	Carsharing.....	83
4.6.5	Unterstützung des Radverkehrs	84
4.6.6	Errichten öffentlicher Ladestationen	85
4.6.7	Öffentlicher Personennahverkehr.....	85
5	Umsetzung.....	87
5.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	87
5.1.1	Aufklärung und Unterstützung der Bewohner_innen.....	87

5.1.2	Unterstützung der Energieversorger.....	88
5.1.3	Bausteine der Öffentlichkeitsarbeit	88
5.2	Controlling-Konzept.....	90
5.2.1	Gebäudesanierung & Heizungs austausch	90
5.2.2	Wärmenetz	90
5.2.3	Strom	91
5.2.4	Mobilität	91
5.3	Umsetzungshemmnisse	91
5.3.1	Energetische Sanierung	91
5.3.2	Wärmenetz	93
5.3.3	Strom	94
5.3.4	Mobilität	94
5.3.5	Allgemeine Hemmnisse	94
5.4	Sanierungsmanagement.....	95
5.5	Umsetzungsplan	96
6	Literaturverzeichnis.....	99

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Das Quartier Ortsteil Schaalby im Gemeindegebiet Schaalby	12
Abbildung 2-2:	Schutzgebiete (Bundesamt für Naturschutz , kein Datum).....	14
Abbildung 2-3:	Biotopenverbundsystem - Schwerpunktbereich (rot) und Verbundsachse (grün) (Ministerium für Energiewende, Landschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, 2024).....	15
Abbildung 2-4:	Typ des privaten Haushalts der Gemeinde Schaalby 2011 im regionalen Vergleich (GR Zwo Planungsbüro Camilla Grätsch – Sönke Groth GbR, 2018)	17
Abbildung 2-5:	Ursprünglicher Flächennutzungsplan für den Ortskern Schaalby (Digitaler Atlas Nord, 2024).....	18
Abbildung 2-6:	Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, 20	
Abbildung 2-7:	Workshop vom 06.06.2024 - Station "Rund um die Studie" & „Wärmeversorgung“	21
Abbildung 2-8:	Workshop vom 06.06.2024 - Station “Heizungstausch & Gebäudesanierung“ & „Fördermöglichkeiten“	22
Abbildung 3-1:	Grundschule Schaalby	25
Abbildung 3-2:	Lage des Wärmenetzes im Quartier	26
Abbildung 3-3:	Wärmelastgang Quartier Schaalby (Verbrauch).....	27
Abbildung 3-4:	Stromlastgang Schaalby.....	28
Abbildung 3-5:	Gesamtendenergie	30
Abbildung 3-6:	CO ₂ -Bilanz	30
Abbildung 3-7:	Wärmeatlas Quartier Schaalby.....	31
Abbildung 3-8:	Primärenergiebedarf	34
Abbildung 3-9:	Emissionen.....	34
Abbildung 4-1:	Übersicht Maßnahmen Energieeinsparung.....	35
Abbildung 4-2:	Übersicht Maßnahmen CO ₂ -Einsparung.....	36
Abbildung 4-3:	Erster Entwurf Potenzialgebiete für Windenergie (Ausschnitt Schaalby) (MIKWS, 2024).....	37
Abbildung 4-4:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach.....	38
Abbildung 4-5:	Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023)	39
Abbildung 4-6:	Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet.....	40
Abbildung 4-7:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur	42
Abbildung 4-8:	Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (DA Nord, 2024).....	44
Abbildung 4-9:	Förderübersicht Heizungstausch und Einzelmaßnahmen	49
Abbildung 4-10:	Lageplan Boy-Lornsen-Schule	54
Abbildung 4-11:	Veraltete Heizungspumpen	55
Abbildung 4-12:	Erweiterungsbau - Südansicht	56
Abbildung 4-13:	Erweiterungsbau - Nordansicht	56
Abbildung 4-14:	Nordansicht - Altbau	57
Abbildung 4-15:	Fenster mit Bleiglas-Optik	57
Abbildung 4-16:	Betrachtungsrahmen M4: Wand Altbau Nord.....	58
Abbildung 4-17:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme	62
Abbildung 4-18:	Dimensionierung eines Wärmenetzes im Quartier Schaalby	64
Abbildung 4-19:	Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios.....	66
Abbildung 4-20:	Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios.....	67
Abbildung 4-21:	Geplantes Wärmenetz in Abschnitten	71

Abbildung 4-22:	Wärmegestehungskosten der Versorgungsszenarien bei einer Anschlussquote von 70 %.....	74
Abbildung 4-23:	Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote.....	75
Abbildung 4-24:	Zeitplan Wärmenetz.....	78
Abbildung 4-25:	Entwicklung der PKW-CO ₂ -Emissionen bis zum Jahr 2050	81
Abbildung 4-26:	Verteilung der Fahrzeuganzahl in den Haushalten der Umfrageteilnehmer	82

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1:	Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW	10
Tabelle 2-1:	Öffentlichkeitsveranstaltungen – Termine.....	22
Tabelle 3-1:	Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren.....	23
Tabelle 3-2:	Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach ifeu-Empfehlung (ifeu, 2014)	23
Tabelle 3-3:	Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs, eigene Darstellung nach (ifeu, 2014).....	24
Tabelle 3-4:	Gebäudebestand im Quartier nach Baualtersklassen	24
Tabelle 3-5:	Gebäudebestand im Kreis Schleswig-Flensburg nach Gebäudetypologie-SH.....	24
Tabelle 3-6:	Heizungsbestand Quartier Schaalby.....	26
Tabelle 3-7:	Wärmeverbrauch nach Liegenschaften.....	27
Tabelle 3-8:	Personenkraftwagen der Gemeinde Schaalby und des Ortskerns Schaalby.....	28
Tabelle 3-9:	Spezifische Energieverbräuche von Personenkraftwagen nach Brennstofftyp	29
Tabelle 3-10:	Jährliche Gesamtfahrleistung und jährlicher Energieverbrauch	29
Tabelle 3-11:	Gesamtendenergie- und CO ₂ -Bilanz	30
Tabelle 3-12:	Verwendete CO ₂ -Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)	32
Tabelle 3-13:	Endenergie- und CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger.....	32
Tabelle 3-14:	Energiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchssektoren.....	32
Tabelle 3-15:	Endenergiebilanz der Stromversorgung.....	33
Tabelle 3-16:	Regenerative Erzeugungsleistung auf dem Gemeindegebiet von Schaalby	33
Tabelle 3-17:	Verwendete Emissions- und Primärenergiefaktoren (BAFA, 2021) (Frischknecht, 2012).....	34
Tabelle 3-18:	CO ₂ -Emissionen und Primärenergieverbrauch.....	34
Tabelle 4-1:	Vergütungssätze für PV-Dachanlagen in ct/kWh	38
Tabelle 4-2:	PV-Auslegungsvarianten für verschiedene Dachausrichtungen	41
Tabelle 4-3:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate	47
Tabelle 4-4:	Grunddaten - Schulstraße 24 – Gebäudeansicht: Nord	50
Tabelle 4-5:	Zusammenfassung der Mustersanierungen – Schulweg 24.....	51
Tabelle 4-6:	Grunddaten – Nietoft 17 – Gebäudeansicht: Nord	52
Tabelle 4-7:	Zusammenfassung der Mustersanierungen – Nietoft 17.....	53
Tabelle 4-8:	Zusammenfassung Sanierung Boy-Lornsen-Schule.....	59
Tabelle 4-9:	Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme	61
Tabelle 4-10:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen der individuellen Lösungen	63
Tabelle 4-11:	Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote	65
Tabelle 4-12:	Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	70
Tabelle 4-13:	Investitionskosten des Wärmenetzes	70
Tabelle 4-14:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1	72

Tabelle 4-15:	Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.1	72
Tabelle 4-16:	Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – Sz.1	72
Tabelle 4-17:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.2	73
Tabelle 4-18:	Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.2	73
Tabelle 4-19:	Betriebskostenförderung und Erlöse bei 100 % Anschlussquote – Sz.2	73
Tabelle 4-20:	Jährliche Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote	74
Tabelle 4-21:	CO ₂ -Emission für die erzeugte Wärme	76
Tabelle 4-22:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz (gerundete Werte).....	77
Tabelle 4-23:	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	77
Tabelle 4-24:	Interesse an Elektrofahrzeugen.....	82
Tabelle 4-25:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021).....	85
Tabelle 5-1:	Umsetzungsplan - Wärme	96
Tabelle 5-2:	Umsetzungsplan - Strom	97
Tabelle 5-3:	Umsetzungsplan - Mobilität & Städteplanung	98

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

°C	Grad Celsius
a	Jahr
Abs.	Absatz
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BEG	Bundeförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundeförderung für effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlage
BGW	Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bzw.	beziehungsweise
C.A.R.M.E.N	Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
ca.	circa
CH₄	Methan
cm	Centimeter
CO₂	Kohlenstoffdioxid
COP	Coefficient of Performance
Ct	Cent
DN	Diamètre Nominal (Nenndurchmesser)
E	Elektro
e.V.	Eingetragener Verein
EE	Enerneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetzes
EFH	Einfamilienhaus
el.	elektrisch
EM	Einzelmaßnahme
Eng.	Engineering

F&E	Forschung und Entwicklung
ff	fortfolgend
g	Gramm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GKO	Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen
GWh	Gigawattstunden
h	Stunde
ha	Hektar
i.d.R.	in der Regel
ifeu	Institutes für Energie- und Umweltforschung
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
K	Kelvin
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
kWp	Kilowatt peak
kWth	Kilowatt thermisch
L	Liter
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LEP	Landesentwicklungsplan
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
max.	maximal
min.	minimal
Mio.	Millionen
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
MWp	Megawatt peak
MWth	Megawatt thermisch
N₂O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
Nr.	Nummer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pers.	Personen
Pkm	Personenkilometer
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaisch-thermisch

SH	Schleswig-Holstein
Str.	Straße
t	Tonne
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
W	Watt
WG	Wohngebäude
WKA	Windkraftanlage
WNS	Wärmenetzsysteme
z.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 43.5.3
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	2
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	2.12
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	4
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	43.5.3
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	23.5.3
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	3
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	2
konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	5
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	5
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	43.5.3
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte	2 und 5
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	5
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	5

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung des Quartiers Schaalby 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. 7.530 MWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 711 MWh pro Jahr ermittelt. Auf den Mobilitätssektor entfallen weitere 5.364 MWh pro Jahr. Insgesamt verursacht dieser Bedarf Emissionen in Höhe von 3.796 tCO₂ pro Jahr.

Die Ertüchtigung der Gebäudehüllen der Wohngebäude im Quartier sorgt bei einer moderaten Sanierungsrate von 2 % pro Jahr bis 2045 zu einer Reduzierung von bis zu 35 % des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung. Die in der Studie aufgezeigten Mustersanierungen machen nicht nur den ökologischen, sondern auch den wirtschaftlichen Vorteil der Sanierung der Gebäudehüllen deutlich. Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle mit wenigen Jahren statischer Amortisationszeiten haben wirtschaftlich und ökologisch gute Aussichten. Um die angestrebte Sanierungsrate von 2 % pro Jahr zu erreichen, müssen die Bürger_innen angeleitet und begleitet werden.

Über die Sanierung des Gebäudebestands als Energieeffizienzmaßnahme können die Emissionen auf der Verbrauchsseite gesenkt werden. Auch auf Erzeugerseite lassen sich durch Sektorenkopplung Energie- und CO₂-Minderungspotenziale ausschöpfen. Die Nutzung des vorhandenen Potenzials bei der regenerativen Energieerzeugung erlaubt es günstigen Strom für eine CO₂-neutrale Stromversorgung bereitzustellen. Die Wärmeversorgung kann durch den Aufbau eines Wärmenetzes und die Einbindung von regenerativ produziertem Strom nachhaltig gestaltet werden. So können die Gebäude im Ortskern mit nachhaltiger Fernwärme versorgt werden, wodurch schon bei einer geringen Anschlussquote erhebliche CO₂-Einsparungen erzielt werden können. Durch die in der Studie aufgezeigten Handlungsoptionen bestehen auch für Haushalte, die außerhalb der Potenzialgebiete für Wärmenetze liegen, die Möglichkeit zur CO₂-Reduktion. Entsprechend gedämmte Gebäude im Außenbereich können mit den unterschiedlichen dargestellten Heizsystemen ausgestattet werden. Die größte Hürde ist derzeit der hohe Kostenfaktor.

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

2 EINFÜHRUNG

Dieser Bericht soll den aktuellen Stand der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs im Ortskern der Gemeinde Schaalby 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 des Ortsteils Schaalby ist ein umfassendes Quartierskonzept, das im Folgenden näher beschrieben wird.

2.1 DAS QUARTIER ORTSKERN SCHAALBY

Die Gemeinde Schaalby liegt im Kreis Schleswig-Flensburg in Schleswig-Holstein. Sie gehört zum Amt Südangeln, das aus 15 Gemeinden besteht. Die Gemeinde hat eine Fläche von 25 km² und ist Heimat für 1.556 Bürger_innen (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2023). Der Ortsteil Schaalby liegt zwischen der Bundesstraße B201 und dem Nordufer der Schlei. Die Lage und die Grenzen des Quartiers Ortsteil Schaalby sind in Abbildung 2-1 dargestellt.

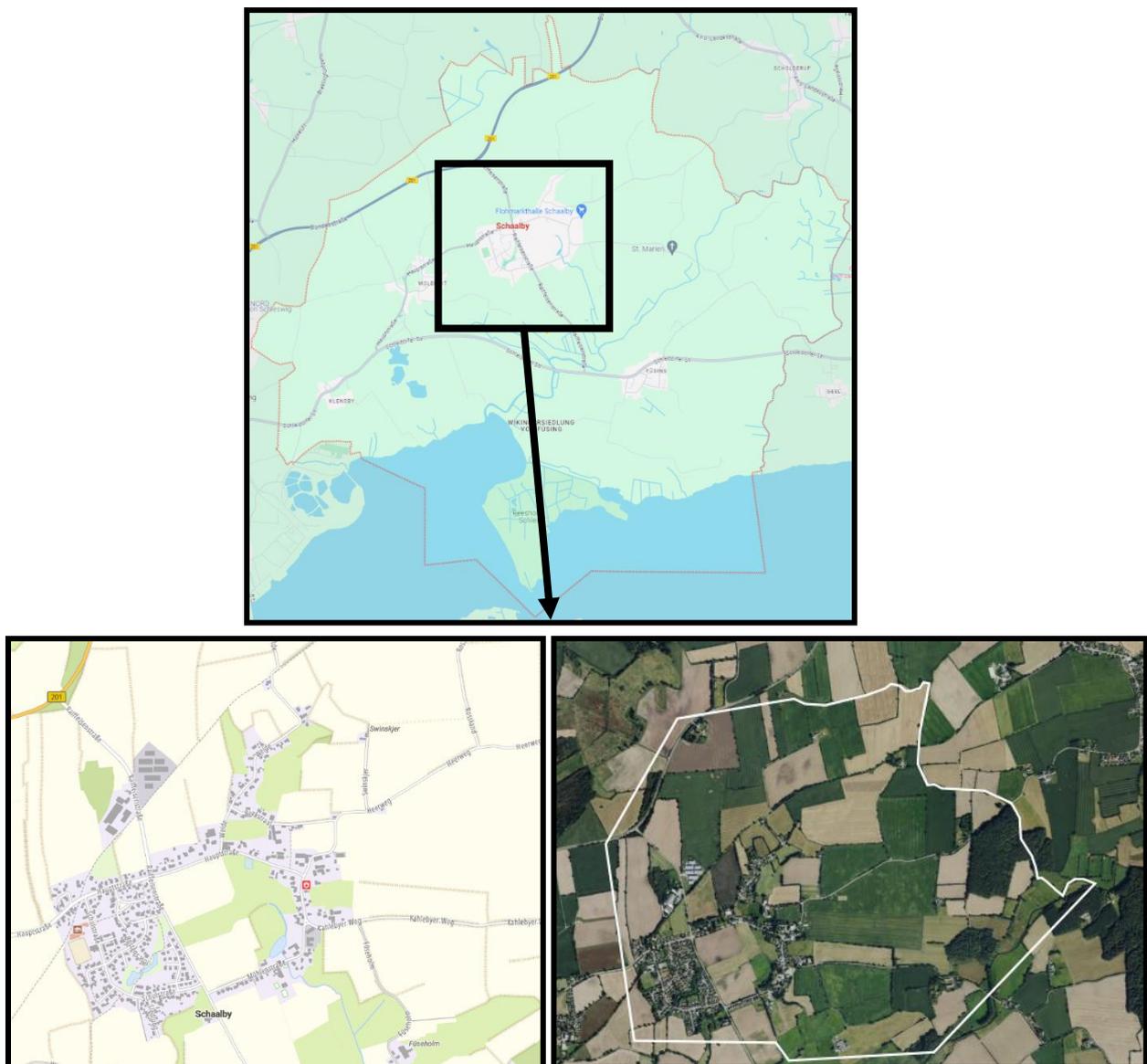


Abbildung 2-1: Das Quartier Ortsteil Schaalby im Gemeindegebiet Schaalby

Die Erschließung des Ortskerns für den motorisierten Individualverkehr erfolgt über die in Nord-Süd Richtung verlaufende Kreisstraße 114 bzw. die Raiffeisenstraße zwischen dem Anschluss an die Bundesstraße 201 im Norden und der Kreisstraße 119 nach Schleswig im Süden von Schaalby. Die Entfernung nach Schleswig beträgt ca. 10 Autominuten und nach Eckernförde ca. 40 Autominuten.

Das zu untersuchende Gebiet umfasst den Ortskern von Schaalby und ist städtebaulich geprägt durch Einfamilienhäuser sowie einige landwirtschaftliche Betriebe. Die Gemeinde verfügt über einen Kindergarten und eine Grundschule im Quartier. Als Treffpunkt für die Bewohner_innen in der Gemeinde gibt es einen Bürgerraum der Gemeinde, welcher sich direkt in der Grundschule befindet.

Von 313 Primärheizungen werden 39 % mit Erdgas und 25 % mit Heizöl betrieben. Lediglich 1 % aller Primärheizungen werden durch Feststoffe wie Pellets versorgt. Dementsprechend haben Erdgas und Heizöl auch den größten Anteil an der Wärmeerzeugung, nämlich 62 % bzw. 36 %. Dabei entfällt etwa die Hälfte der Wärme aus Erdgas, also 31 % der gesamten Erzeugung, auf das bestehende Fernwärmenetz. Jeweils 1 % werden durch Feststoffe und Strom, beispielsweise in Form von Pelletheizungen oder Wärmepumpen, bereitgestellt.

Die Gebäudestruktur des Quartiers weist sich primär durch Gebäude mit einer Wohneinheit aus. Mit ca. 17 % macht der historische Dorfkern mit einem Baujahr vor 1950 einen großen Anteil des gesamten Gebäudebestands aus. Hier besteht ein großes Potenzial bei der energetischen Gebäudesanierung, da Gebäude dieser Baualtersklassen meist nur teilweise, bis gar nicht energetisch saniert bzw. gedämmt sind. Der größte Anteil des Gebäudebestands wurde mit ca. 33 % zwischen 1990 und 2015 errichtet.

ZIELSETZUNG

Ziel des Quartierskonzeptes ist es, den Weg für eine 100 % erneuerbare Energieversorgung in Schaalby zu ebnen. Durch die Erstellung eines Quartierskonzeptes wird die Gemeinde Schaalby 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 verschiedene Bausteine wie eine Ist-Analyse, eine Potenzialanalyse, eine Energie- und CO₂-Bilanz, einen Maßnahmenkatalog, 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 das Potenzial zur Energieeinsparung birgt. Mit Blick auf das Ziel der Bundesregierung einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erreichen, muss in Schaalby der Startschuss für die Sanierung gegeben werden, um eine realistische Chance auf die gesetzten Ziele zu haben.

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

2.2 BESTANDSAUFNAHME DER GEMEINDE SCHAALBY

Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurde in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Pro Regione GmbH 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 Kapitel 2.3), Erfassung von ortsbildprägender Architektur, die Verkehrssituation bzw. das Mobilitätsverhalten (siehe Abschnitt 4.6.1), örtliche und überörtliche Schutzgebiete sowie die Analyse von ortsbildprägenden Freiräumen und der Wasserwirtschaft.

ORTSBILDPRÄGENDE ARCHITEKTUR

Für das Quartierskonzept wurden verschiedene ortsbildprägende Bauwerke und Strukturen identifiziert. Außerhalb des Quartiers, aber innerhalb der Gemeinde Schaalby, befindet sich die Kirche St. Jacobus zu Moldenit, die an der Straße "An der Kirche" gelegen ist. Diese Kirche prägt die geschichtliche, künstlerische und städtebauliche Entwicklung sowie die Kulturlandschaft der Region. Sie umfasst neben der eigentlichen Kirche auch den Kirchhof mit Grabmalen bis zum Jahr 1870, eine Feldsteinböschungsmauer und einen Lindenzweig. Innerhalb des Quartiers befindet sich die Kirche St. Marien zu Kahleby, die am Kahlebyer Weg liegt. Auch diese Kirche ist geschichtlich, künstlerisch und städtebaulich bedeutend und prägt die Kulturlandschaft. Zu ihr gehören neben der Kirche selbst auch der Kirchhof mit Grabmalen bis 1870, die Kirchhofspforte sowie ein Feldsteinwall bzw. eine Feldsteinmauer. Weiterhin werden die Wassermühle und das Mühlenwehr an der Mühlenstraße 4 als ortsbildprägende Bauwerke aufgeführt.

ÖRTLICHE UND ÜBERÖRTLICHE SCHUTZGEBIETE

Die Ortsanlage liegt im Naturpark Schlei. Weitere Überschneidungen mit Schutzgebieten liegen nicht vor. Die Füsinger Au verläuft östlich und südlich von Schaalby, vorbei an Kahleby, und gehört zum FFH-Gebiet DE 1324391 „Wellspanger-Loiter-Oxbek-System und angrenzende Wälder“. Diese Au ist Teil eines Biotopverbundsystems, das einen Schwerpunktbereich entlang der Loiter und Füsinger Au mit ihren Randbereichen umfasst. Die vorhandenen Schutzgebiete sind Abbildung 2-2 zu entnehmen.

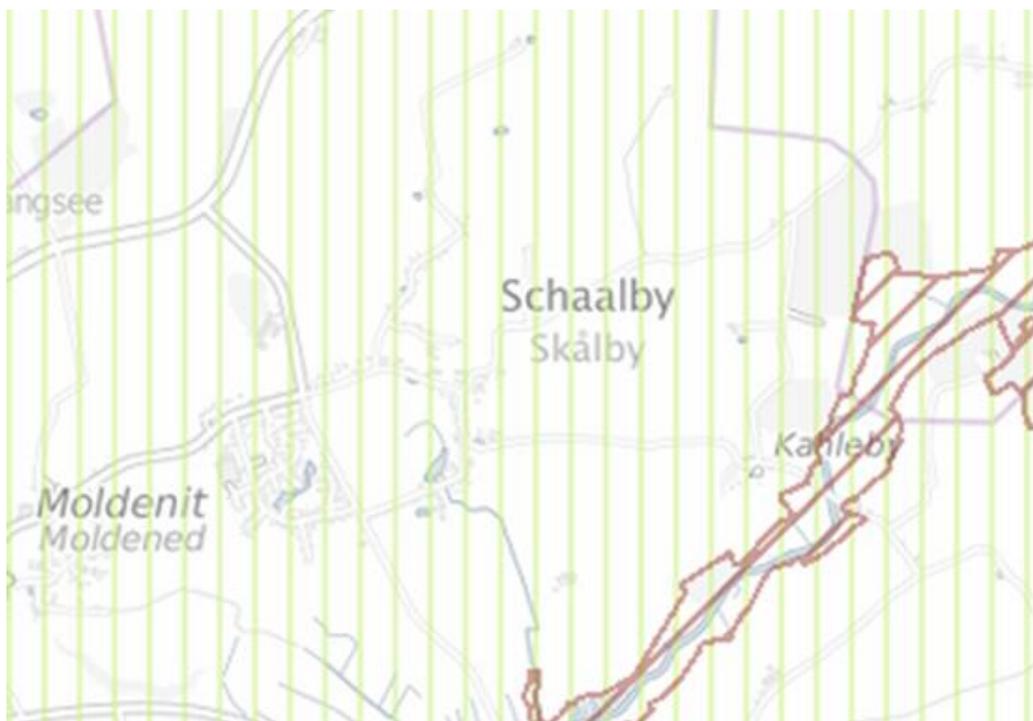


Abbildung 2-2: Schutzgebiete (Bundesamt für Naturschutz, kein Datum)

Wald- und Gehölzflächen spielen eine wichtige Rolle für die Frischluftbildung und Luftfilterung. Nördlich und östlich von Schaalby sind solche Waldflächen ausgeprägt. Zusätzlich gibt es eine bedeutende Verbundachse im Biotopverbundsystem (siehe Abbildung 2-3), die die Moorniederung südwestlich von Tolk einschließt.

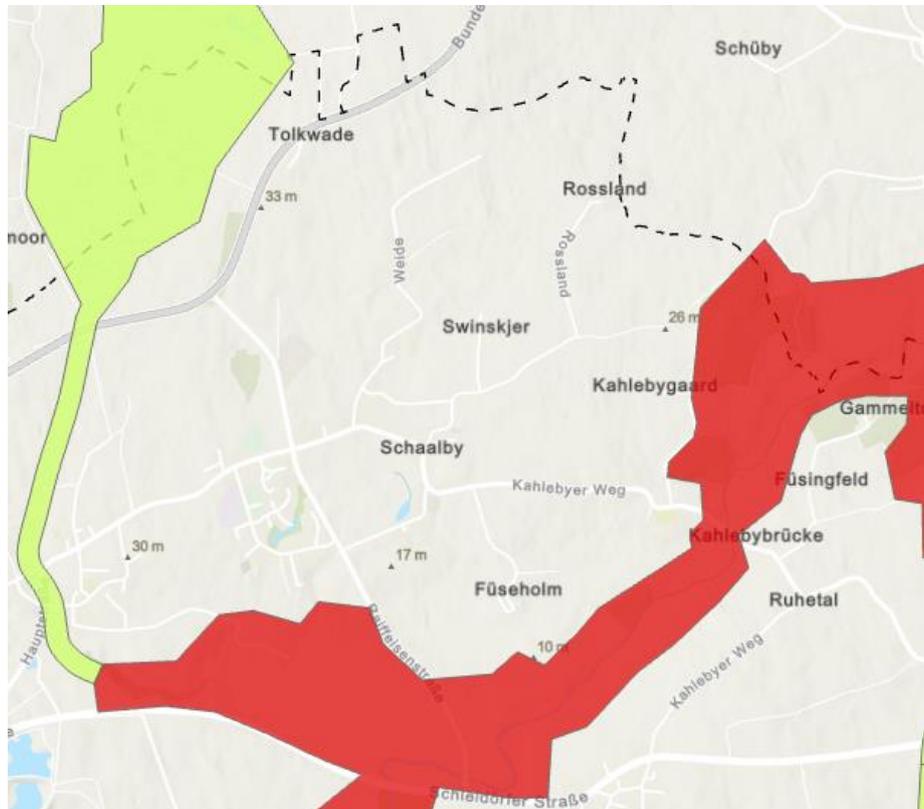


Abbildung 2-3: Biotopenverbundsystem - Schwerpunktbereich (rot) und Verbundsachse (grün) (Ministerium für Energiewende, Landschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, 2024)

ORSTBILDPRÄGENDE FREIRÄUME (GRÜNFLÄCHEN)

Die ortsbildprägenden Freiräume in Schaalby umfassen sowohl öffentliche als auch private Grünflächen, die wesentlich zur Gestaltung des Dorfbildes beitragen.

- **Öffentliche Grünflächen**
Zu den öffentlichen Freiräumen gehört der Sportplatz des TSV Schaalby, der sich südlich der Grundschule befindet. Darüber hinaus gibt es eine Parkanlage beziehungsweise eine Grünfläche südlich des Wohngebiets „Böstens Hoi“ (Bebauungsplan Nr. 9).
- **Private Grünflächen**
Die privaten Freiräume umfassen unter anderem Hausgärten, die ebenfalls eine wichtige Rolle im Erscheinungsbild und der Lebensqualität des Ortes spielen.

WASSERWIRTSCHAFT

Der Wasser- und Bodenverband „Angelner Auen“ ist für die Betreuung des Fließgewässers „Füsinger Au“ verantwortlich, welches südlich des Quartiers verläuft und bei Winning in die Schlei mündet. Südlich des Wohngebiets „Böstens Hoi“ (Bebauungsplan Nr. 9) befinden sich Grünflächen (Retentionsräume), die als Maßnahmenflächen und für die Wasserwirtschaft, einschließlich eines Regenwasserrückhaltebeckens, genutzt werden. Im Flächennutzungsplan ist außerdem ein „Überschwemmungsgebiet“ südlich der Ortslage Schaalby dargestellt, das als wichtiger Retentionsraum fungiert.

2.3 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Folgende kommunale Satzungen und Konzepte liegen der Planungsgruppe für das Quartier Schaalby vor:

- Zukunftsgespräch Gemeinde Schaalby (2018)
- Orts(kern)entwicklungskonzept Gemeinde Schaalby (2018)
- Flächennutzungsplan (1982)
- Bebauungspläne

2.3.1 WORKSHOP ZUKUNFTSGESPRÄCH

Beim Zukunftsgespräch handelte es sich um ein Ortsentwicklungskonzept in Form eines Workshops für die Gemeinde Schaalby aus dem Jahr 2018, um ihre Stärken zu identifizieren, um die Daseinsvorsorge zu gewährleisten und sich an zukünftige Herausforderungen anzupassen. Der Workshop umfasste Diskussionen darüber, wie die Gemeinde ihre Ortsentwicklung, Sozialinfrastruktur, Kultur, Freizeit, Naherholung, Mobilität und Versorgung verbessern kann. Die drei Themen, die während des Workshops diskutiert wurden, waren „Ortsentwicklung und Wohnen“, „soziale Infrastruktur, Kultur, Freizeit und Naherholung“ und „Mobilität, Versorgung, Energie“.

Im Fokus des ersten Themas stand die Förderung eines starken Gemeinschaftsgefühls und die Vernetzung der Ortsteile durch Projekte wie einen Vorgarten-Wettbewerb und die Einrichtung eines Dorferneuerungsausschusses. Zudem wurde die Notwendigkeit eines verbesserten Internetauftritts und einer Willkommensmappe für Neubürger betont. Die Vision für 2030 umfasst ein belebtes Ortszentrum, altersgemischte Wohnformen und die Entwicklung neuer Wohngebiete sowie bestehender Gebäude. Besonders hervorgehoben wurde das Projekt „Wohnpark Schaalby“, das generationenübergreifendes Wohnen und gemeinschaftliche Angebote wie E-Mobilität und Landwirtschaft integrieren soll.

Im Rahmen des Themas „soziale Infrastruktur / Kultur / Freizeit / Naherholung“ wurde eine Schule für etwa 120 Schülern und ein attraktiver Mitteltrakt für kulturelle Veranstaltungen geplant. Aufgrund des demografischen Wandels wird die Einrichtung einer Tagespflege angestrebt. Die Weiterentwicklung der Friedhöfe, eine attraktive und barrierefreie Bushaltestelle sowie die Förderung des aktiven Vereinslebens sind weitere wichtige Punkte. Die Gruppe wünscht sich mehr ehrenamtliches Engagement und plant jährliche Willkommensveranstaltungen für Neubürger sowie ein ortsteilübergreifendes Dorffest. Eine digitale Plattform soll die gemeindliche Kommunikation erleichtern. Im Jahr 2030 soll die Kreisbahntrasse asphaltiert und als Radweg genutzt werden, während das Wanderwegenetz ausgebaut wird. Eine saubere und gut nutzbare Badestelle sowie die extensive Nutzung der Nähe zur Schlei/Au sind ebenfalls vorgesehen.

Außerdem wurden umfangreiche Pläne für Mobilität, Verkehr, Versorgung und Energie bis 2030 entwickelt. Vorgesehen sind flexible ÖPNV-Lösungen wie Rufbusse und Mitfahrbänke sowie die Förderung der E-Mobilität durch Carsharing-Stationen. Die Kreisbahntrasse und der Schlei-Wanderweg sollen ausgebaut und das Radwegenetz nachhaltig instandgehalten werden. Angestrebt werden zudem soziale Treffpunkte und eine flexible Flächennutzung für Wohnen und Gewerbe. Zur Sicherstellung der medizinischen Versorgung wird ein Allgemeinarzt sowie mobile Dienste geplant. Eine universelle Packstation für die Warenabholung, ein zentraler Geldautomat und der Ausbau von Breitband- und Mobilfunknetzen sind ebenfalls vorgesehen. Ergänzt werden diese Maßnahmen durch umfassende Energiekonzepte wie Nahwärmeversorgung und eine aktive Informationskultur.

2.3.2 ORTSENTWICKLUNGSKONZEPT

Aufbauend auf das Zukunftsgespräch wurde im Jahr 2018 ein Ortsentwicklungskonzept erstellt. Das Konzept besteht aus einer Bestandsanalyse, einer Bewertung der Stärken – Schwächen – Analyse sowie der Ausarbeitung von Zielen und Handlungsfeldern. Die Bestandsanalyse beinhaltet eine Auswertung des vorliegenden Datenmaterials zur Struktur und Entwicklung von Bevölkerung, Haushalten sowie Wohnungs- und Gebäudebestand. Fachpläne und Planungen der Gemeinde wurden analysiert. Bedeutend für das Quartierskonzept wäre beispielsweise die Analyse der Baualtersstruktur, welche in Abbildung 2-4 dargestellt wird.

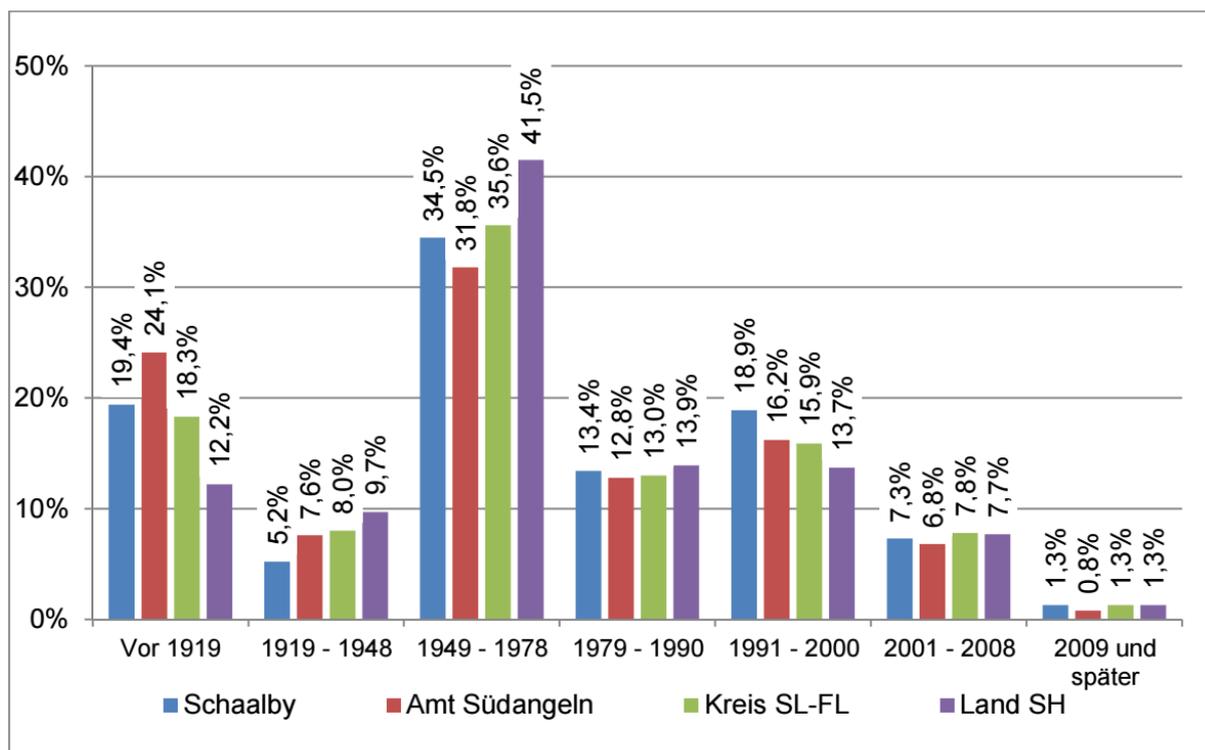


Abbildung 2-4: Typ des privaten Haushalts der Gemeinde Schaalby 2011 im regionalen Vergleich (GR Zwo Planungsbüro Camilla Grätsch – Sönke Groth GbR, 2018)

Die Analyse zeigt einen hohen Anteil an sehr alten Gebäuden (vor 1919) und Gebäuden aus der Nachkriegszeit bis 1978 mit insgesamt 59,1 %. Der Gebäudeanteil aus der Zeit von 1979 bis 2000 ist mit 32,3 % ebenfalls signifikant. Neubauten ab dem Jahr 2001 haben mit 8,6 % nur einen geringen Anteil. Je nach Modernisierungsgrad lässt sich daraus ein erhöhtes Energieeinsparpotential ableiten, insbesondere für Gebäude mit einem Baujahr bis 1978.

Ebenfalls wird das Thema Erreichbarkeit und Mobilität behandelt. Dabei geht es um die Anbindung des Ortes an das Straßennetz sowie um Möglichkeiten der Fortbewegung innerhalb des Ortes. Die Erweiterung und Optimierung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) wird als ein wichtiges Ziel zur Verbesserung der Mobilität in Schaalby genannt. Die bestehenden Busverbindungen sollen optimiert und neue Verbindungen geschaffen werden. Konkret soll etwa die Taktung der Busverbindungen erhöht und direkte Verbindungen in benachbarte Ortschaften ermöglicht werden. Im Konzept werden außerdem verschiedene Maßnahmen und Handlungsfelder aufgezeigt, um die Mobilität zu verbessern, wie zum Beispiel die Bereitstellung von Fahrradabstellanlagen und ergänzende Mobilitätsangebote wie die Aufstellung von zwei Ladestationen. Darüber hinaus sollen auch Maßnahmen wie die Anlage von verkehrsberuhigten Bereichen dazu beitragen, dass sich Anwohner und Besucher sicher im Ort bewegen können.

2.3.3 FLÄCHENNUTZUNGSPLAN

Abbildung 2-5 ist der ursprüngliche Flächennutzungsplan aus dem Jahr 1982 zu entnehmen.

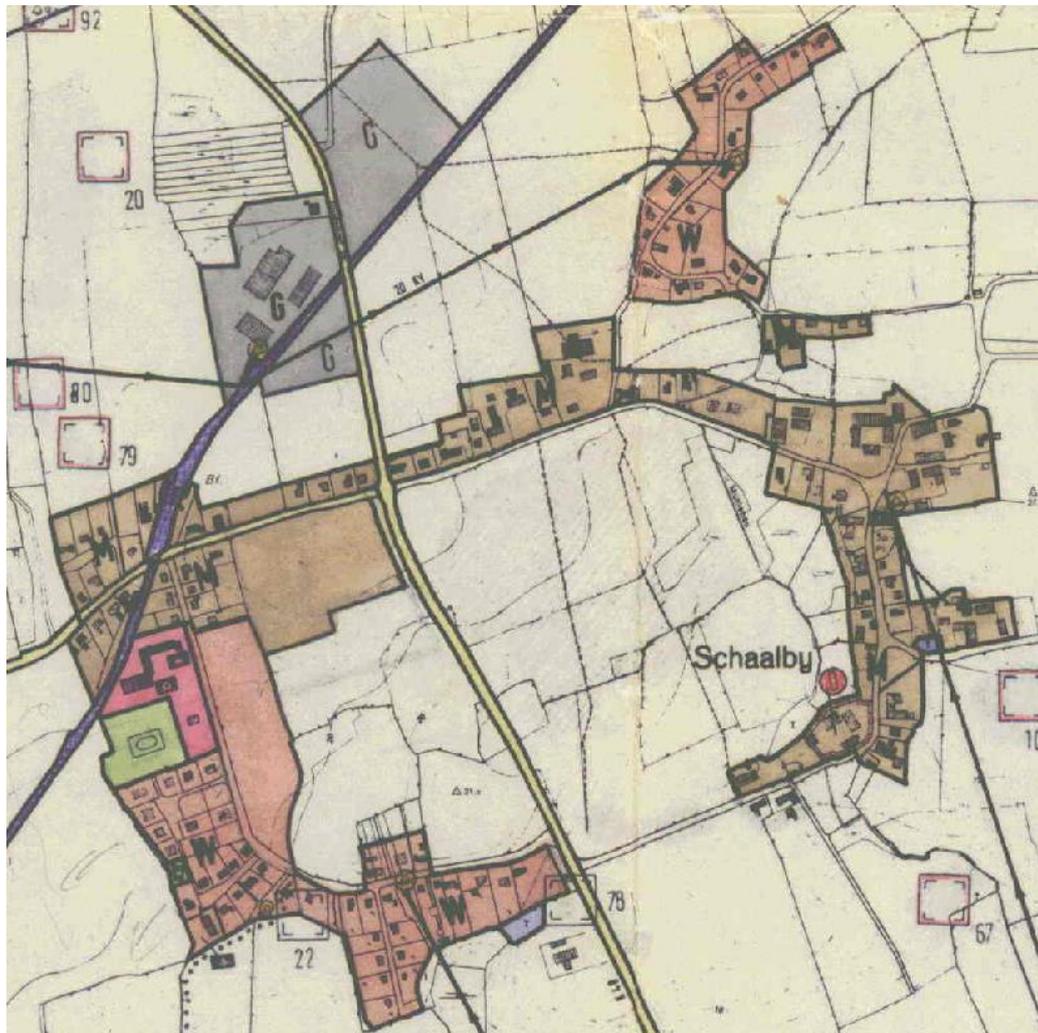


Abbildung 2-5: Ursprünglicher Flächennutzungsplan für den Ortskern Schaalby (Digitaler Atlas Nord, 2024)

Der Flächennutzungsplan für Schaalby zeigt eine vorwiegende Nutzung für Wohnbauflächen, die in Rosa dargestellt sind. Diese befinden sich hauptsächlich im südwestlichen Teil des Plans, mit weiteren kleineren Wohnbauflächen im zentralen und östlichen Teil des Gebiets. Mischbauflächen, die in Orange markiert sind, sind über das gesamte Gebiet verteilt, wobei größere Ansammlungen im zentralen, im nordwestlichen und im östlichen Teil des Plans zu sehen sind. Es gibt ein kleines Sondergebiet, das in Rot dargestellt ist und sich im westlichen Teil des Ortes befindet. Gewerbliche Bauflächen, die grau markiert sind, befinden sich hauptsächlich im nördlichen Teil des Gebiets. Insgesamt zeigt der Plan eine Mischung aus Wohn- und Mischbauflächen, wobei die gewerblichen Bauflächen im nördlichen Bereich konzentriert sind, was eine Trennung von Wohn- und Arbeitsbereichen anzeigt. Das Sondergebiet beinhaltet die Boy-Lorenzen Grundschule. Neben den Aussagen zur Nutzung der Flächen gibt der Flächennutzungsplan als vorbereitende Bauleitplanung auch Hinweise für Maßnahmen zum Klimaschutz, wie z.B.: „Überschwemmungsgebiet“ entlang der Niederung der Füsinger Au und der Niederung südlich der Ortslage Schaalby; „Landschafts-/Naturschutzgebiet“.

Änderungen des Flächennutzungsplans weisen hauptsächlich neue Wohngebiete aus und werden durch folgende Bebauungspläne genauer erläutert.

2.3.4 BEBAUUNGSPLÄNE

Innerhalb des Quartiers „Schaalby“ wurden folgende Bebauungspläne aufgestellt:

- Bebauungsplan Nr. 5 für das Gewerbegebiet „Rondemoor“ östlich der Raiffeisenstraße -K48- (1987). Festgesetzte bauliche Nutzung: Gewerbegebiet und Verkehrsfläche
- Der Bebauungsplan Nr. 8 “Böstens-Hoi“ weist ein allgemeines Wohngebiet östlich der Schulstraße aus. Neben der Ausweisung allgemeiner Wohngebiete erfolgt hier die Festsetzung öffentlicher Verkehrsflächen, einer öffentlichen, naturbelassenen Grünfläche, einer Fläche für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft sowie einer Wasserfläche zur Regelung des Wasserabflusses.
- Der Bebauungsplan Nr. 9. weist eine Fläche für das Gebiet ostwärts der Schulstraße, östlich des Bebauungsplanes Nr. 8 und westlich der Raiffeisenstraße aus. Zulässig ist demzufolge die Erbauung von Einzel- und Doppelhäusern. Des Weiteren erfolgt die Festsetzung einer Straßenverkehrsfläche, Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, einer öffentlichen Grünfläche sowie einer Wasserfläche.
- Für das Gebiet nördlich der Schulstraße und westlich der Raiffeisenstraße liegt der Bebauungsplan Nr. 10 vor. Die Erschließung des Plans sollte der Ausweisung von Wohnbauflächen dienen.
- Östlich angrenzend an die Raiffeisenstraße und südlich der Mühlenstraße liegt der Bebauungsplan Nr. 11 vor, welcher ebenfalls der Ausweisung von Wohnflächen dient.
- Der Bebauungsplan Nr. 12 betrifft das Gebiet östlich der Mühlenstraße, südlich des Kahlebyer Weges und nördlich des Grundstücks Mühlenstraße 1. Der Plan enthält Regelungen für den Bau von Gebäuden, Parkplätzen und Lagerflächen, sowie für die Verkehrsflächen und -vorschriften innerhalb des Gebiets. Darüber hinaus sind einige weitere Festsetzungen und Anforderungen wie beispielsweise die Verlegung des Regenkanals vorgesehen.
- Der Bebauungsplan Nr. 13 liegt für das Plangebiet nördlich der Hauptstraße und westlich der Straße “Weide“ im Norden der Ortsanlage Schaalby vor. Im Rahmen des Plans wird das Gebiet als allgemeines Wohngebiet festgesetzt.

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 der rein technischen und wirtschaftlichen Betrachtung gehen auch zahlreiche weitere Faktoren, wie zum Beispiel Bevölkerungsentwicklung, Trends, Verhaltensmuster sowie rückwirkende Einflüsse unserer Arbeit mit den Bürger_innen, in die komplexe Analyse und Prognose einer optimalen Lösung mit ein. Dieser Prozess ist in Abbildung 2-6 als Fließbild dargestellt.

Um all diese Aspekte tatsächlich für eine Lösung berücksichtigen zu können, wird auf Algorithmen basierende Softwarewerkzeuge zurückgegriffen. 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 kann die komplexe technoökonomische Optimierungsaufgabe für jeden Fall individuell berechnet werden. Die Ergebnisse sind eine Investitionsempfehlung in Erzeugungs-, Speicherungs- und Verteil-Infrastruktur sowie ein konkreter Fahrplan zur Umsetzung.

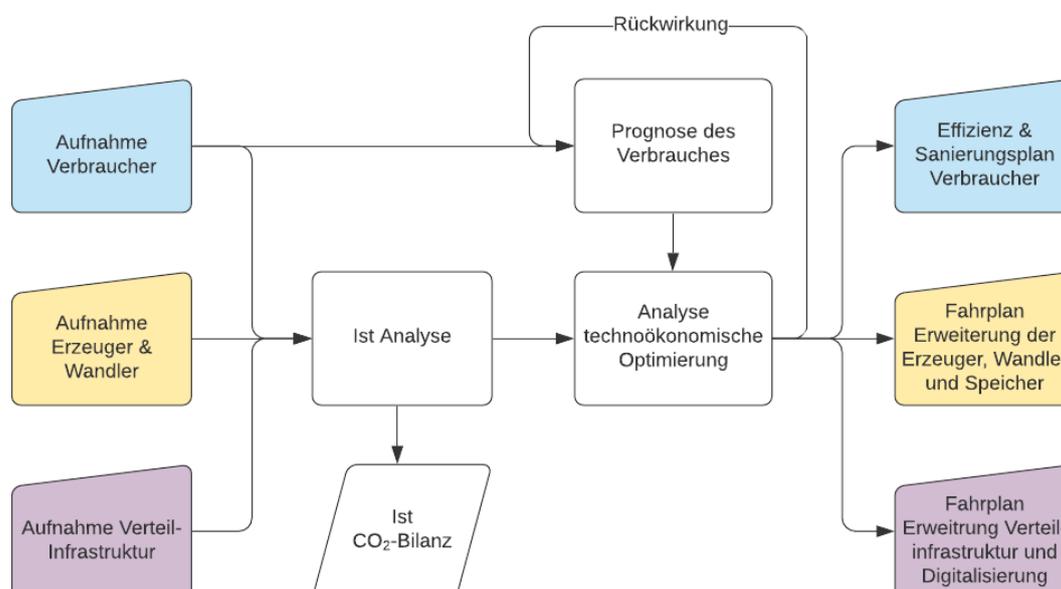


Abbildung 2-6: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, eigene Darstellung

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 28.11.2023 ein Informationsabend im Gemeinderaum 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 eine realistische Erwartungshaltung transportieren. Insgesamt war das Feedback dieser Veranstaltung positiv, mit einem Hinweis auf eine eventuell zu hohe Informationsdichte.

Eine weitere öffentliche Veranstaltung fand am 06.06.2024 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 zwei Gruppen aufgeteilt, die sich auf zwei Informationsstände mit je zwei Themengebieten verteilten. Es konnte in den Austausch zu den Themen „Heizungsaustausch & energetische Gebäudesanierung“, „Fördermöglichkeiten“, „Wärmeversorgung“ und „Rund um die Studie“ gegangen werden. Durch den Stationswechsel der Gruppen erhielt jede Person Input von jedem Stand und bekam die Möglichkeit, Fragen zu jedem Thema zu stellen. Die folgenden Abbildungen zeigen Aufnahmen des Workshops.



Abbildung 2-7: Workshop vom 06.06.2024 - Station "Rund um die Studie" & „Wärmeversorgung“



Abbildung 2-8: Workshop vom 06.06.2024 - Station "Heizungstausch & Gebäudesanierung" & „Fördermöglichkeiten“

Die Abschlussveranstaltung für das Quartiers hat zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts noch nicht stattgefunden. Die Vorstellung der Ergebnisse wird durch das Planungsbüro am 11.09.2024 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 Schaalby. 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 geringe Beteiligung von ca. 15 %.

Landingpage

Auf einer eigens für Schaalby eingerichteten Landingpage konnten sich die Bewohnenden des Quartiers zusätzlich 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	24.10.2023
2.	Informations-Abend	28.11.2023
3.	Workshop	06.06.2024
4.	Abschlussveranstaltung	11.09.2024

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 -erzeugung herangezogen und eine Energie- und CO₂-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 wird zwischen vier Güteklassen unterschieden. Die Güteklassen sind wiederum mit Gewichtungsfaktoren belegt, welche gemeinsam mit dem Anteil am Gesamtenergieverbrauch eine Beurteilung der Aussagekraft der erhobenen Daten zulassen. In Schaalby wurde auf Grundlage der Güteklassen A, B und C gearbeitet. Regionale Kenndaten sind unter anderem in die Validierung von Hochrechnungen eingeflossen. Zur Datenerhebung wurde auch die vorher beschriebene Umfrage genutzt.

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: 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 errechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch im Quartier Schaalby beträgt **66,4 %**. Die Berechnung der Datengüte kann in Tabelle 3-3 nachvollzogen werden. Aus Tabelle 3-3 und der Bewertung aus Tabelle 3-2 geht hervor, dass die erstellte Energiebilanz belastbar ist.

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	C	0,25	4,8 %	1,2 %
Stromverbrauch zu Heizzwecken	SH-Netz	A	1	0,5 %	0,5 %
Erdgasverbrauch	SH-Netz	A	1	34,6 %	34,6 %
Heizölverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	19,7 %	9,9 %
Biomasseverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	0,4 %	0,2 %
Kraftstoff	KBA / Hochrechnung	B	0,5	40,0 %	20,0 %
Gesamt				100 %	66,4 %

3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDEBESTAND

Der Gebäudebestand ist durch eine für den ländlichen Raum Schleswig-Holsteins typische Bebauung geprägt. Eine Betrachtung des Gebäudebestandes nach Baualtersklassen zeigt, dass es sich in Schaalby um einen Ortsteil mittleren Alters handelt (Tabelle 3-4). Mit einem kumulierten Anteil von ca. 63 % wurde ein Großteil der Gebäude zwischen 1970 und 2015 errichtet. Insgesamt befinden sich 313 beheizte Gebäude im Quartier.

Tabelle 3-4: Gebäudebestand im Quartier nach Baualtersklassen

	Bis 1950	1950-1970	1970-1990	1990-2015	>2015
Anzahl	52	49	95	102	15
Anteil [%]	16,6	15,6	30,4	32,6	4,8

Im Vergleich zum Gebäudebestand in Schaalby weist der statistische Gebäudebestand des Kreises Schleswig-Flensburg einen höheren Anteil an älteren Baualtersklassen nach der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein auf (vgl. Tabelle 3-5). Demnach ist Schaalby ein vergleichsweise junges Quartier.

Tabelle 3-5: Gebäudebestand im Kreis Schleswig-Flensburg nach Gebäudetypologie-SH

	Bis 1950	1950-1970	1970-1990	1990-2015
Anteil [%]	33,9	21,1	29,7	15,3

3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Schaalby befinden sich 301 Wohnhäuser. Dies entspricht ca. 96 % des beheizten Gebäudebestands. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Schaalby liegt mit 143 kWh/(m²a) über dem in der Studie *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklung und Trends in Deutschland 2021* des BMWi angegebenen deutschen Durchschnittswert von 129 kWh/(m²a). Die Differenz beträgt 14 kWh/(m²a) und damit ca. 10 %. Die ermittelten Werte der jeweiligen Baualterklassen und die erhobenen Daten zum Wärmebedarf wurden von der angegebenen Heizperiode auf das langjährige Mittel umgerechnet, um einen repräsentativen Wert für die weiteren Berechnungen zu erhalten.

3.2.2 NICHT-WOHNGEBÄUDE UND ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

In Schaalby befindet sich neben einem öffentlichen Gebäude ein Seniorenheim, ein Kindergarten sowie eine Schule. Im Rahmen des Quartierskonzepts wurde in Absprache mit der Lenkungsgruppe die Schule energetisch betrachtet siehe Kapitel 4.3.3. Folgende Abbildung zeigt ein Bild der Grundschule.



Abbildung 3-1: Grundschule Schaalby

3.2.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD-SEKTOR)

In Schaalby gibt es eine geringe Anzahl von Gewerbebetrieben. Neben einer Gaststätte befinden sich im Ortsteil ein Bürogebäude sowie eine Werkstatt, die dieser Kategorie zugeordnet werden können.

3.3 BESTANDSAUFNAHME: HEIZUNGSBESTAND

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes wurden ca. 95 % der Gebäude in Schaalby primär mit den fossilen Energieträgern Öl und Gas beheizt. Aus den Daten des Schornsteinfegers, den Angaben der SH-Netz sowie den Angaben des Wärmenetzbetreibers ergeben sich die in Tabelle 3-6 dargestellten Werte für die Anzahl der Primärfeuerungsanlagen. Es zeigt sich, dass 121 der Primärheizungsanlagen im Quartier mit Gas und 79 mit Öl betrieben werden. Vereinzelt werden auch holzbefeuerte Anlagen wie z.B. Pelletheizungen betrieben. Auch Wärmepumpen sind mit 12 Anlagen nur geringfügig vertreten.

Tabelle 3-6: Heizungsbestand Quartier Schaalby

Heizungsart	Anlagenanzahl	Anteil Primärheizungen [%]
Erdgas	121	38,7
Holz	3	1,0
Heizöl	79	25,2
Wärmepumpe	12	3,8
Fernwärme	98	31,3

In Schaalby gibt es bereits ein Wärmenetz. Dessen Lage ist in Abbildung 3-2 dargestellt. Insgesamt sind 98 Abnahmestellen an das Netz angeschlossen, was einem Anteil von ca. 31 % entspricht. Das Netz wird mit dem fossilen Energieträger Gas beheizt.

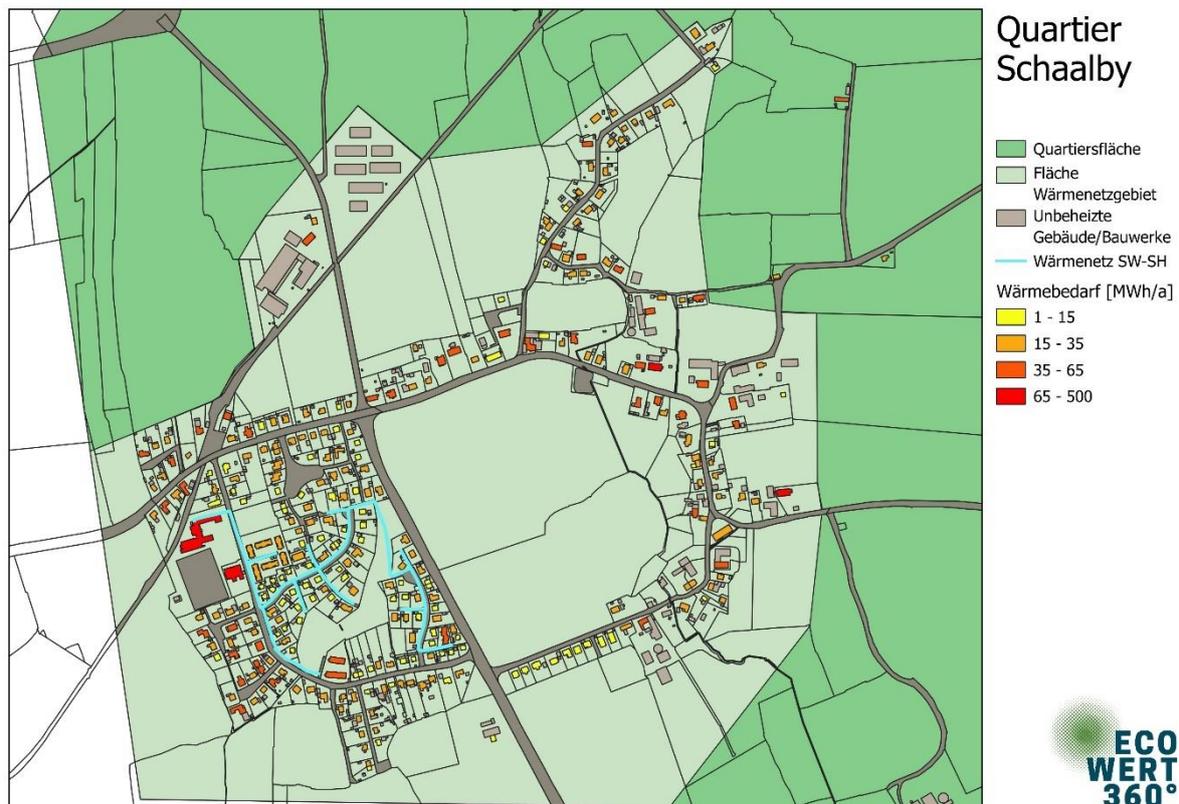


Abbildung 3-2: Lage des Wärmenetzes im Quartier

3.4 BESTANDSAUFNAHME: ENERGIEVERBRAUCH

Im folgenden Kapitel wird die Generierung der Wärme- und Stromlastgänge des Quartiers Schaalby erläutert, die sowohl für die stündlich aufgelösten Simulationen als auch für die Trassenauslegung des Wärmenetzes verwendet werden. Zusätzlich wird der Energiebedarf des Mobilitätssektors dargestellt.

3.4.1 QUARTIERSLASTPROFILE WÄRME

Grundlage für das Quartierslastprofil Wärme bildet die ermittelte Wärmemenge, die jährlich in der gesamten Kerngemeinde verbraucht wird. Diese setzt sich aus unterschiedlichen Liegenschaften (vgl. Tabelle 3-7) zusammen und beträgt in Summe ca. 7.530 MWh/a.

Tabelle 3-7: Wärmeverbrauch nach Liegenschaften

Liegenschaft	Wärmeverbrauch [MWh/a]	Lastprofil
Wohngebäude	6.889	EFH/MFH
Öffentliche Gebäude	530	GKO
Metall & Kfz	22	GMK
Sonstige betriebliche Dienstleistungen	47	GBD
Gaststätten	42	GGA
Summe	7.530	

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: Einfamilienhaus
- MFH: Mehrfamilienhaus
- GKO: Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen sowie Organisationen ohne Erwerbszweck, öffentliche Einrichtungen
- GMK: Metall & Kfz
- GBD: Sonstige betriebliche Dienstleistungen
- GGA: Gaststätten

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 3-7 aufgeführt. Es ergibt sich der in Abbildung 3-3 dargestellte Wärmelastgang für das Quartier. Dieser stellt den Status Quo (dezentrale Wärmeversorgung) dar und beinhaltet keine Wärmeverluste einer möglichen Nahwärmeversorgung. Abbildung 3-3 zeigt darüber hinaus, dass das Quartier im Winter eine Spitzenlast von ca. 2.600 kW hat.

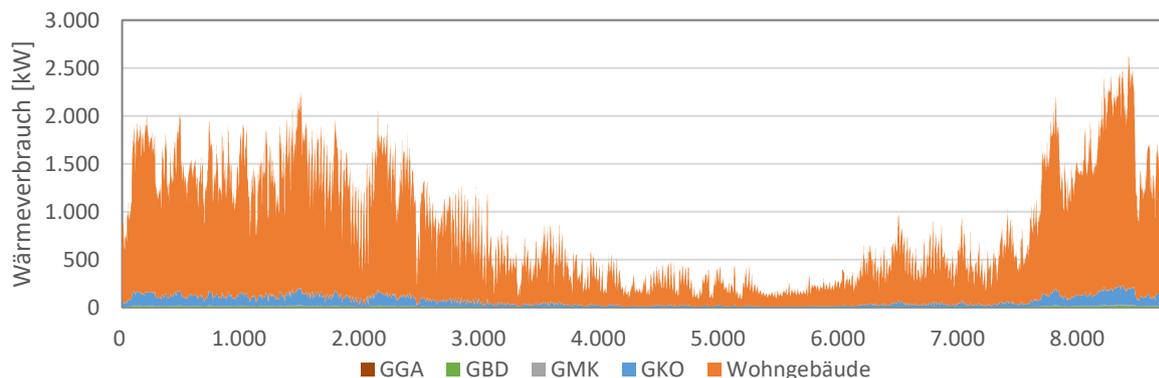


Abbildung 3-3: Wärmelastgang Quartier Schaalby (Verbrauch)

3.4.2 QUARTIERSLASTPROFIL STROM

Analog zum Quartierslastprofil Wärme wird das Stromlastprofil über die ermittelte Strommenge aus der Bestandsaufnahme in Kapitel 3.2 und den Standardlastprofilen Strom der VDEW (VDEW, 1999) berechnet. Der Strombedarf in Schaalby wurde mit ca. 711 MWh/a ermittelt. Es wurde eine Aufteilung des Stromverbrauchs der verschiedenen Liegenschaften in die Kategorien „öffentliche Gebäude“ und „Wohngebäude“ vorgenommen und durch den Stromverbrauch für Heizzwecke ergänzt. Der berechnete Stromlastgang ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Die ermittelte maximale Leistung beträgt ca. 154 kW, die minimale Leistung ca. 29 kW.

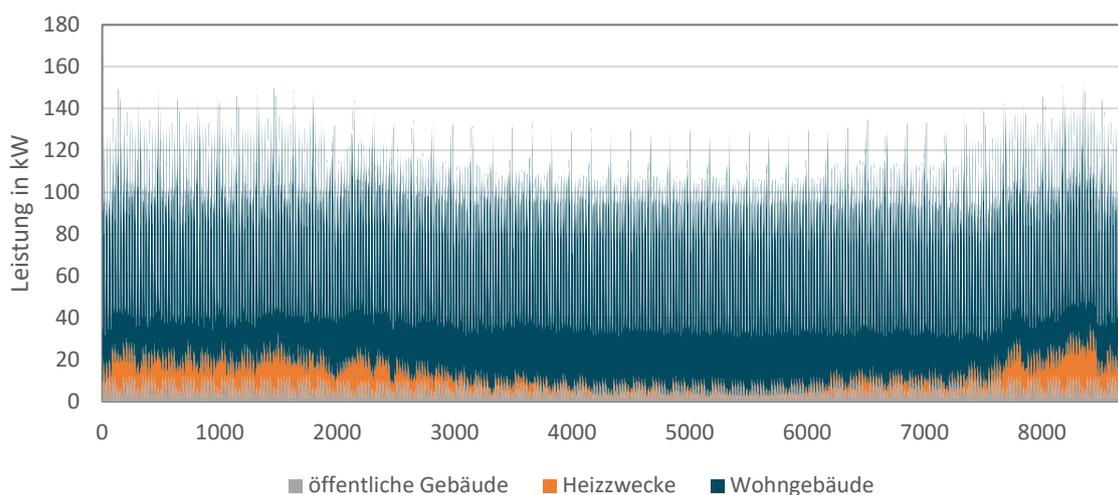


Abbildung 3-4: Stromlastgang Schaalby

3.4.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gibt es zum 01. Januar 2024 1.111 zugelassene Personenkraftwagen in der Gemeinde Schaalby. Darüber hinaus werden 131 Krafträder und 65 Lastkraftwagen gelistet. Insgesamt werden 73 Zugmaschinen gelistet, 55 davon in der Land- und Forstwirtschaft. (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024).

Bei den PKW handelt es sich fast ausschließlich um Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Für den Landkreis Schleswig-Flensburg wird vom KBA angegeben, dass der Anteil der rein batterieelektrischen Fahrzeuge bei 3,1 % liegt – bei Hybridfahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybrid) sind es 3,3 %. Um die entsprechende Anzahl für den Ortsteil Schaalby zu ermitteln, wurde die Fahrzeugverteilung anhand der Anzahl der Wohngebäude in der Gemeinde und im Ortskern skaliert. Laut Statistischen Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein ist die Anzahl der Wohngebäude in dem Gemeindegebiet 612 (Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 2022), während innerhalb der Quartiersgrenzen 306 liegen. Dieser Faktor wird genutzt, um die Anzahl der PKW in der Gemeinde (1.111) auf die Anzahl der PKW innerhalb des Quartiers zu skalieren (557). Daraus ergibt sich folgende Fahrzeugverteilung.

Tabelle 3-8: Personenkraftwagen der Gemeinde Schaalby und des Ortskerns Schaalby

Fahrzeugtyp	Anteil [%]	Gemeinde	Ortskern
Benzin	52,7	586	293
Diesel	40,2	447	224
Sonstige (u.a. Gas)	0,7	7	4
Hybrid	3,3	37	19
Elektrisch	3,1	34	17

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 wird (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung 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 3-8. 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 3-9: Spezifische Energieverbräuche von Personenkraftwagen nach Brennstofftyp

Fahrzeugtyp	Verbrauch [l/100km]	Verbrauch [kWh/100km]	Kombiniert [kWh/100km]
Benzin	7,7	-	69
Diesel	7,0	-	70
Sonstige (u.a. Gas)	-	56	56
Hybrid	4,0	16	50
Elektrisch	-	18	18

Ausgehend von einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 14.310 km/a pro Fahrzeug (vgl. Abschnitt 4.6.2), der Anzahl der Fahrzeuge im Ortskern aus Tabelle 3-8 und den durchschnittlichen Verbräuchen pro 100 km aus Tabelle 3-8 ergeben sich für Schaalby die in Tabelle 3-10 dargestellte jährliche Gesamtfahrleistung und der daraus resultierende Energiebedarf des Sektors Mobilität. Insgesamt entfällt auf den Betrieb von Kraftfahrzeugen im Ortskern Schaalby ein Energiebedarf von 5.364 MWh/a.

Tabelle 3-10: Jährliche Gesamtfahrleistung und jährlicher Energieverbrauch

Fahrzeugtyp	Laufleistung [km/a]	Verbrauch kombiniert [MWh/a]
Benzin	4.192.830	2.912
Diesel	3.205.440	2.235
Sonstige (u.a. Gas)	57.240	32
Hybrid	271.890	142
Elektrisch	243.270	44
Gesamt	7.970.670	5.364

3.5 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

Die Energie- und CO₂-Bilanz des Quartiers ist in drei Hauptsektoren unterteilt: Wärme, Strom und Mobilität. Der Wärmesektor dominiert den Endenergieverbrauch des Quartiers mit 7.344 MWh/a (ohne Strom für Heizzwecke), was 54,7 % des gesamten Endenergiebedarfs ausmacht. Auf den Wärmesektor entfallen 1.935 tCO₂/a, was 51,5 % der gesamten CO₂-Emissionen des Quartiers entspricht. Der Primärenergiebedarf für Wärme beträgt 8.027 MWh/a, was 49,8 % des Gesamtprimärenergiebedarfs darstellt.

Der Stromsektor weist einen deutlich geringeren Endenergieverbrauch von 711 MWh/a auf, was 5,3 % des Gesamtenergiebedarfs entspricht. Die CO₂-Emissionen im Stromsektor belaufen sich auf 398 tCO₂/a, was 10,6 % der Gesamtemissionen des Quartiers ausmacht. Der Primärenergiebedarf für Strom liegt bei 1.280 MWh/a, was 8,0 % des gesamten Primärenergiebedarfs entspricht. Hier enthalten ist auch der im Quartier genutzte Strom für Heizzwecke.

Der Mobilitätssektor hat einen Endenergieverbrauch von 5.364 MWh/a, was 40,0 % des Gesamtenergiebedarfs des Quartiers ausmacht. Dieser Sektor trägt mit 1.423 tCO₂/a zu 37,9 % der gesamten CO₂-Emissionen bei. Der Primärenergiebedarf für Mobilität beträgt 6.802 MWh/a und macht damit 42,2 % des gesamten Primärenergiebedarfs des Quartiers aus.

Insgesamt ergibt sich für das Quartier ein Endenergieverbrauch von 13.419 MWh/a und eine CO₂-Bilanz von 3.756 tCO₂/a. Der gesamte Primärenergiebedarf beträgt 16.109 MWh/a. Eine übersichtlichere Darstellung der Ergebnisse liefern Tabelle 3-11 und die nachfolgenden Abbildungen.

Tabelle 3-11: Gesamtendenergie- und CO₂-Bilanz

Sektor	Endenergiebilanz		Primärenergie [MWh/a]	CO ₂ -Bilanz		
	[MWh/a]	[%]		[%]	[t/a]	[%]
Wärme	7.344 ¹	54,7	8.027 ¹	49,8	1.935	51,5
Strom	711	5,3	1.280	8,0	398	10,6
Mobilität	5.364	40,0	6.802	42,2	1.423	37,9
Gesamt	13.419	100	16.109	100	3.756	100

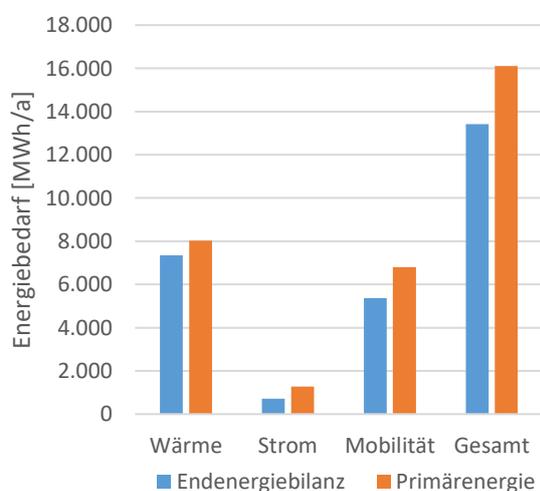


Abbildung 3-5: Gesamtendenergie

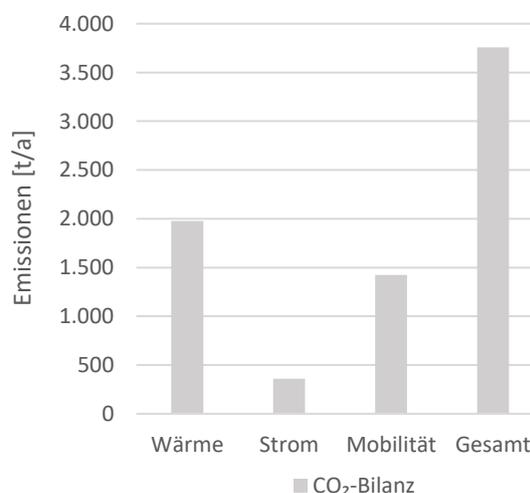


Abbildung 3-6: CO₂-Bilanz

3.5.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ WÄRME

Die Energie- und CO₂-Bilanz Wärme wurde mit Hilfe folgender Daten erstellt:

- Bezugsdaten der SH-Netz
- Ergebnissen der Umfrage
- Schornstiefegerdaten
- Regionale Kennwerte
- Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten)

Durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), die vom Kreis Schleswig-Flensburg zur Verfügung gestellt wurden, konnte die Bilanz ergänzt werden. 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 Baualtersklassen 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. 15 % konnte zur weiteren Datenschärfung beitragen.

Abbildung 3-7 zeigt den Wärmeatlas des Quartiers Schaalby. 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 keine Aussage über die Effizienz der Gebäude tätigen.

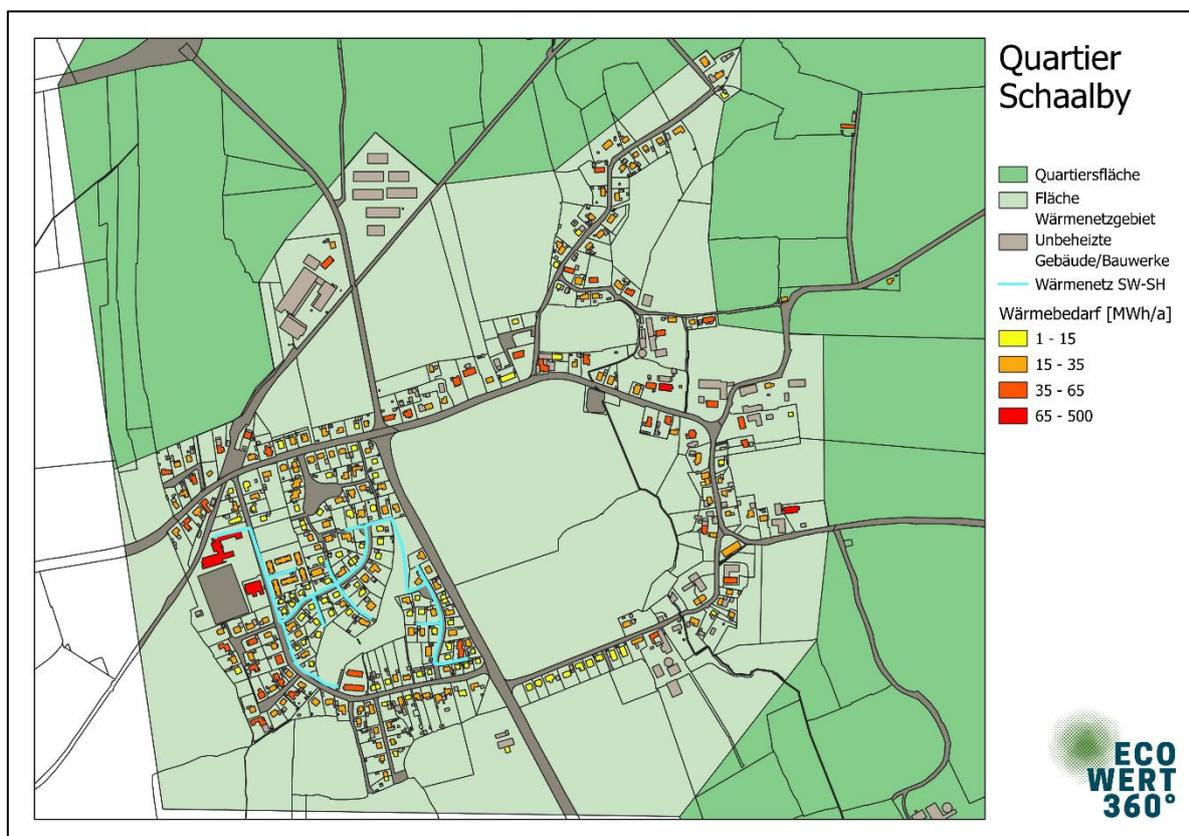


Abbildung 3-7: Wärmeatlas Quartier Schaalby

VERWENDETE EMISSIONSFAKTOREN

Die Faktoren, die für die Berechnung der Primärenergie und der Emissionen verwendet werden, sind in Tabelle 3-12 dargestellt.

Tabelle 3-12: Verwendete CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg CO ₂ /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 (Tabelle 3-13) zeigt, dass Öl mit 2.648 MWh/a und damit 35,7 % und Gas mit 4.460 MWh/a und damit 62,6 % die größten Anteile an der Wärmeversorgung in Schaalby haben. Der Anteil von Holz und Strom am Endenergiebedarf des Quartiers Schaalby beträgt jeweils unter 1 %. Die CO₂-Bilanz der Wärmeerzeugung verteilt sich zu 41,6 % auf die Wärmeerzeugung mit Heizöl und zu 56,4 % auf die Erzeugung mit Erdgas. Der Anteil von Strom beträgt 2,0 %, während der Anteil von Holz an der CO₂-Bilanz mit 0,06 % verschwindend gering ist. Die Differenz zwischen dem Endenergiebedarf in Tabelle 3-13 und dem in Tabelle 3-14 dargestellten Energiebedarf ergibt sich aus der Umweltwärme, die durch Wärmepumpen als Nutzenergie bereitgestellt wird.

Tabelle 3-13: Endenergie- und CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf [MWh/a]	Primärenergiebedarf [MWh/a]	CO ₂ -Ausstoß [t/a]
Öl	2.648	2.912	821
Gas	4.640	5.103	1.113
Holz	56	11	1
Strom	72	129	40
Summe	7.415	8.156	1.976

Die Energiebilanz Wärme gliedert sich in die Verbrauchssektoren Wohngebäude, Öffentliche Gebäude, Metall & Kfz, sonstige Dienstleistungen und Gaststätten. Tabelle 3-14 zeigt die Energiebilanz der Wärmeversorgung inklusive der durch Strom erzeugten Wärmemenge in absoluten Zahlen. Der größte Anteil des Wärmebedarfs im Quartier entfällt mit ca. 91,5 % auf Wohngebäude.

Tabelle 3-14: Energiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchssektoren

Liegenschaft	Wärmebedarf [MWh/a]	Primärenergie [MWh/a]	CO ₂ -Ausstoß [t/a]
Wohngebäude	6.889	7.462	1.807
Öffentliche Gebäude	530	574	139
Metall & Kfz	22	24	6
Sonstige Dienstleistungen	47	51	12
Gaststätten	42	45	11
Summe	7.530	8.156	1.976

3.5.2 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ STROM

Die Bezugsdaten für Strom zu Heizzwecken wurden für das Quartier vom Netzbetreiber (SH-Netz AG) zur Verfügung gestellt. Der allgemeine Stromverbrauch wurde über den durchschnittlichen Verbrauch pro Haushalt und Quadratmeter aus der Befragung hochgerechnet. Tabelle 3-15 zeigt die Endenergiebilanz der Stromversorgung in absoluten und relativen Werten. Zusätzlich ist die CO₂-Bilanz der Stromversorgung dargestellt. Der Anteil am Endenergiebedarf sowie am CO₂-Ausstoß sind aufgrund des gleichen Emissionsfaktors identisch.

Tabelle 3-15: Endenergiebilanz der Stromversorgung

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf Strom [MWh/a]	CO ₂ -Ausstoß Strom [t CO ₂ /a]	Anteil [%]
Allgemeiner Stromverbrauch	639	358	89,9
Stromverbrauch zu Heizzwecken	72	40	10,1
Summe	711	398	100

In Tabelle 3-16 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 Schaalbys eine Biogasanlage mit 400 kW thermischer Leistung. Anlagen zur Nutzung von Windenergie gibt es in Schaalby nicht. Die regenerative Stromerzeugung findet somit hauptsächlich auf Basis solarer Strahlungsenergie statt.

Tabelle 3-16: Regenerative Erzeugungsleistung auf dem Gemeindegebiet von Schaalby

Regenerativer Energieträger	Bruttoleistung [kW]	Nettoleistung [kW]
Biomasse	400	400
Solare Strahlungsenergie	2.448	2.250
Gesamtergebnis	2.848	2.650

3.5.3 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ MOBILITÄT

Die Energie- und CO₂-Bilanz Mobilität wurde auf Grundlage der in Abschnitt 3.4.3 beschriebenen Zusammenhänge und den in Tabelle 3-17 dargestellten Emissions- und Primärenergiefaktoren ermittelt. Die Primärenergie- und Emissionsfaktoren der hybriden Fahrzeuge sind als kombinierte Faktoren aus Benzin und Strom zu verstehen.

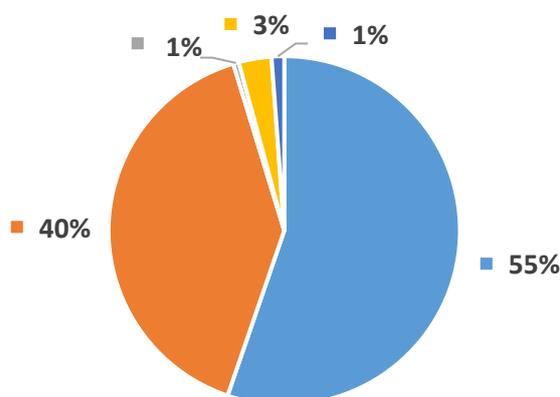
Tabelle 3-17: Verwendete Emissions- und Primärenergiefaktoren (BAFA, 2021) (Frischknecht, 2012)

Kraftstoff	Primärenergiefaktor [kWh/kWh]	Emissionsfaktor [tCO ₂ /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 3-18 zeigt die jährlichen CO₂-Emissionen und den Primärenergieverbrauch verschiedener Fahrzeugantriebe in absoluten Zahlen. Zusätzlich veranschaulichen die untenstehenden Abbildungen die relative Verteilung.

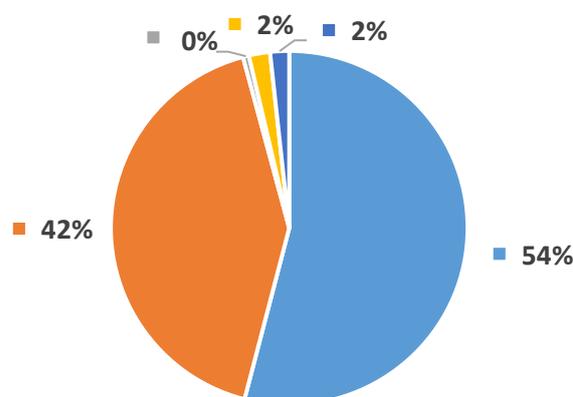
Tabelle 3-18: CO₂-Emissionen und Primärenergieverbrauch

Kraftstoff	Verbrauch [MWh/a]	Primärenergie [MWh/a]	Emissionen [t CO ₂ /a]
Benzin	2.912	3.757	769
Diesel	2.235	2.726	594
Sonstige (u.a. Gas)	32	35	8
Hybrid	142	205	27
Elektrisch	44	79	25
Gesamt	5.364	6.802	1.423



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

Abbildung 3-8: Primärenergiebedarf



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

Abbildung 3-9: Emissionen

4 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE

Der folgende Abschnitt befasst sich mit den Energie- und CO₂-Minderungspotenzialen. Unter anderem werden hier die Themenfelder Potenziale erneuerbarer elektrischer Energien, Potenziale erneuerbarer thermischer Energien und Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung behandelt. Besonderes Augenmerk wird zudem auf die zentrale Wärmeversorgung des Ortsteils Schaalby gelegt.

Eine Zusammenfassung der Entwicklung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit von der Umsetzung der in diesem Kapitel beschriebenen Maßnahmen ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Dabei werden lediglich die quantifizierbaren Maßnahmen abgebildet. Eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen findet sich in den entsprechenden Kapiteln. Da im Rahmen des Quartierskonzeptes keine direkten Einsparungen durch eine zentrale Wärmeversorgung berechnet wurden, ist eine Darstellung der konkreten Einsparungen dieser Maßnahme nicht möglich. Im Bereich Mobilität wurde gemäß Abschnitt 4.6.2 das zweite Szenario für die Darstellung gewählt. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um eine konkrete Maßnahme, sondern um eine mögliche Entwicklung der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen im Quartier. Ebenso ist die dargestellte Einsparung im Bereich der Wohngebäude nicht auf eine konkrete Maßnahme zurückzuführen, sondern auf eine mögliche Sanierungsquote.

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 von Wohngebäuden sinkt bei einer Sanierungsrate von 2 % kontinuierlich von 6.889 MWh/a im Jahr 2024 auf 4.507 MWh/a im Jahr 2045. Durch eine zentrale Wärmeversorgung würde der Energiebedarf von 9.174 MWh/a im Jahr 2024 auf 7.398 MWh/a im Jahr 2045 sinken. Im Bereich der Mobilität würde durch den Umstieg auf Elektromobilität der Energiebedarf von 4.952 MWh/a im Jahr 2024 auf 1.727 MWh/a im Jahr 2045 herabgesetzt werden. Insgesamt zeigt sich in allen Sektoren der Trend zur Verringerung des Energiebedarfs, wobei die Reduktion durch den Umstieg auf Elektroautos den größten Energieeinspareffekt erzielt.

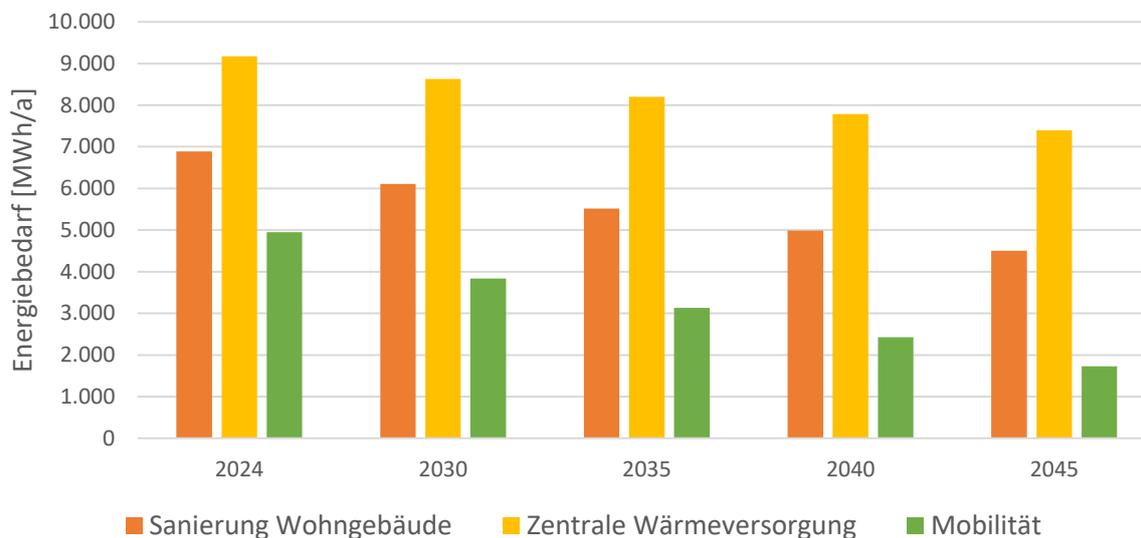


Abbildung 4-1: Übersicht Maßnahmen Energieeinsparung

"Sanierung Wohngebäude", „Zentrale Wärmeversorgung“ und "Mobilität" von 2024 bis 2045. Es ist zu erkennen, dass den größten Einfluss auf die Reduzierung der CO₂-Emissionen der Bau eines Wärmenetzes hat. Durch diese Maßnahme könnten die Emissionen von 1.529 tCO₂/a auf 97 tCO₂/a im Jahr 2045 reduziert werden. Das entspricht einer jährlichen Reduktion der Emissionen aus dem Wärmesektor um 1.433 tCO₂/a. Die Maßnahme mit dem nächstgrößeren Einspareffekt ist die Umstellung auf Elektromobilität. Durch diese Maßnahme könnten jährlich 946 tCO₂ eingespart werden, wodurch sich die Emissionen von 1.437 tCO₂/a im Jahr 2024 auf 491 tCO₂/a im Jahr 2045 verringern würden.

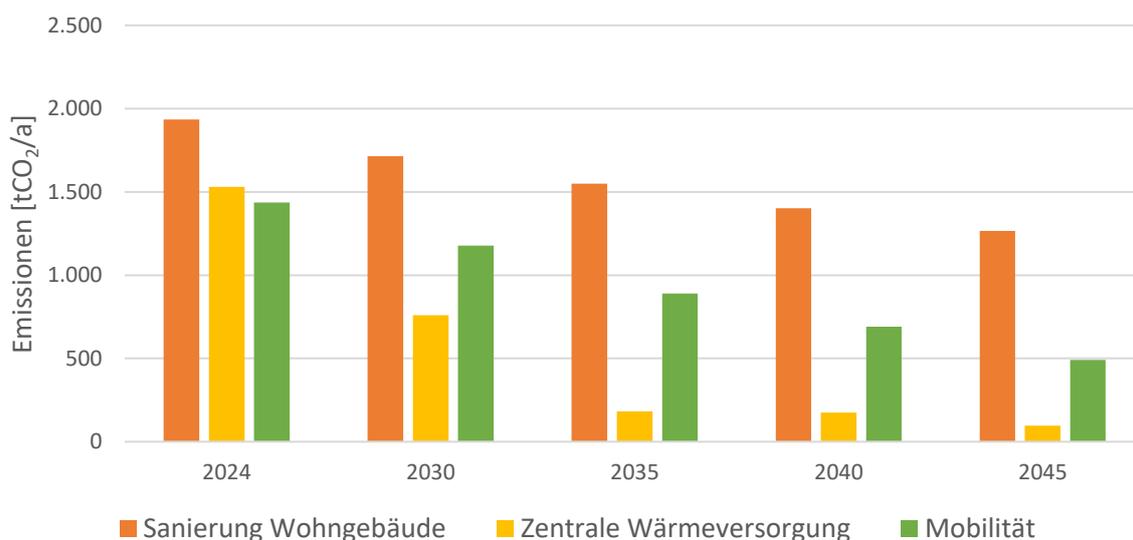


Abbildung 4-2: Übersicht Maßnahmen CO₂-Einsparung

4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

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

4.1.1 WIND

In der Umgebung von Schaalby 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 (Ministerium für Inneres I. R.-H.). Auf Windpotenzialflächen hingegen ist eine Errichtung bzw. Erneuerung in Zukunft denkbar, jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht zugelassen.

Der Kreis Schleswig-Flensburg wird in der Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum I aufgeführt. Diese ist im Gesetz- und Verordnungsblatt vom 31. Dezember 2020 in Kraft getreten (Ministerium für Inneres I. R., 2022), ist jedoch seit dem 20. Februar 2024 unwirksam und dient lediglich der Information. Am 11. Juni 2024 hat die Landesregierung dem Entwurf für neue Vorhaben zur Windenergie im Landesentwicklungsplan (LEP) zugestimmt. In einem ersten Entwurf wurden hierfür Potenzialflächen für Windenergiegebiete bestimmt. Abbildung 4-3 zeigt einen Ausschnitt der „Karte Potenzialfläche Windenergie SH“, mit den in blauer Farbe ausgewiesenen Potenzialflächen. Es ist zu sehen, dass sich zwei Potenzialflächen teilweise auf dem Gemeindegebiet Schaalbys befinden.

Bisher sind keine Windkraftanlagen auf dem Gemeindegebiet installiert.



Abbildung 4-3: Erster Entwurf Potenzialgebiete für Windenergie (Ausschnitt Schaalby) (MIKWS, 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 (Ministeriums für Inneres, 2021).

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

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

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

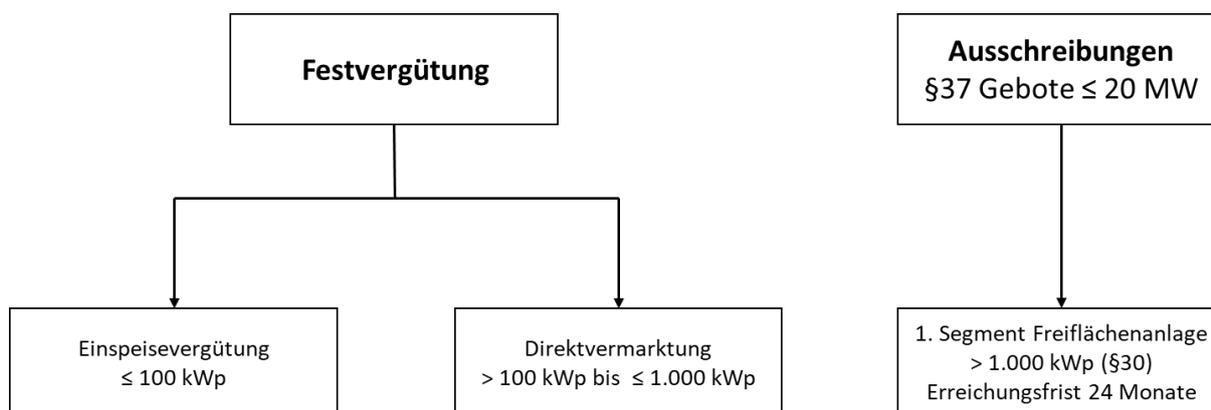


Abbildung 4-4: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022)

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 % (Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022).

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

Ausschreibung: Die maximale Anlagengröße 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 (C.A.R.M.E.N e.V., 2022):

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	13,13	8,34	13,00
Bis 40 kWp	7,35	11,08	7,28	10,96
Bis 100 kWp	6,08	11,08	6,02	10,96
Bis 400 kWp	6,08	9,21	6,02	9,12
Bis 1000 kWp	6,08	7,94	6,02	7,86

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.

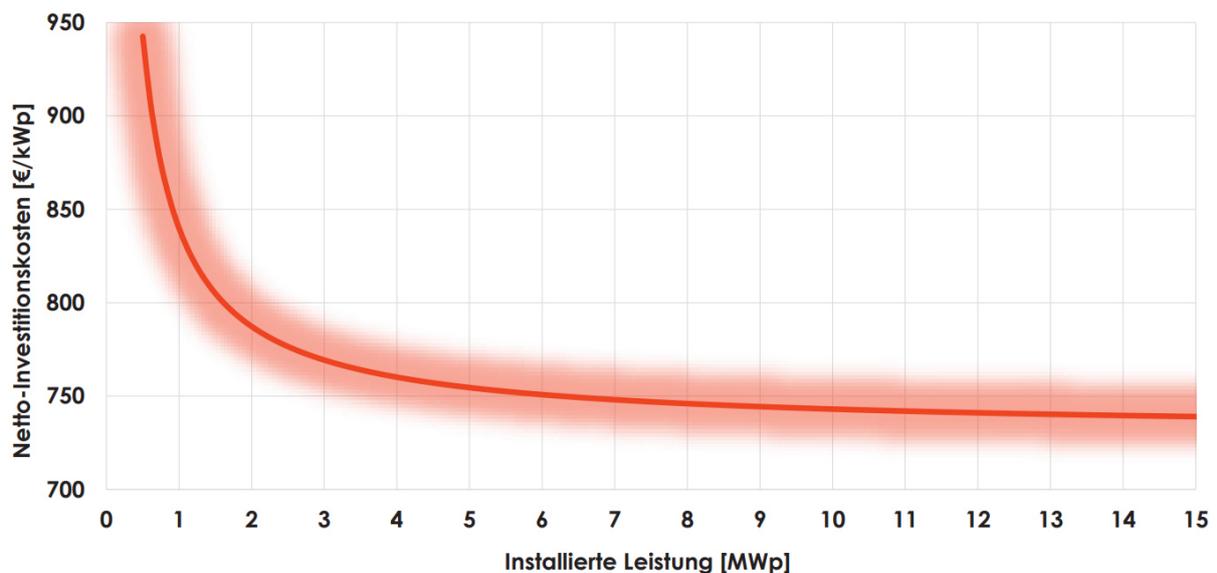


Abbildung 4-5: Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023)

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

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

Das Ertragspotenzial von PV-Anlagen wird über die standortspezifische Einstrahlung abgeschätzt. Für die Gemeinde Schaalby ist über die vergangenen Jahre (2001-2020) eine horizontale Globalstrahlung von jährlich 1.030 kWh/m² ermittelt worden (Meteonorm, 2024). Der Wert in Deutschland liegt, je nach Standort, zwischen 1.000 und 1.300 kWh/(m²·a) (wegatech, 2024).

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

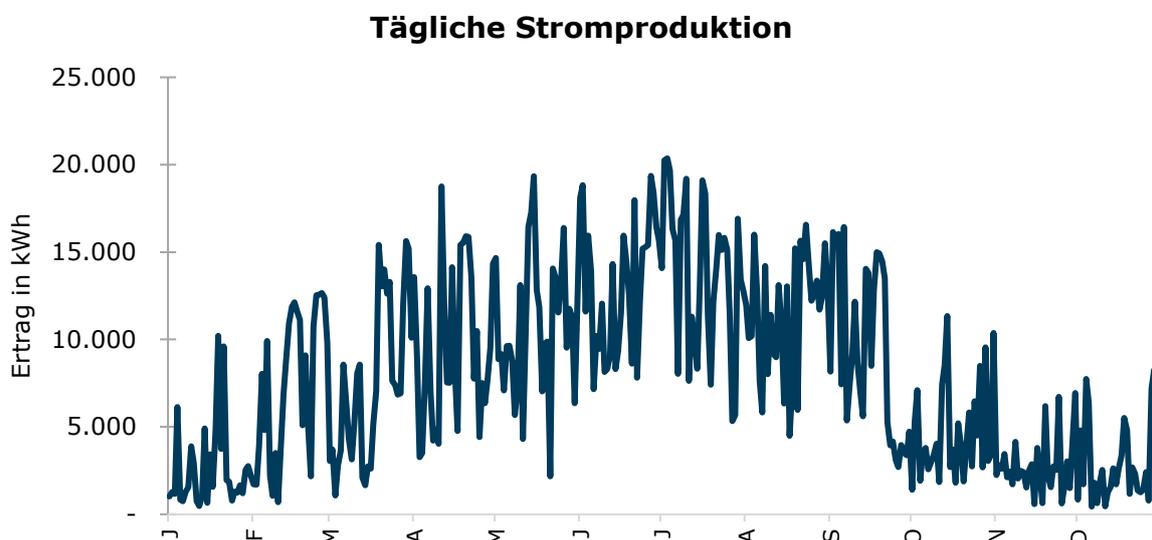


Abbildung 4-6: Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet

Um die Lösung einer Installation einer PV-Anlage auf dem eigenen Dach aufzuzeigen, werde im Folgenden zwei Einfamilienhäuser näher beleuchtet und anhand von verschiedenen Auslegungsvarianten die Vorteile einer PV-Dachanlage mit Überschusseinspeisung aufgezeigt. In den betrachteten Beispielen wird ein jährlicher Stromverbrauch von **3.000 kWh** und ein Strompreis von **35 ct/kWh** mit **2 %** jährlicher Steigung angenommen. Als Verbrauchsprofil wurde das typische Verhalten eines 2-Personenhaushaltes 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 jeweils die Ergebnisse der verschiedenen Auslegungsvarianten für ein Haus mit nach Süden ausgerichteter Dachfläche und ein Haus mit Ost-West Dachflächen. 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. 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 ein Elektrospeicher mit einer Kapazität von **6,4 kWh** betrachtet.

Tabelle 4-2: PV-Auslegungsvarianten für verschiedene Dachausrichtungen

Name und Art der PV-Anlage	Anlage [kWp]	Spez. Kosten [€/kWp]	Investition	Eigenverbrauch	Autarkie	Amortisation [a]	Gesamtersparnis über 20 a
Hauptstr. 45 Südbelegung	3,5	1.500	5.250 €	31 %	40 %	9,8	5.900 €
	5,2	1.400	7.280 €	21 %	42 %	11,5	5.820 €
	16,5	1.200	19.800 €	8 %	48 %	15,0	6.660 €
5,2 kWp + Speicher	6,4 kWh	500 €/kWh	10.480 €	43 %	77 %	11,7	8.580 €
Hauptstr. 25a Ost-West-Belegung	3,5	1.500	5.250 €	41 %	42 %	10,6	5.240 €
	5,2	1.400	7.280 €	28 %	43 %	12,7	4.650 €
	15,7 ¹	1.200	18.840 €	10 %	48 %	17,8	2.750 €
5,2 kWp + Speicher	6,4 kWh	500 €/kWh	10.480 €	48 %	71 %	13,7	5.780 €

¹ die Größe der Anlage wurde auf die Hälfte der Dachfläche angepasst, da eine Vollbelegung beider Dachseiten zu einer Überdimensionierung geführt hätte

4.1.3 BIOGAS

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

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

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

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

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

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

Im Gemeindegebiet befindet sich bereits eine Biogasanlage mit einer thermischen Leistung von 400 kW. Diese ist im Ortsteil Moldenit angesiedelt und versorgt das dort vorhandene Nahwärmenetz, wodurch sie nicht in die weitere Betrachtung des Quartierskonzeptes einbezogen wurde.

4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

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

4.2.1 LUFT-WÄRMPUMPE

Luft als Wärmequelle steht 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 Quellentemperatur abhängig. Somit erfolgt die Wärmebereitstellung der Luft-Wärmepumpe im Sommer am effizientesten. Im Winter, bei geringeren Temperaturen, sinkt entsprechend die Leistungszahl der Luft-Wärmepumpe. Dem gegenüber stehen die geringeren Investitionskosten und einfache Umsetzung der Luft-Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Varianten der Wärmepumpen. Gerade in Dänemark ist die Luft-Wärmepumpe eine etablierte und zentrale 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. Bei einer Vorlauftemperatur von 70°C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, werden auch bei geringen Außentemperaturen Leistungszahl von ca. 3 erreicht.

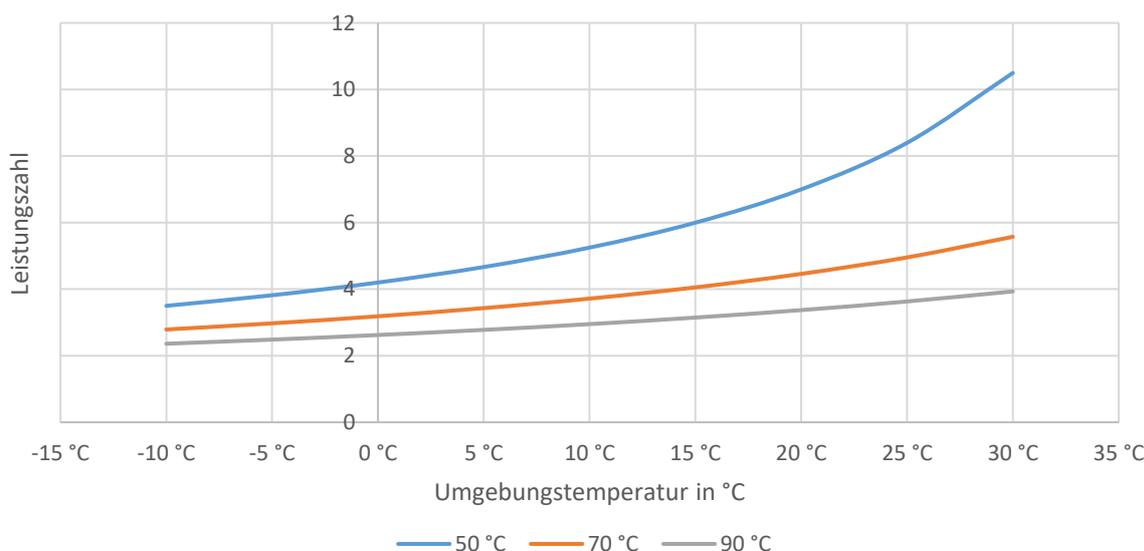


Abbildung 4-7: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur

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

4.2.2 GEOTHERMIE

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

4.2.2.1 Oberflächennahe Geothermie

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

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

- Flächenkollektoren: Unterhalb der Frostgrenze (etwa 1,5 m tief) werden Kunststoffrohre verlegt, welche etwa die 1,5 – 2-fache Fläche der zu beheizende Fläche einnehmen müssen. Pro kW Heizleistung werden etwa 15 m² bis 30 m² Kollektorfläche benötigt. Diese Fläche darf nicht überbaut sein, da sich die Wärme im Boden über den Sommer regenerieren muss.
- Erdwärmesonden: 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 drei Sonderformen, welche 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 Erdwärmepumpe im Winter höher als die einer Luftwärmepumpe.

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 nötigen Temperaturen geringer.

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 (des Gebäudes) im Sommer möglich.

4.2.2.2 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 4-8 zeigt die Verbreitung von potenziell hydrothermal nutzbaren Sandsteinschichten. In der Umgebung von Schaalby gibt es nur vereinzelte Bohrungen, die ein Vorkommen nachweisen könnten. Modellierungen der im Untergrund vorhandenen Gesteinsschichten lassen jedoch vermuten, dass Schaalby in einem Gebiet mit Räh Sandstein liegt, der potenziell für eine hydrothermale Nutzung geeignet sein könnte.



Abbildung 4-8: Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (DA Nord, 2024)

4.2.3 GRUNDWASSER-WÄRMEPUMPE

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

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 Schaalby keine Abwärmequellen identifiziert werden konnten, die im Winter Abwärme in ausreichender Menge zur Verfügung stellen.

4.2.5 BIOMETHAN BLOCKHEIZKRAFTWERK

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

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

4.2.6 BIOMASSE

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

4.2.7 SOLARTHERMIE

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

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

4.2.8 PHOTOVOLTAISCH-THERMISCHE KOLLEKTOREN

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 mit einem PVT-Feld von 4 MW_{el} und 3 MW_{th} vorgestellt (Solarthermalworld, 2021). Zur Einbindung von PVT-Anlagen in ein Wärmenetz mit höherer Vorlauftemperatur, welches auf Grund der Gebäudealtersklassen in Schaalby zu nutzen wäre, liegen keine aussagekräftigen Untersuchungen vor. Aus diesem Grund wird bei der Konzipierung eines Wärmenetzes auf die Untersuchung von PVT verzichtet.

4.3 MINDERUNGSPOTENZIALE DURCH GEBÄUDESANIERUNG

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

Der Endenergiebedarf von Schaalby beträgt 8,13 GWh/a (exklusive Mobilität), wovon 83 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird. Der Gesamtbedarf an Wärme für Wohngebäude liegt bei 6,89 GWh/a.

Der Gebäudebestand von Schaalby ist bezogen auf Sanierungsgrad und spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche über dem deutschen Mittel. In Deutschland werden pro m² Wohnfläche ca. 129 kWh/a benötigt (siehe Kapitel 3.2.1). Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch im Quartier Ortsteil Schaalby liegt bei 131 kWh/(m² a) entsprechend der nach dem GEG definierten Energieeffizienzklasse E (GEG 2020, Anlage 10 zu § 86) und damit knapp über dem deutschen Durchschnitt.

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 Schaalby 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 1 % gerechnet (Ariadne-Report, 2021).

Bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von 1 % wird Schaalby eine Reduzierung um 23 % auf ca. 5,6 GWh/a erreichen. Auch bei einer Sanierungsrate von 5 % wird der Gebäudesektor in Schaalby 2050 nicht klimaneutral sein. Hierfür ist es zwingend notwendig, dass die Wärmeerzeugung regenerativ realisiert wird.

Tabelle 4-3: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate

	2024	2030	2035	2040	2045
Sanierungsrate 1 %					
Wärmebedarf Schaalby [MWh]	6.889	6.486	6.168	5.865	5.578
Prozentuale Einsparung [%]	0	6	10	15	19
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	1.935	1.822	1.733	1.648	1.567
Sanierungsrate 2 %					
Wärmebedarf Schaalby [MWh]	6.889	6.102	5.516	4.986	4.507
Prozentuale Einsparung [%]	0	11	20	28	35
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	1.935	1.714	1.550	1.401	1.266
Sanierungsrate 5 %					
Wärmebedarf Schaalby [MWh]	6.889	5.064	3.918	3.032	2.346
Prozentuale Einsparung [%]	0	26	43	56	66
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	1.935	1.423	1.101	852	659

Die in Tabelle 4-3 dargestellten Zahlen beziehen sich auf die Sanierung der Gebäudehülle. Ein Wechsel der Wärmeerzeugung ist hier nicht berücksichtigt. Die CO₂-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 CO₂-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 (KfW Zuschuss **Nr. 458**):

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

Die maximal förderfähigen Investitionskosten betragen 30.000 € für ein Einfamilienhaus bzw. die erste Wohneinheit in einem Mehrparteienhaus. Der maximal erhältliche Investitionskostenzuschuss für den 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 Heizungsaustausch und weitere Effizienzmaßnahmen kumulierbar sind. In der Summe gilt eine Höchstgrenze der förderfähigen Kosten von 90.000 €, wenn Heizungsaustausch und Effizienzmaßnahme durchgeführt werden. Vorher betrug die maximal förderfähigen Investitionskosten 60.000 €. Diese Summe gilt für alle durchgeführten Maßnahmen am Gebäude (Heizungsaustausch und weitere Effizienzmaßnahmen) innerhalb eines Kalenderjahres.

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

Eine übersichtliche Darstellung der Förderung für den Heizungstausch in der neuen BEG ist in Abbildung 4-9 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 Antragstellergruppen - 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			
- Maximaler kumulierter Fördersatz von 70% - Maximal förderfähigen Ausgaben bei 30.000 € für Einfamilienhäuser bzw. die erste Wohneinheit in einem Mehrparteienhaus - Bei max. 70% Förderung entsprechend 21.000 € - 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			- Maximaler kumulierter Fördersatz von 20% - Die maximal förderfähigen Ausgaben für weitere Effizienzmaßnahmen liegen mit Sanierungsfahrplan bei 60.000 € pro Wohneinheit und bei 30.000 € ohne Sanierungsfahrplan

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

** wenn sie einen Staub-Emissionsgrenzwert von 2,5 mg/m³ einhalten

Abbildung 4-9: 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 iSFP 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 Schaalby 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 Schaalbys 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 – Schulstraße 24

In Tabelle 4-4 sind die Grundlegenden Daten zu dem Referenzgebäude aufgelistet. Diese können als Orientierung für Personen in Schaalby dienen, um das Referenzgebäude mit der eigenen Immobilie vergleichen zu können. Die Nutzfläche des Gebäudes berechnet sich aus dem simulierten Gebäudevolumen. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den Verbrauch beim individuellen Heizverhalten handelt. Der genormte spezifische Wärmebedarf der Immobilie berechnet sich aus den thermischen Verlusten der Gebäudehülle sowie den angenommenen technischen Gegebenheiten der Heizungsanlage.

Tabelle 4-4: Grunddaten - Schulstraße 24 – Gebäudeansicht: Nord

	Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1963	
Baugrundfläche	105 m ²	
Nutzfläche	80 m ²	
Wärmeverbrauch	21.225 kWh/a	
Spez. Wärmebedarf	265 kWh/(m ² a)	
Wärmeversorgung	Ölheizung (1 Jahr 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. Weitere vergleichbare Maßnahmen sind ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage sowie der Austausch der Heizungspumpen. Digitale Thermostate bergen den Vorteil der Einstellungsmöglichkeit der Heizzeiten (z.B. Nachtabenkung). 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 mehr als 10 % oder weniger als 5 % möglich sind.

Maßnahme 2 – Gebäudehülle (Wärmedämmverbundsystem (WDVS))

Der bisher nur geringfügig gedämmte Wandaufbau des Gebäudes keine Möglichkeit einer Einblasdämmung, da dieser über keinen Luftspalt verfügt, sodass mit einem WDVS eine Alternative dazu geprüft wurde. Dieses besteht aus mehreren Schichten, die an die Außenwand des Gebäudes angebracht werden. Das WDVS hat das Potenzial die Wärmeverluste um etwa 40 % 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 merklich verbessert.

Maßnahme 3 – Fenstertausch

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 2,5 W/(m²K) und höher entsprechen die Fenster hier nicht mehr dem Stand der Technik. Da bei diesem Gebäude jedoch schon teilweise Fenster ersetzt wurden, wurden nur bisher nicht ausgetauschte Fenster sowie Türen betrachtet. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m²K) für Fenster und 1,3 W/(m²K) für Türen angenommen. Die Fläche der Fenster und der drei Türen beträgt etwa 38 m². Durch die geringen Einsparungen im Vergleich zu den hohen Investitionskosten amortisiert sich ein Fensteraustausch in diesem Fall erst nach 34 Jahren (statische Betrachtung). Hierbei gilt es abzuwägen, ob die Fenster ausgetauscht werden sollen, bevor dies, beispielsweise aufgrund von Schäden, notwendig ist.

Zusammenfassung Schulstraße 24

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung der Maßnahme M1 ist mit 15 % angesetzt, da sich ein Austausch der Heizkörperthermostate in der Kategorie Anlagentechnik des BAFA Programms „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ wiederfindet. Die Förderung der Maßnahmen M2 & M3 wurde als Maximum mit 20 % angenommen, da es sich bei diesen Maßnahmen um Maßnahmen an der Gebäudehülle handelt und ein iSPF vorausgesetzt wurde. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet und ist auf die Investition mit Förderung bezogen.

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Mustersanierungen – Schulweg 24

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Kosten Einsparung	Amortisation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Smarte Thermostate	500 €	75 €	425 €	5 %	110 €/a	4 Jahre	282 kg/a
M2: WDVS	min:	min:	min:	40 %	930 €/a	min:	2.580 kg/a
	max:	max:	max:			max:	
	12.900 €	2.580 €	10.320 €			10 Jahre	
M3: Fenstertausch	32.600 €	6.520 €	26.080 €	23 %	540 €/a	31 Jahre	1480 kg/a

4.3.2.2 Mustersanierung Referenzgebäude 2 – Nietoft 17

In Tabelle 4-6 sind die Grundlegenden Daten zu dem Referenzgebäude aufgelistet. Diese können als Orientierung für Personen in Schaalby dienen, um das Referenzgebäude mit der eignen Immobilie vergleichen zu können. Die Nutzfläche des Gebäudes berechnet sich aus dem simulierten Gebäudevolumen. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den Verbrauch beim individuellen Heizverhalten handelt. Der genormte spezifische Wärmebedarf der Immobilie berechnet sich aus den thermischen Verlusten der Gebäudehülle sowie den angenommenen technischen Gegebenheiten der Heizungsanlage.

Tabelle 4-6: Grunddaten – Nietoft 17 – Gebäudeansicht: Nord

	Grunddaten des Gebäudes	
	Baujahr	1993
Baugrundfläche	125 m ²	
Nutzfläche	140 m ²	
Wärmeverbrauch	22.900 kWh/a	
Spez. Wärmebedarf	164 kWh/(m ² a)	
Wärmeversorgung	Gasheizung (30 Jahr 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/smartre Thermostate. Weitere vergleichbare Maßnahmen sind ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage sowie der Austausch der Heizungspumpen. 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 mehr als 10 % oder weniger als 5 % möglich sind.

Maßnahme 2 – Gebäudehülle (Einblasdämmung)

Das Gebäude verfügt bereits jetzt über gute Dämmeigenschaften, bietet jedoch durch einen Luftspalt von ca. 6 cm die Möglichkeit einer Einblasdämmung und damit einer weiteren Verbesserung dieser. Hier besteht das Potenzial die Wärmeverluste, um etwa 6 % 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.

Maßnahme 3 – Heizungs austausch (Luft-Wärmepumpe)

Die Gasheizung hat mit einem Alter von 30 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 u.a. 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 60 – 85 °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 durchaus möglich einzusetzen. Eine reale technische Umsetzung muss jedoch eingehender geprüft werden.

Durch den von der KfW vorgegebenen CO₂-Emissionsfaktor von 560 g/kWh für den deutschen Strommix und eine konservativ angesetzte Jahresarbeitszahl von 2,6 ergibt sich eine Verringerung des CO₂-Ausstoßes von 800 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 CO₂-Bilanz zu bewerten.

Zusammenfassung Nietoft 17

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung der Maßnahme M1 ist mit 15 % angesetzt, da sich ein Austausch der Heizkörperthermostate in der Kategorie Anlagentechnik des BAFA Programms „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ wiederfindet. Die Förderung der Maßnahme M2 wurde als Maximum mit 20 % angenommen, da es sich hierbei um eine Maßnahme an der Gebäudehülle handelt und ein iSPF vorausgesetzt wurde. Für M3 wurde eine Förderung von 50 % angesetzt, die sich aus 30 % Grundförderung und 20 % Geschwindigkeitsbonus zusammensetzt (vgl. Kapitel 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 – Nietoft 17

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Kosten Einsparung	Amortisation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Smarte Thermostate	500 €	75 €	425 €	5%	120 €/a	4	230 kg/a
	min:	min:	min:			min:	
M2: Einblasdämmung	4.900 €	980 €	3.920 €	6%	100 €/a	20	280 kg/a
	max:	max:	max:			max:	
	6.900 €	1.380 €	5.520 €			26	
M3: Heizungstausch Luft-WP	31.500 €	15.750 €	15.750 €	63% ¹	70 €/a ²	-	800 kg/a

¹ Endenergieeinsparung

² Bezogen auf die Vollkosten über 20 Jahre

4.3.3 ENERGETISCHE SANIERUNG BOY-LORNSSEN-SCHULE

Der Gebäudekomplex der Boy-Lornsen-Schule in Schaalby besteht aus mehreren Gebäuden, die im Laufe der Jahre errichtet wurden. Der Mitteltrakt ist mit einem Baujahr von 2020 der jüngste Gebäudeteil. Er enthält einen Multifunktionsraum, der unter anderem als Dorfgemeinschaftsraum und als Mensa genutzt wird. Die alte Turnhalle wurde im Jahr 2010 energetisch saniert. Hier wurden die Nordwand und das Dach gedämmt. Die Fenster im Altbau wurden bereits teilweise erneuert. In diesem Jahr sollen die Südfenster im ersten Obergeschoss des Altbaus erneuert werden. Des Weiteren verfügt die Schule über eine 30 kWp Photovoltaikanlage mit Eigenverbrauch.

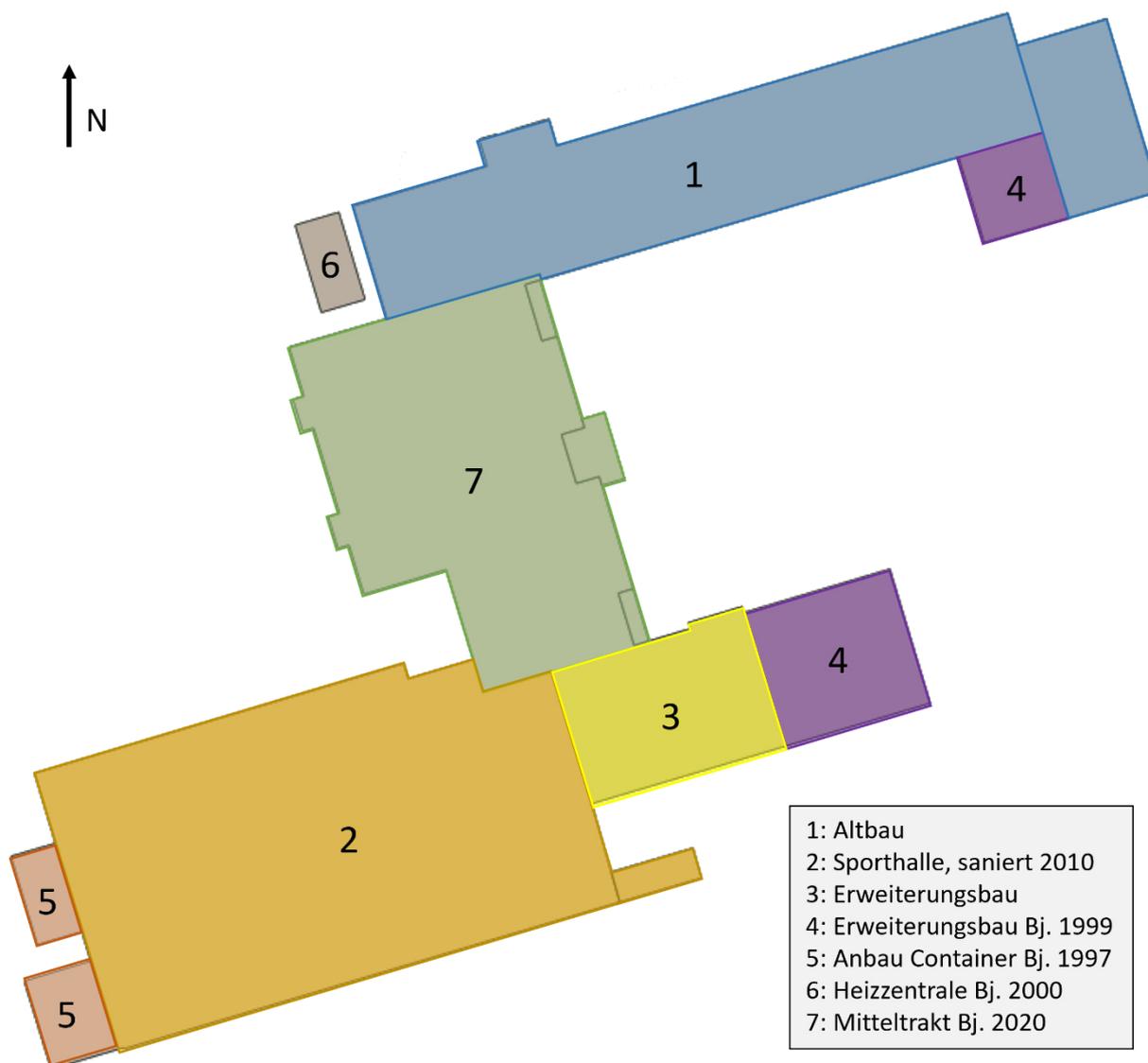


Abbildung 4-10: Lageplan Boy-Lornsen-Schule

Die Boy-Lornsen-Schule beherbergt die Wärmezentrale der Fernwärme Schaalbys. Diese setzt sich aus zwei Gaskesseln zusammen, welche in Gebäudeabschnitt Nr. 6 sowie Nr. 1 zu finden sind. Die Heizwärme bezieht die Schule über die Fernwärme. Hier fallen durchschnittlich **225.000 kWh/a** an. Die beheizte Nutzfläche der Schule ist ca. **2.200 m²**. Mit dem jährlichen Wärmebedarf ergibt sich daraus ein spezifischer Wärmeverbrauch von **102 kWh/(m²a)**. Dieser Wert liegt deutlich unter dem deutschen Durchschnitt.

Optimierung Photovoltaikanlage

Die Photovoltaikanlage der Schule hat aktuell einen Eigenverbrauchsanteil von etwa 26 % und einen Autarkiegrad von rund 33 %. In einer Simulation, basierend auf einem für Schulen typischen Lastprofil sowie der hier installierten Anlagegröße und deren Ausrichtung, wurden jedoch deutlich höhere Werte berechnet. Für eine normale Grundschule mit dem vorliegenden Stromverbrauch ist die Anlagegröße theoretisch gut ausgelegt. Die dennoch niedrigeren Deckungsgrade deuten darauf hin, dass vor allem in den Abendstunden ein erhöhter Strombedarf besteht. Dies ist mit der intensiven Nutzung des Dorfgemeinschaftshauses und der Sporthalle, die laut dem Bürgermeister in der Regel gut ausgelastet sind, zu erklären. Um den solaren Deckungsgrad und den Eigenverbrauch weiter zu steigern, wird die Installation eines Batteriespeichers empfohlen. Dafür wäre ein sogenannter Hybridwechselrichter erforderlich. Sollte der bestehende Wechselrichter die Integration eines Speichers nicht ermöglichen, müsste geprüft werden, ob der Austausch des Wechselrichters in Verbindung mit dem Kauf eines Speichers wirtschaftlich sinnvoll ist oder ob ein Hybridwechselrichter erst im Falle eines Defekts des aktuellen Wechselrichters angeschafft werden sollte. Eine Steigerung beider Quoten von 5-10 % ist bei entsprechender Größe des Speichers als realistisch anzusehen.

Maßnahme 1 – Austausch Heizungspumpen

Im Rahmen der Begehung der Schule ist aufgefallen, dass die derzeit installierten Heizungspumpen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Es handelt sich hierbei um vier ältere Pumpenmodelle, deren Effizienz deutlich hinter den Möglichkeiten moderner Technologien zurückbleibt. Nachfolgende Modelle sind verbaut:

- Grundfos UPE 25-60 180
- WILO Star-R S25/6
- Grundfos UMC 32-30 A
- Grundfos UP 15-15Nx25

Um den Energieverbrauch der Heizungsanlage zu optimieren und langfristig Kosten zu sparen, bietet sich ein Austausch dieser Pumpen gegen moderne, hocheffiziente Modelle an. Der Austausch der vier Pumpen wird mit etwa 2.000 € veranschlagt. Durch die deutlich gesteigerte Energieeffizienz der neuen Pumpen können spürbare Stromeinsparungen erzielt werden, was sich auch finanziell bemerkbar macht. In der Regel amortisiert sich der Austausch von veralteten Heizungspumpen in einem Zeitraum von 2 bis 5 Jahren, abhängig von den tatsächlichen Einsparungen im Stromverbrauch.



Abbildung 4-11: Veraltete Heizungspumpen

Maßnahme 2 – Austausch Fenster Gebäudeteil Nr. 3 und 4

Die Fenster und Türen des Erweiterungsbaus haben mit ca. 25 Jahren noch nicht das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. In der Regel spricht man bei Kunststofffenstern von einer Lebensdauer von 30 - 40 Jahren. Da der Wärmedämmstandard dieser Fenster nicht dem heutigen Stand der Technik entspricht, wird in dieser Maßnahme der Austausch gegen moderne dreifachverglaste Fenster betrachtet. Damit kann eine spürbare Energieeinsparung sowie ein Gewinn an Behaglichkeit in den Räumen erreicht werden. Nicht nur im Winter kann das Behaglichkeitsempfinden gesteigert werden, sondern auch im Sommer wird durch den Einsatz von Sonnenschutzbeschichtungen die Infrarotstrahlung der Sonne effektiver reflektiert und das Aufheizen der Räume vermindert. Aufgrund des verhältnismäßig geringen Alters der Fenster ist bei dieser Maßnahme mit höheren Amortisationszeiten zu rechnen. Dies ist auch mit den hohen spezifischen Kosten des Fenstertausches zu erklären. Auf den m² energetisch aufzuwertende Fläche gesehen ist der Fenstertausch die teuerste Maßnahme an der Gebäudehülle.



Abbildung 4-12: Erweiterungsbau - Südansicht



Abbildung 4-13: Erweiterungsbau - Nordansicht

Maßnahme 3 – Austausch Fenster Altbau Nord

Wie beim Erweiterungsbau entsprechen die Fenster im Altbau nicht mehr dem Stand der Technik. Daher wird hier der energetische und wirtschaftliche Nutzen dieser Maßnahme betrachtet. An dieser Stelle ist das Fenster in Bleiglas-Optik hervorzuheben, welches sich gegenüber dem Eingang befindet. Dieses Fenster erscheint stark veraltet und sollte aus energetischer Sicht priorisiert ausgetauscht werden. Alle anderen Fenster in diesem Gebäudeteil, die nicht in dieser Maßnahme betrachtet werden, sind bereits ausgetauscht oder werden kurzfristig modernisiert.



Abbildung 4-14: Nordansicht - Altbau



Abbildung 4-15: Fenster mit Bleiglas-Optik

Maßnahme 4 – Außenwanddämmung Altbau (Nr. 1)

Da keine Unterlagen zur Gebäudesubstanz, wie beispielsweise eine Baubeschreibung, vorliegen, wird angenommen, dass das Mauerwerk ohne Luftspalt und ohne jegliche Dämmung errichtet wurde. Dies führt dazu, dass die Außenwand den kritischsten Teil der Gebäudehülle der gesamten Schule darstellt. Aufgrund der großen Fläche wird über die Wände des Altbaus der größte Wärmeverlust vermutet. Eine Dämmung der Außenwand ist daher zu empfehlen.

Die sinnvollste Maßnahme zur Verbesserung der energetischen Effizienz ist das Anbringen eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS) auf der Außenseite der Wände. In der vorliegenden Berechnung wurde die in Abbildung 4-16 gelb markierte Wandfläche berücksichtigt. Dabei handelt es sich um die nördliche Wandfläche sowie die nordöstliche Giebelwand. Die westliche Giebelwand wurde aufgrund der angrenzenden Heizzentrale, die eine technische Umsetzung erschwert bzw. unmöglich macht, von der Analyse ausgeschlossen. Auch die südliche Wandfläche wurde nicht in die Betrachtung einbezogen, da diese überwiegend aus Fensterflächen besteht, wodurch ein WDVS nur in sehr kleinteiligen Bereichen angebracht werden könnte.

Die Dämmung der Wand ist immer mit dem Austausch der Fenster in Einklang zu bringen, um grobe Fehler in der Ausführung und Mehrkosten zu vermeiden.

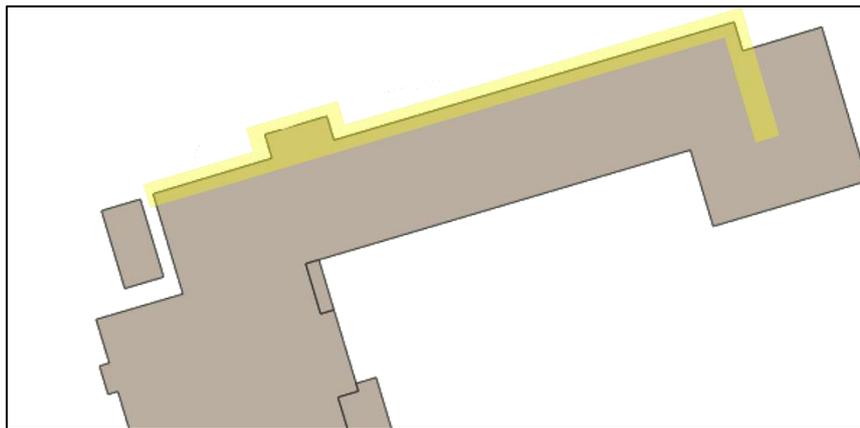


Abbildung 4-16: Betrachtungsrahmen M4: Wand Altbau Nord

Zusammenfassung Boy-Lornsen-Schule

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung der Maßnahmen wird mit 15 % angesetzt, da sich um ein Nichtwohngebäude handelt und die 5 % zusätzliche Förderung durch den iSPF entfallen. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet und ist auf die Investition mit Förderung bezogen. Obwohl die Schule Fernwärme bezieht, wurde für die Berechnung der Maßnahmen Erdgas als Grundlage genommen, da auch die Fernwärme zu 100 % aus Erdgas erzeugt wird.

Tabelle 4-8: Zusammenfassung Sanierung Boy-Lornsen-Schule

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Kosten Einsparung	Amortisation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Tausch Heizungspumpen	2.000 €	300 €	1.700 €	7 %	350 €/a	5 a	490 kg/a
M2: Fenster Erweiterungsbau	98.400 €	19.600 €	78.800 €	5 %	1.100 €/a	38 a	2.290 kg/a
M3: Fenster Altbau Nord	59.300 €	8.900 €	50.400 €	4%	900 €/a	33 a	1.880 kg/a
M4: Wand Altbau Nord	min: 16.900 €	min: 2.500 €	min: 14.400 €	12 %	2.800 €/a	min: 5 a	5.490 kg/a
	max: 33.700 €	max: 5.100 €	max: 28.600 €			max: 10 a	

4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNGSLSÖSUNGEN

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

Der Umgang mit fossilen Heizungen wird sich in Zukunft stark verändern. Die Revision des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) sieht vor, dass ab 2045 das Heizen mit fossilen Brennstoffen nicht mehr erlaubt ist und 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 Wärmeübertragers 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 CO₂-Emissionen freigesetzt.

HOLZPELLETKESSEL

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 CO₂ frei, welches der Baum über mehrere Jahrzehnte gebunden hat. Diese starke zeitliche Ungleichverteilung hat zur Folge, dass trotz des theoretisch neutralen CO₂-Kreislaufs die Bilanz kurz- und mittelfristig negativ ist.

HACKSCHNITZELKESSEL

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

WÄRMEPUMPE

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

SOLARTHERMIE

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 Schaalby 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 4-9 getroffenen Annahmen beruhen sowohl auf eigenen Annahmen als auch auf Werten vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021) und des C.A.R.M.E.N e. V. (C.A.R.M.E.N e.V., 2022). Die Kosten für Wärmepumpen orientieren sich an aktuellen Preisen. Es wurden die aktuellen Fördersätze nach BEG vgl. Abschnitt 4.3.1 berücksichtigt.

Tabelle 4-9: 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 €
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. Abbildung 4-17 zeigt die betrachteten Varianten und die entsprechenden Vollkosten.

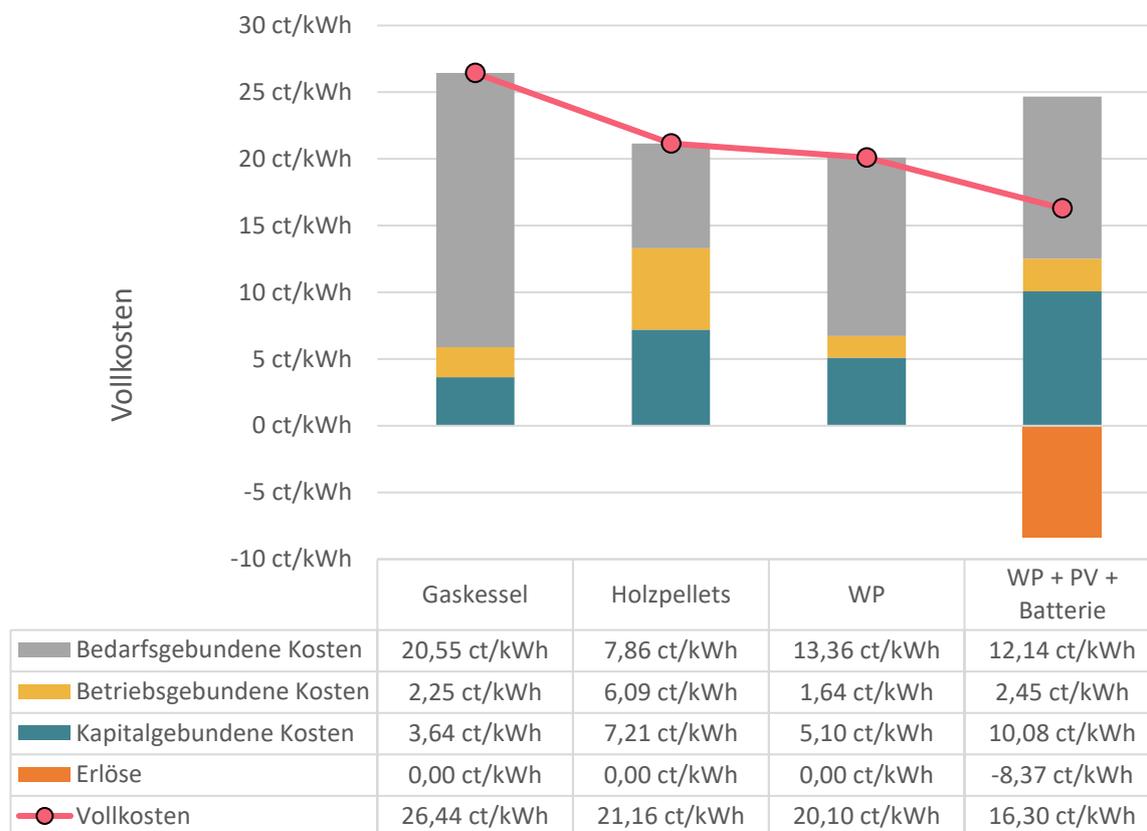


Abbildung 4-17: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Mit **26,44 ct/kWh** stellt die **Gasheizung 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 4-9) 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 Haushaltsstrom zurückzuführen ist.

Mit diesen Vollkosten wird in den folgenden Betrachtungen ein mögliches Wärmenetz verglichen. Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass die ermittelten Vollkosten nur eine Indikation/Tendenz für einzelne Lösungen darstellen. Ein genauer und damit korrekter Vollkostenvergleich kann nur individuell für einzelne Gebäude mit aktuellen Angeboten durchgeführt werden. Gegebenenfalls sind bei der Installation einer Wärmepumpe zusätzlich noch Umfeldmaßnahmen wie z.B. der Einbau einer Fußbodenheizung zu berücksichtigen.

Auf den Punkt.

- Unter Betrachtung der Aspekte Ökologie, Technologie und Wirtschaftlichkeit ist 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/(m²·a)** vorrangig eine **energetische Sanierungsmaßnahme** in Betracht gezogen werden. Es muss jedoch immer im Einzelfall die Eignung einer Wärmepumpe geprüft werden

4.4.2 EMISSIONEN DEZENTRALER WÄRMEVERSORGUNGLÖSUNGEN

Bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen werden alle Einzellösungen mit einem erdgasbefeuerten Gaskessel verglichen, da dieser im Bestand am häufigsten anzutreffen ist. Die Ergebnisse dieses CO₂-Vergleichs sind in Tabelle 4-10 dargestellt. Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen anzusetzenden spezifischen CO₂-Emissionen des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, 2022) die Emissionen der Wärmepumpe mit 4.850 kg die geringste Einsparung von ca. 8 % gegenüber dem Gaskessel aufweisen. Durch den Einsatz der PV-Anlage können die CO₂-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 4-10: Vergleich der CO₂-Emissionen der individuellen Lösungen

Technologie Energieträger	Gaskessel		Wärmepumpe		Pelletkessel
	Erdgas (Referenz)	Biomethan	Netzstrom	Netzstrom (mit PV)	Holz
spezifische CO ₂ -Emission [g/kWh]	240	140	560	560	20
benötigte Energie [kWh/a]	22.500	22.500	8.850	7.860	22.500
CO ₂ -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 Ortsteil Schaalby 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 Schaalby umgesetzt werden kann und mit welchen Kosten dies verbunden wäre.

4.5.1 WÄRMENETZ

Während der Entwicklung des Quartierkonzeptes wurde ein möglicher Standort der Heizzentrale für die Wärmenetzplanung angenommen (siehe Abbildung 4-18). Hierbei handelt es sich allerdings bloß um einen Vorschlag, die Erschließung eines finalen Standorts muss während einer möglichen Umsetzung erfolgen. Für die folgende Betrachtung wurde in Abstimmung mit der Lenkungsgruppe der Standort am nördlichen Randbereich des definierten Wärmenetzgebietes gewählt. Abbildung 4-18 zeigt den möglichen Verlauf der Wärmeleitungen.

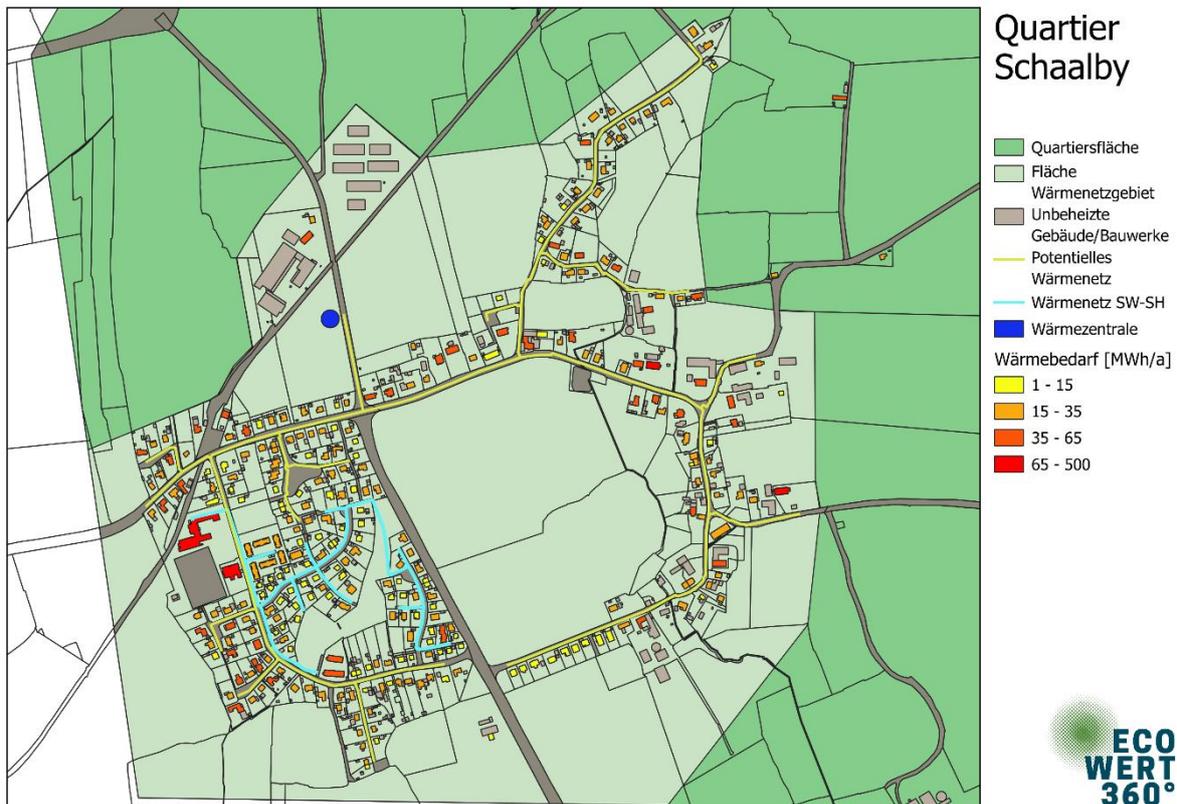


Abbildung 4-18: Dimensionierung eines Wärmenetzes im Quartier Schaalby

Im finalen Ausbau wird die Haupttrasse ca. 4,9 km lang sein. Durchschnittlich kann mit ca. 20 m zusätzlicher Leitung für jeden Hausanschluss gerechnet werden. Dabei ist die Dimension des Hausanschlusses von dem Wärmebedarf der Liegenschaft abhängig. Bei einer Anschlussquote von 100 % wird bei einem Wärmenetz dieser Länge mit Vorlauftemperaturen zwischen 75 °C und 85 °C von Wärmeverlusten von ca. 18 % ausgegangen.

Grundsätzlich ist ein Fernwärmenetz immer dann interessant und wirtschaftlich, wenn auf möglichst kurzer Strecke viel Wärme an Endkunden geliefert werden kann – entweder durch große Wärmesenken oder eine hohe Anschlussquote. Diese Größe wird als Wärmelinendichte [$\frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}$] bezeichnet und gibt die gelieferte Wärme über der Trassenlänge in Meter pro Jahr an. Als grober Faustwert gilt, dass ein Wärmenetz ab einer Liniendichte von $500 \frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}$ wirtschaftlich interessant wird (Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH, 2016). Um ein Wärmenetz langfristig wirtschaftlich zu betreiben ist jedoch ein deutlich größerer Wert notwendig. Abhängig von den Gegebenheiten vor Ort, beispielsweise durch eine besonders günstige Erzeugung, können auch niedrigere Liniendichten interessant sein. Tabelle 4-11 zeigt, dass die Liniendichte auch bei einer geringen Anschlussquote im akzeptablen Bereich liegt und eine Erschließung des gesamten Ortes möglich zu sein scheint. Die genannten $500 \frac{\text{kWh}}{\text{m}\cdot\text{a}}$ werden bei einer Anschlussquote von etwas unter 40 % erreicht. In den folgenden Kapiteln wird dies über die Ermittlung von Vollkosten eines Wärmenetzes und den Vergleich mit individuellen Lösungen genauer untersucht.

Tabelle 4-11: Liniendichte in Abhängigkeit der Anschlussquote

Anschlussquote	Liniendichte [kWh/(m*a)]
30%	461
50%	768
70%	1.075
100%	1.536

4.5.2 ERZEUGUNGSKONZEPTE

In Absatz 4.2 sind bereits verschiedene Anlagen vorgestellt worden, die bei einer nachhaltigen Wärmeversorgung zum Einsatz kommen können. Aus diesem Konglomerat verschiedener Technologien sind auf Grund ihrer Vor- und Nachteile sowie örtlicher Gegebenheiten zwei Erzeugungskonzepte für die Gemeinde Schaalby 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 5.000 kWp umgesetzt.

SCENARIO 1: WÄRMEPUMPE + HEIZSTAB

Dieses Konzept zielt darauf ab, den in einer zur Verfügung stehenden Photovoltaikanlage (Neubau oder Bestand) erzeugten Strom in die Wärmeversorgung einzubinden. Die Versorgung erfolgt über eine Stromleitung von der PV-Anlage zur Heizzentrale.

Hauptsächlich wird die Wärme über Großwärmepumpen mit einer Leistung von insgesamt 1,7 MW bereitgestellt, welche Umgebungsluft als Wärmequelle nutzen. Grundsätzlich wären auch andere Wärmequellen möglich, aber wie bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben, ist die Nutzung von Erdwärme über Sonden oder Kollektoren mit höheren Investitionskosten verbunden und eine genauere Betrachtung erst nach der Durchführung eines Geothermal Response Test und einer anschließenden Simulation des Sondenfeldes möglich. Somit ist die Wahl für folgende Betrachtungen zunächst auf die Luft-Wärmepumpe gefallen.

In Abbildung 4-19 wird die Konzeptskizze dieses Szenarios schematisch dargestellt. Durch eine möglichst in der Nähe der Wärmezentrale installierte PV-Anlagen wird nachhaltiger Strom für den Betrieb der Wärmepumpen geliefert, in diesem Szenario wird von einer 5 MW großen PV-Anlage ausgegangen. Der restliche Energiebedarf zur Wärmeerzeugung wird über das öffentliche Stromnetz bezogen. Zur Sicherheit ist ein Spitzenlast-Gaskessel mit einer Leistung von 3,1 MW sowie eine weitere Power-to-Heat-Anlage (Heizstab oder Elektrodenheizkessel) als Redundanz vorgesehen. Während extremen Kälteperioden oder für den Fall, dass die Wärmepumpe ausfallen sollte und nicht ausreichend oder gar keine Wärme zur Verfügung steht, können diese Anlagen einspringen und die Wärmeversorgung für diesen Zeitraum sicherstellen. Ohne regenerative Stromquellen oder die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) ist eine Umsetzung bei einem Quartier wie Schaalby typischerweise wirtschaftlich nicht realisierbar.

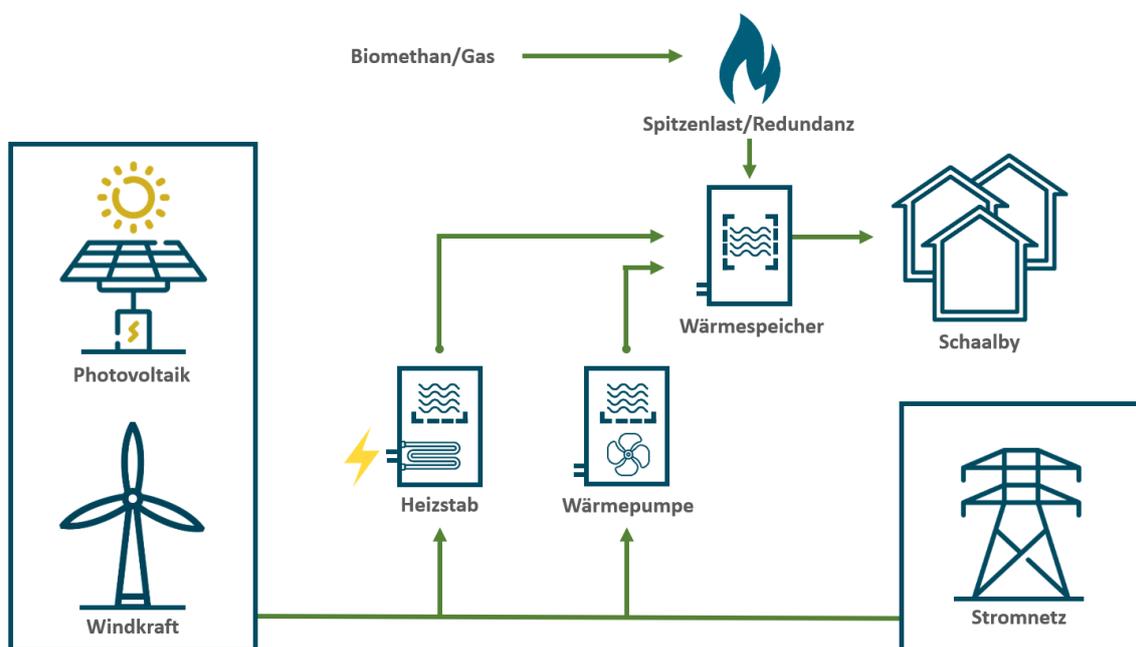


Abbildung 4-19: Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios

Der Vorteil dieses Konzeptes ist, dass die Gemeinde unabhängig von fossilen Energieträgern Wärme für die Wärmeversorgung bereitstellen kann. Die Volatilität der Windstromproduktion wird durch große Wärmespeicher ausgeglichen, indem zu technisch günstigen Zeiten viel Wärme zwischengespeichert wird.

SZENARIO 2: HOLZHACKSCHNITZEL & WÄRMEPUMPE

Im folgenden Konzept wird der Einsatz eines Holzhackschnittel-Kessels (HHS-Kessel) mit einer Leistung von 850 kW in Kombination mit einer 850 kW Wärmepumpe untersucht. Dieses Konzept zielt darauf ab die Grundlast durch den HHS-Kessel zu decken, ergänzt durch eine Wärmepumpe, welche durch erneuerbaren Strom aus PV gespeist wird. Dies erfolgt über eine Direktleitung von den EE-Anlagen zur Heizzentrale.

Hauptsächlich wird die Wärme über einen HHS-Kessel bereitgestellt und eine Großwärmepumpe bereitgestellt, welche Umgebungsluft als Wärmequelle nutzt. Grundsätzlich wären auch andere Wärmequellen möglich, aber wie bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben, ist die Nutzung von Erdwärme über Sonden oder Kollektoren mit höheren Investitionskosten verbunden und eine genauere Betrachtung erst nach der Durchführung eines Geothermal Response Test und einer anschließenden Simulation des Sondenfeldes möglich. Somit ist die Wahl für folgende Betrachtungen zunächst auf die Luft-Wärmepumpe gefallen.

Zusätzlich wird in diesem Szenario ein 1.000 m³ großer Wärmespeicher genutzt, um Zeiten mit geringer Last abzudecken. Zur Deckung der Spitzenlast und als Redundanz kommt auch hier wieder ein Gaskessel zum Einsatz.

In der Abbildung 4-20 wird die Konzeptskizze des zweiten Szenarios schematisch dargestellt.

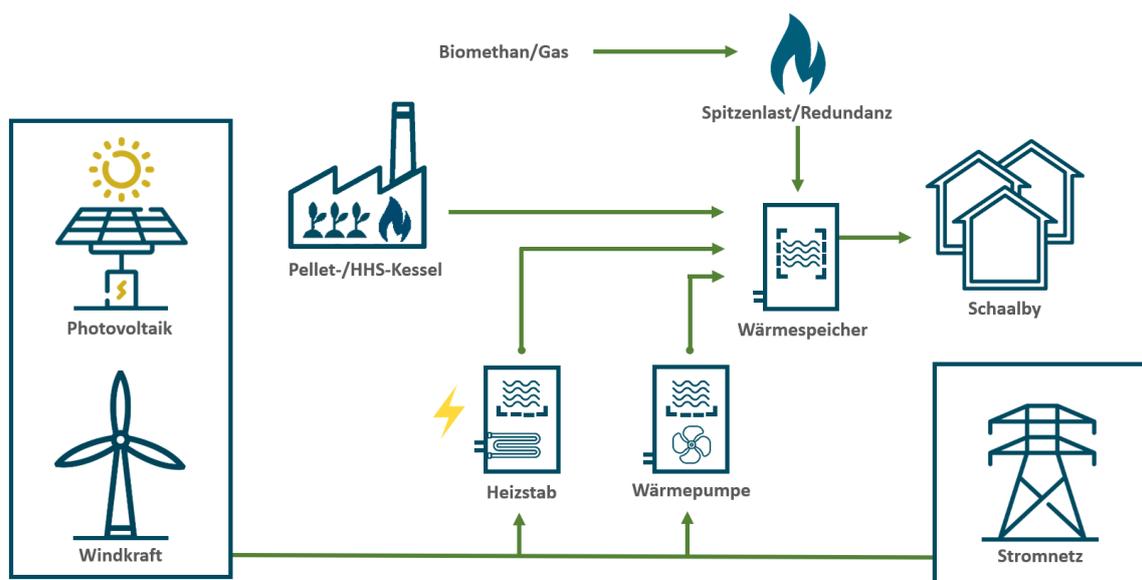


Abbildung 4-20: Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios

4.5.3 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).

4.5.3.1 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 72 Monate für ein Maßnahmenpaket ist möglich.

Modul 3: Einzelmaßnahmen

Gefördert werden Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bestehender Wärmenetze. Dazu gehören die Erneuerung und Optimierung von Wärmeübergabestationen und Netzpumpen sowie die Reduzierung von Netzverlusten. Auch die Erweiterung bestehender Wärmenetze zur besseren Integration von erneuerbaren Energien und Abwärme sowie die Digitalisierung von Wärmenetzen zur Betriebsoptimierung werden gefördert. Voraussetzung für die Förderung ist, dass das Wärmenetz vor

Beginn der Maßnahme mindestens zwei Jahre in Betrieb war. Nach Abschluss der Maßnahme muss der Anteil erneuerbarer Energien und/oder Abwärme im Netz mindestens 50 % betragen. Darüber hinaus müssen bestimmte Effizienzkriterien erfüllt werden. Die Förderhöhe beträgt bis zu 40 % der förderfähigen Kosten, maximal 15 Mio. € pro Projekt. Die Antragstellung erfolgt online über das Portal der BAFA und erfordert verschiedene Nachweise und Unterlagen, darunter technische Beschreibungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Modul 4: Betriebskostenförderung

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

4.5.3.2 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.

4.5.3.3 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.

4.5.3.4 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.

4.5.4 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

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

1. Kapitalgebundene Kosten (Annuitäten der Investitionen)
2. Betriebsgebundene Kosten (Betrieb, Wartung und Instandhaltung der Anlagen)
3. Bedarfsgebundene Kosten (Strom- und Brennstoffkosten)
4. Erlöse (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 4-12 dargestellt.

Tabelle 4-12: 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
Holzhackschnitzel	180 €/t
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 4-13 zu entnehmen.

Tabelle 4-13: Investitionskosten des Wärmenetzes

Bezeichnung	Nettoinvestition
Fernwärmeleitung	6.036.000 €
Hausanschlüsse 100 %	3.055.000 €
Gesamtinvestition	9.091.000 €
Förderung	3.636.400 €
Gesamtinvestition nach Förderung	5.454.600 €

Die Förderhöhe der BEW ist neben der allgemeinen Förderhöhe, vgl. Abschnitt 4.5.3, 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.

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde das geplante Wärmenetz in zwei Abschnitte unterteilt. Diese Aufteilung erfolgte, um zu prüfen, ob sich der weniger dicht besiedelte, einseitige Abschnitt (in Abbildung 4-21 gelb markiert) negativ auf die Vollkosten auswirkt. Die Aufteilung der Abschnitte ist in Abbildung 4-21 dargestellt. Da sich die Vollkosten nur geringfügig verbesserten, beschloss die Lenkungsgruppe, das gesamte Quartier weiterhin als eine Einheit zu betrachten.



Abbildung 4-21: Geplantes Wärmenetz in Abschnitten

SZENARIO 1: WÄRMEPUMPE + HEIZSTAB

Tabelle 4-14 zeigt die Dimensionierung und Investitionskosten der Komponenten des ersten Konzeptes.

Tabelle 4-14: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	3.150 kW _{th}	320.000 €
Wärmepumpe	1.700 kW _{th}	1.403.000 €
Heizstab	1.700 kW _{th}	173.000 €
Wärmespeicher	1.000 m ³	318.000 €
Heizhaus	90 m ²	183.000 €
Unvorhergesehene Wärmeerzeugung		359.550 €
Gesamtinvestition Erzeugung		2.756.550 €
Gesamtinvestition nach Förderung		1.994.950 €

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung benötigten elektrischen Energie in diesem Konzept ist Tabelle 4-15 zu entnehmen. Die Bezugsmengen ergeben sich aus dem Erzeugerlastgang der PV-Anlage mit einer Leistung von 5.000 kW.

Tabelle 4-15: Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.1

Bezeichnung	Energiebezug	Kosten
Spitzenlast	776.625 kWh/a	85.429 €
PV-Bezug	1.012.226 kWh/a	99.198 €
Netzbezug	2.365.099 kWh/a	473.020 €

Die folgende Tabelle stellt die Höhe der jährlichen Betriebskostenzuschüsse des Szenarios dar. Im Vergleich zu dem weiteren vorgestellten Konzept werden hier die höchsten Betriebskostenzuschüsse generiert.

Tabelle 4-16: Betriebskostenförderung der Wärmepumpe bei 100 % Anschlussquote – Sz.1

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
EE-Bezug	2,95 ct/kWh _{th}	76.257,26 €
Netzbezug	8,85 ct/kWh _{th}	325.731,19 €
Gesamt		401.988,45 €

SZENARIO 2: HOLZHACKSCHNITZEL & WÄRMEPUMPE

Tabelle 4-17 zeigt die Dimensionierung der Komponenten des zweiten Szenarios. Die Gesamtinvestition ist bei diesem Szenario aufgrund der hohen Kapitalkosten einer Pyrolyseanlage am höchsten.

Tabelle 4-17: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.2

Bezeichnung	Auslegung	Nettoinvestition
Spitzenlastgaskessel	3.150 kW _{th}	320.000 €
Wärmepumpe	600 kW _{th}	702.000 €
Holzhackschnitzelanlage	900 kW _{th}	648.000 €
Heizstab	800 kW _{th}	81.000 €
Wärmespeicher	1.000 m ³	318.000 €
Heizhaus	90 m ²	183.000 €
Unvorhergesehene Wärmeerzeugung		337.800 €
Gesamtinvestition Erzeugung		2.589.800 €
Gesamtinvestition nach Förderung		1.849.400 €

Die Aufteilung des Energiebedarfs für die Wärmebereitstellung ist in Tabelle 4-18 dargestellt. Die Bezugsmengen ergeben sich aus dem Erzeugerlastgang der PV-Anlage mit einer Leistung von 5.000 kW.

Tabelle 4-18: Jährlicher Energiebezug bei 100 % Anschlussquote – Sz.2

Bezeichnung	Energiebezug	Kosten
Spitzenlast	776.625 kWh/a	59.800,15 €
Holzhackschnitzel	2.767.864 kWh/a	111.588,99 €
PV-Bezug	806.212 kWh/a	79.008,82 €
Netzbezug	1.396.408 kWh/a	279.281,65 €

Die Erlöse durch den Betrieb der Pyrolyse und der Betriebskostenförderung für die Wärmepumpe sind in der folgenden Tabelle 4-19 dargestellt.

Tabelle 4-19: Betriebskostenförderung und Erlöse bei 100 % Anschlussquote – Sz.2

Bezeichnung	Vergütung	Betriebskostenförderung
Betriebskostenförderung EE	2,95 ct/kWh	60.736,96 €
Betriebskostenförderung Netz	8,85 ct/kWh	192.319,09 €
Gesamt		253.056,05 €

ZUSAMMENFASSUNG

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Verbrauchskosten der beiden Szenarien.

Tabelle 4-20: Jährliche Verbrauchskosten der Konzepte bei 100 % Anschlussquote

Konzept	Verbrauchskosten	Verbrauchskosten abzüglich Vergütungen
Sz1: Wärmepumpe + Heizstab	657.646,80 €	255.658,34 €
Sz2: HHS + Wärmepumpe	529.679,61 €	276.623,55 €

Betrachtet man die verbrauchs-, betriebs- und kapitalgebundenen Kosten und die Erlöse zusammen ergeben sich die in Abbildung 4-22 dargestellten Wärmegestehungskosten (WGK) bei einer Anschlussquote von 70 %. Es zeigt sich, dass das Szenario 1 mit der Wärmepumpe ohne den HHS-Kessel mit 15,44 ct/kWh höhere Vollkosten als die Versorgung mit einer Wärmepumpe und dem HHS-Kessel erreicht. Das zweite Szenario hat bei 70 % Anschlussquote Vollkosten von 13,14 ct/kWh.

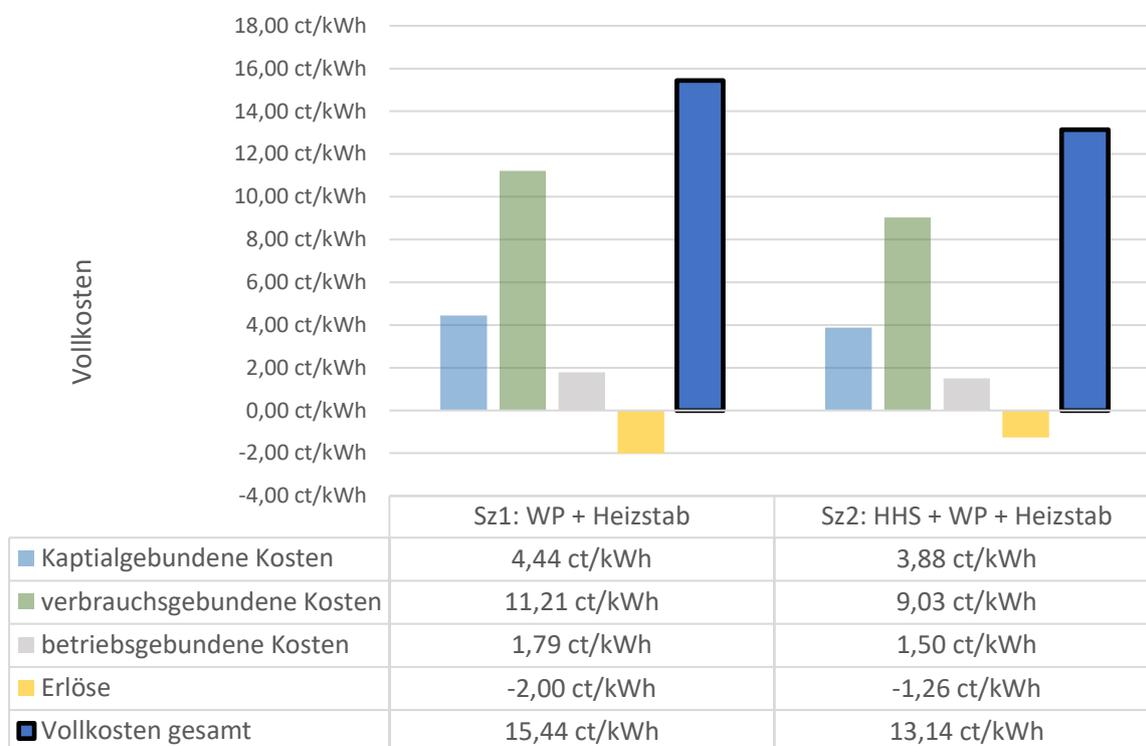


Abbildung 4-22: Wärmegestehungskosten der Versorgungsszenarien bei einer Anschlussquote von 70 %

4.5.5 SENSITIVITÄTSANALYSE

Die Vollkosten der verschiedenen Konzepte sind stark abhängig von der Anzahl der Anschlussnehmer. Je mehr Mitglieder des Quartiers sich an das Wärmenetz anschließen, desto höher wird die Liniendichte. Wie bereits in Abschnitt 4.5.1 erwähnt wirkt sich eine höhere Liniendichte auf den Endkundenpreis aus. Diese Sensitivitätsanalyse zeigt auf, wie sich die Anschlussquote auf die Kosten Abbildung 4-23 für die Anschlussnehmer auswirken kann. Die Preisentwicklung bei den verschiedenen Konzepten ist 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.

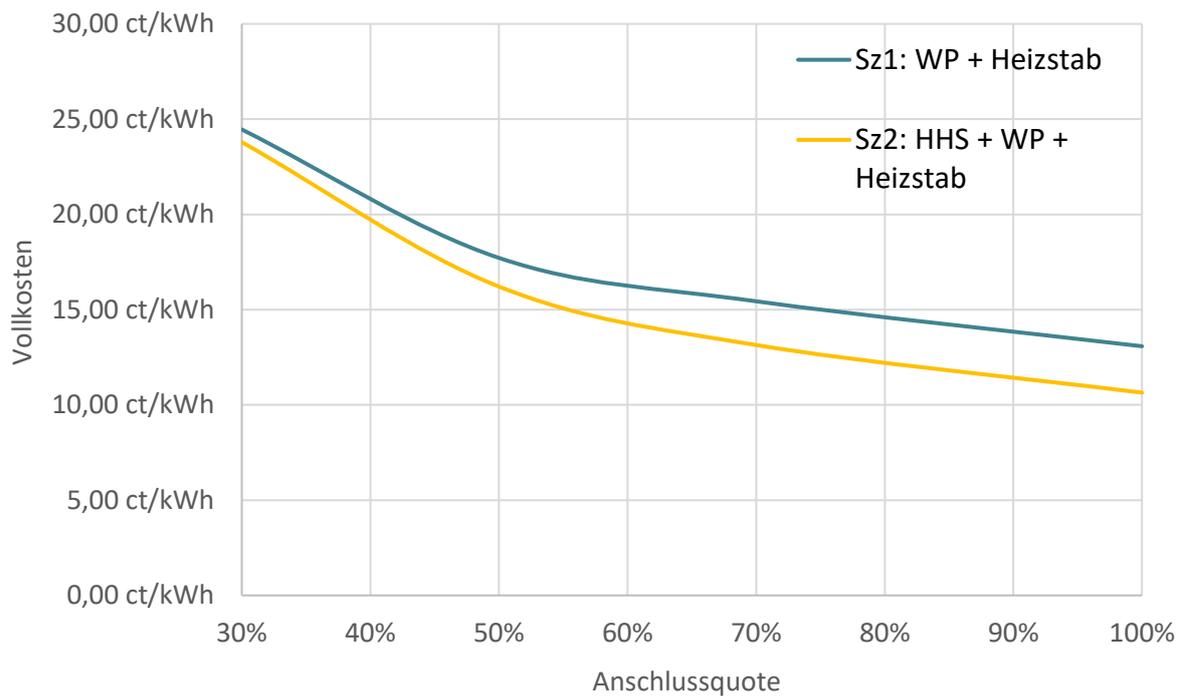


Abbildung 4-23: Abhängigkeit der Vollkosten von der Anschlussquote

4.5.6 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

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

- Spezifische CO₂-Emission
- Anteil erneuerbarer Energie
- Primärenergiefaktor

SPEZIFISCHE CO₂-EMISSION

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

In Tabelle 4-21 sind die verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren und die daraus resultierenden spezifischen und absoluten CO₂-Emissionen des Wärmenetzes bei einer Sanierungsrate von 1 % bis zum Jahr 2040 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung, den Stromsektor bis 2035 zu dekarbonisieren, erreicht wird und der CO₂-Emissionsfaktor für Netzstrom bis dahin auf 0 g/kWh sinkt. Bis dahin wird von einer linearen Abnahme des CO₂-Äquivalents ausgegangen. Aufgrund des Einsatzes von Erdgas in allen Szenarien kann bis 2040 in keinem der Konzepte eine emissionsfreie Wärmeversorgung erreicht werden. Die in der Pyrolyse eingesetzte Holzmenge setzt keine Emissionen frei, da das CO₂ in dem Produkt des Prozesses, der Biochar gespeichert wird. Die spezifischen CO₂-Faktoren wurden auf Basis der im jeweiligen Szenario eingesetzten Energiemengen und der in der Tabelle angegebenen CO₂-Faktoren berechnet. Die Werte basieren auf einem Anschlussgrad von 100 %.

Tabelle 4-21: CO₂-Emission für die erzeugte Wärme

Energieträger		2024	2030	2035	2040	2045
Wärmeabsatz [MWh/a]		9.174	8.715	8.279	7.865	7.472
Netzstrom [g/kWh]		560	255	0	0	0
Erneuerbarer Strom [g/kWh]		0	0	0	0	0
Holz [g/kWh]		20	20	20	20	20
Erdgas / Biogas [g/kWh]		240	240	240	240	140
Sz.1	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	167	87	22	22	13
	CO₂-Emission [t/a]	1.529	759	183	174	97
Sz.2	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	87	57	33	32	25
	CO₂-Emission [t/a]	798	500	276	254	185

Das zweite Szenario weist die geringsten CO₂-Emissionen auf. Durch den Einsatz von Holz als Energieträger können die Emissionen im Vergleich zur heutigen dezentralen Wärmeversorgung um 737 t/a reduziert werden. Aufgrund des zu erwartenden Rückgangs des Emissionsfaktors des Netzstroms werden die CO₂-Emissionen im ersten Szenario bis 2035 stark zurückgehen.

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 4-22: dargestellt.

Tabelle 4-22: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz (gerundete Werte)

Erzeuger	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Szenario 1 [kWh]	9.174.000 kWh	7.094.600 kWh	2.079.400 kWh
Anteil [%]		77	23
Szenario 2 [kWh]	9.174.000 kWh	7.923.600 kWh	1.250.400 kWh
Anteil [%]		86	14

PRIMÄRENERGIEFAKTOR

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. Liegt der ermittelte Wert 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. Da die Leistung der Großwärmepumpe einen Wert von 500 kW übersteigt, ist gemäß §22 GEG für den netzbezogenen Strom der Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil von 1,2 zu verwenden.

Tabelle 4-23 zeigt die Eingangsparameter und Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung. Der niedrigste Primärenergiebedarf ergibt sich in Szenario 2, da hier der Großteil der Wärme aus Holz erzeugt wird, für welchen ein Primärenergiefaktor von 0,2 anzusetzen ist.

Tabelle 4-23: Berechnung des Primärenergiefaktors

	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz.1	WP-Strom	1.139.978	1,2	1.367.970
	Erdgas Spitzenlast	854.288	0,7	598.000
	Wärmelieferung	9.174.000	0,21	1.965.970
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung:			0,223	
	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz. 2	Holz	6.623.486	0,2	1.324.697 kWh
	WP-Strom	396.093	1,2	475.311 kWh
	Erdgas Spitzenlast	854.288	1,1	939.717 kWh
	Wärmelieferung	9.174.000	0,30	2.739.725 kWh
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung:			0,214	

4.5.7 ZEITPLAN UND UMSETZUNG

Der Bau eines Wärmenetzes, welches den Ortskern der Gemeinde Schaalby erschließt, würde typischerweise in mehreren Bauabschnitten erfolgen. Zunächst würden Gebiete erschlossen, die dicht an der finalen Heizzentrale liegen und idealerweise das höchste Absatzpotenzial innerhalb der Gemeinde aufweisen. Von dieser Keimzelle wächst das Wärmenetz in folgenden Bauabschnitten in den gesamten Ort. Ein bestimmender Faktor ist weiterhin die Anschlussquote. Bereiche, in welchen das Anschlussbegehren am höchsten ist, werden zuerst ausgebaut.

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

0. **Fördermittelakquise:**
Über die Bundeförderung für effiziente Wärmenetze muss zunächst im Modul 1 eine Machbarkeitsstudie erstellt werden. Die Studie ist Voraussetzung für die Beantragung von Modul 2 – Systemische Förderung für Neubau und Bestandsnetze.
1. **Kundengewinnung:**
Wie in den vorangegangenen Abschnitten bereits beschrieben, ist die Gewinnung von Kunden ein zentrales und wichtiges Element bei der Umsetzung eines Wärmenetzes. Die Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von der Akzeptanz und der Anschlussbereitschaft am Wärmenetz ab. Die Kundengewinnung für den ersten Bauabschnitt stellt somit den ersten und wichtigsten Schritt bei der Umsetzung eines Wärmenetzes dar.
2. **Planungsphase:**
Abhängig von der Kundengewinnung kann es Sinn ergeben, einzelne Straßen früher oder entsprechend später zu erschließen. In der Planungsphase wird das Wärmenetz und die Dimensionierung der Erzeugungsanlagen konkretisiert.
3. **Erste Bauphase** → Bauabschnitt 1:
Das Wärmenetz befindet sich in der Umsetzung
4. **Wärmenetz aktiv**
Der Bauabschnitt ist fertiggestellt und alle akquirierten Kunden werden mit Wärme beliefert

Diese grob skizzierten Schritte wiederholen sich mit jedem folgendem Bauabschnitt. Wie die Bauabschnitte gewählt werden, liegt am Ende in der Hand einer möglichen Betreibergesellschaft. Abbildung 4-24 zeigt die beschriebenen Phasen bei der Umsetzung eines Wärmenetzes und gibt eine Einschätzung, wie lange die Erschließung der Gemeinde Schaalby bei einem idealtypischen Bauverlauf dauern könnte. Die Zeitangaben sind jeweils zu addieren, folglich kann die Erschließung des gesamten Ortes ca. 4 Jahre in Anspruch nehmen. Abhängig vom Projektverlauf und der Akzeptanz in der Gemeinde kann es hierbei stets zu Abweichungen kommen.

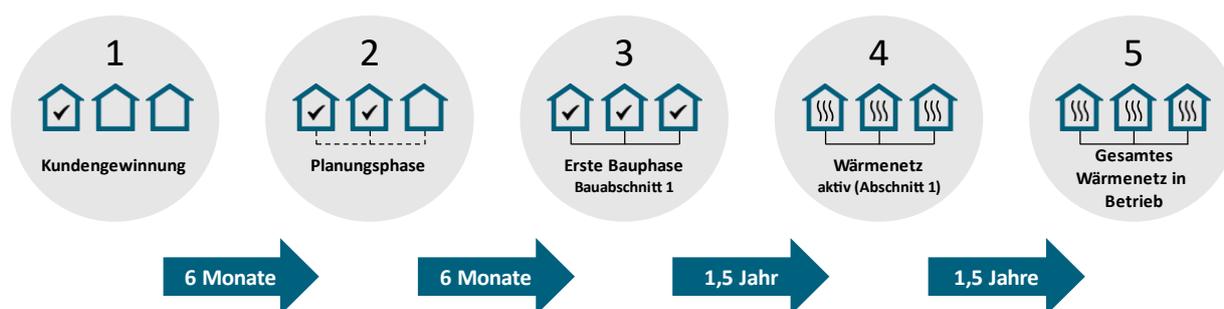


Abbildung 4-24: Zeitplan Wärmenetz

4.5.8 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

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

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

Eine zweite Möglichkeit ist die Gründung einer **GmbH & Co.KG**. Die **GmbH & Co. KG** ist eine Mischform aus Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) und Kommanditgesellschaft (KG). In dieser Rechtsform übernimmt eine GmbH die Rolle des Komplementärs, also des voll haftenden Gesellschafters, während die anderen Gesellschafter als Kommanditisten nur mit ihrer Einlage haften. Diese Struktur ermöglicht eine Haftungsbeschränkung für die beteiligten Personen, während gleichzeitig die Flexibilität und die steuerlichen Vorteile einer Personengesellschaft genutzt werden können. In diesem Fall wird die GmbH & Co. KG als mögliche Betreibergesellschaft für das Wärmenetz vorgeschlagen, da sie die Vorteile der Haftungsbeschränkung mit den unternehmerischen Freiheiten einer KG vereint.

Eine weitere Möglichkeit ist die Gründung einer Wärmegenossenschaft in der sich die Bürger_innen der Gemeinde beteiligen können. Bei der Genossenschaft handelt es sich um eine Gesellschaft (juristische Person). In der Genossenschaft kann sich die Anwohnerschaft zusammenschließen und gemeinsam einen wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb führen. Die Besonderheit bei dem Betreibermodell einer Genossenschaft ist, dass die Anwohnerschaft sowohl Eigentümer, Leistungspartner und auch Entscheidungsträger ist.

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

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

4.6 MOBILITÄT

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

4.6.1 VERKEHRSSITUATION

Die Verfügbarkeit von Kitas, Schulen, Kirchen, medizinischer Versorgung und Einkaufsmöglichkeiten hängen eng mit der Mobilität zusammen, da sie die täglichen Bewegungsmuster der Bewohner beeinflussen.

- **Kitas und Schulen**

In Schaalby gibt es die Evangelische Kindertagesstätte, die neben regulären Betreuungsplätzen auch eine Krippe umfasst. Die Boy-Lornsen-Schule mit Hauptsitz in Schaalby bietet eine Grundschulausbildung. Darüber hinaus befinden sich in der nahegelegenen Stadt Schleswig vier Grundschulen, zwei Gemeinschaftsschulen, zwei Gymnasien sowie ein Förderzentrum.

- **Kirchen**

In der Gemeinde Schaalby befinden sich die St. Jakobus Kirche sowie die St. Marien Kirche.

- **Ärztliche Versorgung**

Medizinische Versorgung steht sowohl in Schaalby als auch in Schleswig zur Verfügung, mit einer Zahnarztpraxis in Moldenit und verschiedenen Arztpraxen in Schleswig.

- **Einkaufsmöglichkeiten**

In Schaalby gibt es die Flohmarkthalle als Einkaufsmöglichkeit, während in Schleswig eine Vielzahl von Geschäften zur Verfügung steht.

- **Bahnhöfe, Bushaltestellen und Fahrtrichtungen**

Der Bahnhof Schleswig bietet Verbindungen in verschiedene Richtungen, darunter der Regionalexpress RE 7 zwischen Flensburg und Hamburg, der RE 74 von Kiel nach Husum, sowie die EuroCity-Verbindungen zwischen Flensburg und Prag sowie Hamburg und Kopenhagen.

In Schaalby selbst gibt es mehrere Bushaltestellen. Der Bus 636 verkehrt nur an Schultagen und verbindet Schaalby mit Tolk. Die Haltestelle Schaalby Siedlung wird vom Bus 605 bedient, der eine Verbindung zwischen Schleswig, Ulnis und Süderbrarup bietet, wobei die Abfahrt in Richtung Süderbrarup um 06:47 Uhr erfolgt. An der Haltestelle Abzweig Kahleby – Schaalby verkehren die Buslinien 605 und 606, die Schleswig mit Ulnis, Süderbrarup und Loit verbinden.

4.6.2 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamts waren zu Beginn des Jahres 2024 1.111 Personenkraftwagen innerhalb der Gemeinde Schaalby zugelassen, darunter 28 in gewerblicher Haltung (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Um diese Daten auf Schaalby zu übertragen, wurden diese auf Grundlage der Wohngebäudezahlen von der Gemeinde Schaalby und Ortsteils skaliert. Von 612 Wohngebäuden befinden sich 306 Adressen innerhalb der Quartiersgrenzen.

Auf Grund der Tatsache, dass nachhaltige Mobilität aktuell hauptsächlich über batterieelektrische Fahrzeuge realisiert wird, werden diese im Rahmen der Studie betrachtet.

Der Strombedarf und die damit einhergehenden CO₂-Emissionen von bereits vorhandenen Elektroautos sind bereits im Stromlastgang Schaalby enthalten, aus diesem Grund werden im Folgenden nur Fahrzeuge betrachtet, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Auf Grund der geringen Anzahl von Gas- und Hybrid-Fahrzeugen werden diese im Rahmen der Studie zunächst nicht weiter betrachtet, womit die 517 benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeuge (vgl. Tabelle 3-8) 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 CO₂-Emissionen pro kWh Diesel wurden auf Basis des CO₂-Faktors von Heizöl berechnet. Die pro kWh Benzin verursachten Emissionen wurden auf Basis einer Erhebung des Umweltbundesamtes berechnet (Umweltbundesamt, 2022).

Für die Abschätzung der CO₂-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 CO₂-Emissionen der batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge wird in dieser Betrachtung davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge mit Strom aus dem Stromnetz geladen werden. Der CO₂-Emissionsfaktor der einzelnen Stützjahre entspricht dabei den Werten aus Tabelle 4-21. Die Ergebnisse dieses Vergleichs werden in Abbildung 4-25 dargestellt. Neben der Entwicklung der CO₂-Emissionen kann der Abbildung die angenommenen E-Fahrzeuganzahl bis 2050 entnommen werden.

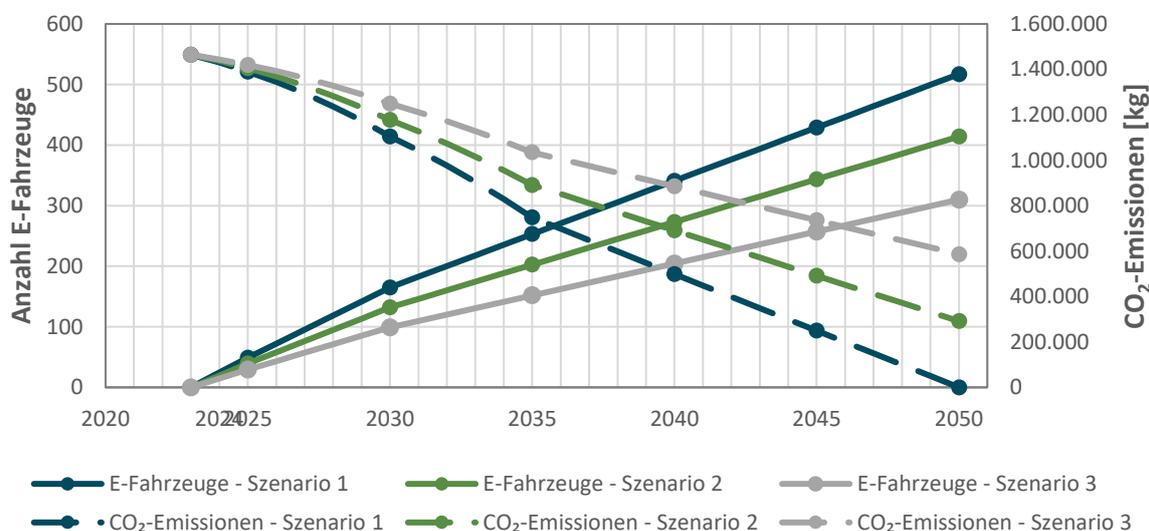


Abbildung 4-25: Entwicklung der PKW-CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050

4.6.3 AUSWERTUNG DER UMFRAGE

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

Von 306 Adressen im Quartier haben 45 an der Umfrage teilgenommen, was einer Quote von 15 % entspricht. Es ist zu beachten, dass die Beteiligung zu gering war, um fundierte oder repräsentative Aussagen über die Verteilung im gesamten Quartier zu treffen. Abbildung 4-26 zeigt die Anzahl der Haushalte in Abhängigkeit der Anzahl der Fahrzeuge, die in den jeweiligen Haushalten der Umfrageteilnehmer genutzt werden.

Fahrzeuge pro Haushalt

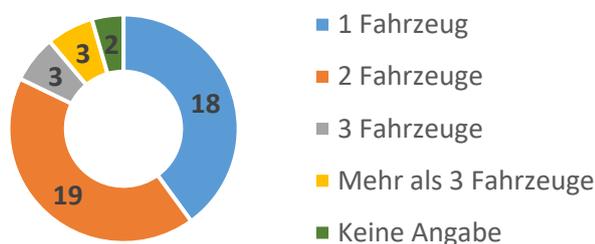


Abbildung 4-26: Verteilung der Fahrzeuganzahl in den Haushalten der Umfrageteilnehmer

Laut Umfrage besitzen 18 Haushalte (40 %) ein Fahrzeug, 19 Haushalte (40 %) haben zwei Fahrzeuge, 3 Haushalte (7 %) besitzen drei Fahrzeuge und 3 Haushalte (7 %) verfügen über vier Fahrzeuge. 2 Haushalte machten keine Angaben zu dieser Frage. Diese Verteilung zeigt, dass viele Haushalte mehrere Fahrzeuge nutzen, was auf eine hohe Abhängigkeit vom Individualverkehr hinweist.

Die Umfrage ergab, dass die Bewohner von Schaalby im Durchschnitt 13.729 Kilometer pro Jahr mit dem Auto zurücklegen, was leicht unter dem Durchschnitt für ländliche Regionen liegt. Diese dennoch hohe Fahrdistanz verdeutlicht, dass die Einwohner stark auf ihre Fahrzeuge angewiesen sind. 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 lediglich 4 Haushalte an, bereits ein Elektroauto zu besitzen. Demgegenüber stehen 41 Haushalte, die derzeit kein Elektroauto in ihrem Besitz haben. Dies zeigt, dass Elektrofahrzeuge momentan nur in einer kleinen Minderheit der Haushalte vertreten sind. Die Umfrage ergab zudem Einblicke in die Bereitschaft der Haushalte, in Zukunft ein Elektrofahrzeug anzuschaffen. Die Ergebnisse sind der Tabelle 4-24 zu entnehmen.

Tabelle 4-24: Interesse an Elektrofahrzeugen

Anschaffung E-Auto	Anzahl der Haushalte
Ja	7
Nein	18
Vielleicht	15
Keine Angabe	5

Die Tabelle zeigt, dass von den befragten Haushalten in Schaalby 7 Haushalte aktuell bereit sind, ein Elektrofahrzeug anzuschaffen. Im Gegensatz dazu lehnen 18 Haushalte den Kauf eines E-Autos ab, während 15 Haushalte noch unentschlossen sind und eventuell eine Anschaffung in Betracht ziehen. Diese Daten verdeutlichen, dass ein gewisses Potenzial für eine erhöhte Verbreitung von Elektrofahrzeugen im Quartier besteht. Obwohl derzeit nur eine Minderheit der Haushalte fest entschlossen ist, ein E-Auto zu kaufen, zeigt der relativ hohe Anteil der Unentschlossenen, dass gezielte Maßnahmen und Anreize möglicherweise zu einem Anstieg der Akzeptanz führen könnten. Angesichts der hohen durchschnittlichen Fahrdistanz der Bewohner wird die Notwendigkeit für effiziente und nachhaltige Verkehrslösungen besonders deutlich. Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Mobilität in Schaalby detaillierter betrachtet.

4.6.4 CARSHARING

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

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

Für die Umsetzung eines Dörpsmobil gibt es drei mögliche Betreibermodelle:

- Vereinsbasiert:
Ein vor Ort gegründeter Verein (oder bestehender Verein) übernimmt alle Angelegenheiten hinsichtlich des Dörpsmobil
- Gemeindlich
- Privat/Informell/Gewerblich

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

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

4.6.5 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 Schaalby übertragen lässt, ist zu erahnen, dass der Ausbau des Radverkehrs ein großes Potenzial zur Reduktion der CO₂-Emissionen hat. Wer täglich 1 km Fahrrad fährt und dafür das Auto stehen lässt spart jährlich ca. 80 kg CO₂ ein.

Folgend werden einige Optionen zur Unterstützung des Radverkehrs in Schaalby 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)

4.6.6 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur in Schaalby 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 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.

4.6.7 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 4-25: zeigt für unterschiedliche Verkehrsmittel die verursachten Treibhausgasemissionen (CO₂, CH₄ und N₂O) in Gramm pro Personenkilometer [g/Pkm] CO₂-Äquivalent in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Auslastung im Jahr 2019 – vor der Coronapandemie. Es zeigt sich, dass trotz der höchsten Auslastung das Flugzeug für Inlandflüge mit 214 g/Pkm die meisten CO₂-Emissionen verursacht und somit das klimaschädlichste Transportmittel darstellt. Bei einer durchschnittlichen Belegung von 1,4 Personen pro PKW verursacht der PKW 154 g/Pkm – allerdings zeigt sich an dieser Stelle das Potenzial für Carsharing und Fahrgemeinschaften, da eine Zunahme der Personenanzahl die Emission pro Personenkilometer weiter reduziert.

Tabelle 4-25: Vergleich der CO₂-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021)

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

In Bezug auf den öffentlichen Personennahverkehr können Tabelle 4-25: zwei wichtige Punkte entnommen werden. Der ÖPNV, ob Bahn oder Bus, verursachte 2019 die geringsten CO₂-Emissionen pro Personenkilometer. Außerdem zeigt sich, dass gerade der Nahverkehr enormes Potenzial für weitere CO₂-Einsparungen hat.

Eine Möglichkeit den ÖPNV zu fördern wäre eine Fahrplan- und Taktverdichtung, durch die das ÖPNV-Angebot flexibler gestaltet werden kann. Schaalby 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.

Darüber hinaus existiert im Kreis Schleswig-Flensburg das Projekt SMILE24. Das SMILE24 ist ein ÖPNV-Modellprojekt, das bis Ende 2025 läuft und als deutschlandweites Vorbild für Mobilität im ländlichen Raum dienen soll. Es ist ein Angebot an verschiedenen Verkehrsmitteln und soll die Nutzer jederzeit mobil machen, ganz ohne eigenes Auto. SMILE24 steht für Schlei-Mobilität und bedeutet innovativ, ländlich, emissionsfrei und 24/7. Das Projekt wird in der Schlei-Region zwischen den Kreisen Schleswig-Flensburg und Rendsburg-Eckernförde in Schleswig-Holstein durchgeführt. Das Projekt setzt sich zusammen aus elektrischen Expressbusse, welche entlang der Hauptlinien zwischen Kappeln, Schleswig und Eckernförde fahren, einen NAH.SHUTTLE-Dienst sowie ein Bikesharing- und Carsharing-Angebot. Durch Schaalby fährt die „Naturlinie 609“. Die Carsharing-Angebote in der Region werden erweitert und bieten eine echte Alternative zu privat genutzten Fahrzeugen, die nicht täglich im Einsatz sind. Es gibt flexible Tarife für stunden- oder tageweise Buchungen. Ein Bikesharing-Angebot von Donkey Republic kann an mehr als 50 Stationen in der Region per App ausgeliehen und zurückgegeben werden. Zudem gibt es den NAH.SHUTTLE-Service, der eine Ergänzung zu Bahn und Bus darstellt und dort verfügbar ist, wo Busse selten oder spät in der Nacht fahren (NAH.SH GmbH, 2024).

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

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

Das Aufzeigen von verschiedenen investiven Maßnahmen, kategorisiert in gering, mittel und hoch investiv ist zu empfehlen. So lässt sich für jede Person, unabhängig vom finanziellen Status, ein Handlungsfeld abbilden, um energetische Einsparungen vorzunehmen. 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. Die Rolle der Personen, welche eine Umsetzung anstreben, liegt in der Fördermittelbeschaffung aber auch in der vermittelnden Rolle zwischen Privatperson und zukünftigen Anlagenbetreibern. Es geht darum Unsicherheiten aus dem Weg zu räumen und Fragen zu klären. Diese vermittelnde Rolle zwischen zentralen Akteuren und den Bewohner_innen des Quartiers muss als Aufgabe verstanden, kommuniziert und gewissenhaft ausgeführt werden.

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. Hier ist als Betreiber des in Schaalby ansässigen Wärmenetzes die Stadtwerke SH zu nennen. Die Außendarstellung in Schaalby schien während des Quartierskonzeptes eher mangelhaft bzw. die Kommunikation mit der Bevölkerung nicht wahrnehmbar. Um das Vertrauen in Fernwärmeprojekte zu steigern ist es wichtig die bestehende Infrastruktur zu stärken und auch hier Vertrauen zu generieren.

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, Energiedienstleister, kommunale Politiker_innen, lokales Gewerbe oder wohnungswirtschaftliche Unternehmen sein. Die Einbeziehung der privaten Bürger_innen soll an dieser Stelle hervorgehoben werden. Die Lenkungsgruppe muss aktiv in die Prozesse mit einbezogen 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 Schaalby gibt kein lokales Blatt, welches genutzt werden kann, um Informationen und Ankündigungen an die Bevölkerung zu vermitteln. In Schaalby müssen andere Medien genutzt werden, um den Informationsfluss aufrecht zu halten.

Flugblätter

Die Verteilung von Flugblättern oder Broschüren ist 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 durch Mitglieder der Lenkungsgruppe darstellbar. Auch das Beilegen zur Zeitung oder das Verteilen durch Zeitungsausträger_innen ist ein guter Weg für die Verteilung.

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.

5.2 CONTROLLING-KONZEPT

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

Ziele aus den einzelnen Bereichen sollten regelmäßig an die Bürger_innen kommuniziert und auf Kanälen der Gemeinde veröffentlicht werden. Hierfür ist es ratsam eine Verantwortlichkeit zu kommunizieren. 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 CO₂-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 der Erweiterung und dem Ausbau des Wärmenetzes ist ein Controlling der laufenden Maßnahmen in verschiedener Hinsicht möglich. Hierdurch 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 CO₂-Menge über den Verbrauch von Strom kann als erster Schritt die Anzahl und Leistung der installierten PV-Anlagen innerhalb der Gemeinde evaluiert und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Über den Netzbetreiber oder Smartmeter können darüber hinaus die Stromverbräuche ausgewertet werden. Diese Auswertungen können ebenfalls, mit Angabe der eingesparten CO₂-Menge im Vergleich zu den Vorjahren veröffentlicht werden.

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 werden.

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

- Hohe initiale Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes & der Erzeugungsanlagen
- 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

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.
- Einbindung von Förderprogrammen und Zuschüssen
- Erneuerung und Verstärkung des Bestandsnetzes in besonders kritischen Bereichen
- Gespräche Betreiber des Bestandnetz zur Erweiterung und Transformation

- Erstellung eines Transformationsplans zum Aufzeigen von wirtschaftlichen und zukunftsfähigen Ausbaumöglichkeiten
- Förderung von Eigeninitiativen, wie z.B. durch Gründung von Bürgerenergieprojekten

5.3.3 STROM

Folgende Hemmnisse sind bei der Stromversorgung in Schaalby 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 individuellen 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 Verantwortliche wählen/bestimmen
- 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 Schaalby 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 Maßnahnumsetzung
- 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. Maßnahmen im Bereich der zentralen Wärmeversorgung werden aufgrund des hohen Einsparpotenzials ausschließlich mit der höchsten Priorität versehen. Die Sanierung von Wohngebäuden sowie die Sanierung und die Nachverdichtung im bestehenden Wärmenetz sind Maßnahmen mit der zweithöchsten Priorität. 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
Wärme				
1.	Zentrale Wärmeversorgung <ul style="list-style-type: none"> Sanierung des Bestandwärmenetzes Umstellung der Wärmeerzeugung auf 100 % erneuerbare Wärmeerzeugung Ausbau Wärmenetz Fördermittelakquise Findung eines Betreibermodells (z.B. Gemeindeenergiwerk) Kundenakquise Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen zum Thema Wärmenetze 	Stadtwerke SH (SW SH) SW SH SW SH / Beratungsunternehmen Gemeinde Gemeinde / Betreiber Gemeinde / Betreiber Gemeinde / Betreiber	ab 1. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2026 ab 1. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2025 fortlaufend	
2.	Einzelversorgungslösungen <ul style="list-style-type: none"> Dezentrale Wärmeversorgungslösungen Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen Unterstützung bei Fördermittelakquise und Umsetzung 	Planungsbüro Planungsbüro / Gemeinde Eigentümer / Bauunternehmen	fortlaufend	
3.	Sanierung Wohngebäude <ul style="list-style-type: none"> Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen Unterstützung bei der Fördermittelakquise Dokumentation der Beratungen als Monitoring-Tool Informationsveranstaltungen 	Eigentümer / Bauunternehmen Eigentümer / Bauunternehmen Gemeinde / Beratungsunternehmen Beratungsunternehmen	fortlaufend	

Im Bereich der Stromversorgung hat die Errichtung und Nutzung erneuerbarer Energieanlagen im Quartier die mittlere 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 und sind ein Schlüssel zum Erfolg der zentralen Wärmeversorgung. 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
Strom				
4.	Errichtung Erneuerbarer Energien zur Nutzung im Quartier			
	<ul style="list-style-type: none"> Gewinnung lokaler EE-Anlagen zur Stromlieferung für das Quartier Akquirieren von Flächen und Prüfen der Genehmigungsfähigkeit Errichtung eigener PV-Anlagen Umsetzungsbegleitung bei der Errichtung 	Gemeinde Planungsbüro, Gemeinde Planungsbüro, Gemeinde Planungsbüro, Bauunternehmen	Sobald im großen Maßstab vorhanden 1. Halbjahr 2025 – 2. Halbjahr 2025 ab 2. Halbjahr 2025 ab 2. Halbjahr 2025	
5.	Vertrieb regionaler EE-Produkte			
	<ul style="list-style-type: none"> Gründung eines Bürgerenergiewerkes/Gemeindewerkes Erstellung der Produktportfolios (Haushaltsstromtarif, Mobilitätstarif und Wärmepumpentarif) Werbung & Vermarktung 	Gemeinde Marketingagentur, Planungsbüro Marketingagentur	ab 1. Halbjahr 2025 1. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026	
6.	PV-Dachanlagen & Speichertechnologien für Einzellösung			
	<ul style="list-style-type: none"> Ergänzend zu Nummer 3 Unterstützung bei Eigenversorgungs-lösungen 	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
Mobilität & Städteplanung				
7.	Förderung der Elektromobilität innerhalb der Gemeinde <ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung bei der Errichtung zusätzlicher privater Ladesäulen • Errichtung öffentlicher Ladesäulen • Aufklärungskampagnen zu Vorurteilen gegenüber der Elektromobilität 	Gemeinde / Beratungsunternehmen Gemeinde / Energieversorger Gemeinde / Beratungsunternehmen	fortlaufend ab 1. Halbjahr 2025 fortlaufend	
8.	Carsharing <ul style="list-style-type: none"> • Umfragen und Informationsveranstaltungen zur Bedarfsermittlung organisieren • Carsharing Angebot schaffen 	Gemeinde / Beratungsunternehmen Gemeinde / Carsharing-Anbieter	1. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025	
9.	Radverkehr <ul style="list-style-type: none"> • Ausbau und Beleuchtung von Radwegen, die in und aus dem Quartier führen • Aufbauen eines örtlichen E-Bike-Sharing Angebotes • Serviceangebot für Fahrräder schaffen (Reparatur- und Luftpumpstationen) • Errichten von Abstellmöglichkeiten für Fahrräder an zentralen Orten 	Gemeinde / Bauunternehmen Gemeinde / E-Bike-Anbieter Gemeinde / lokale Unternehmen Gemeinde / Bauunternehmen	1. Halbjahr 2027 1. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026	

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>
- Ariadne-Report. (2021). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich gerechnet*. Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung . Von https://ariadneprojekt.de/media/2021/10/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_Kapitel3_Waermewende.pdf abgerufen
- BAFA. (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_waermetze/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
- BMKW. (14. Juli 2022). *65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6. Von https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6 abgerufen
- BMWi. (2021). *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*.
- BMWK. (2023). *Bundesministerium für Wirtschaft und Klima*. Von Photovoltaik Strategie: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=6 abgerufen
- BNetzA. (24. März 2023). *Marktstammdatenregister*. Von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Startseite/> abgerufen
- Böhm, T. d. (2022). Von <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/421/644> abgerufen
- Bundesamt für Naturschutz . (kein Datum). *Schutzgebiete Deutschland - Kartenanwendung*. 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

- C.A.R.M.E.N e.V. (30. Juli 2022). EEG 2023: Neue Vergütungssätze für Photovoltaik gelten ab 30. Juli 2022. Abgerufen am 5. August 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/08/02/eeg-2023-neue-verguetungssaetze-fuer-photovoltaik-gelten-ab-30-juli-2022/>
- C.A.R.M.E.N e.V. (2022). Heizungsmodernisierung - ein Kostenvergleich. Abgerufen am 10. Juni 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2022/03/20/heizungsmodernisierung-im-einfamilienhaus-ein-kostenvergleich/>
- 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
- Digitaler Atlas 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
- Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH. (2016). *PRAXISLEITFADEN NAHWÄRME*. Kaiserslautern.
- Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 28. Juli 2022. (28. 06 2022).
- Fraunhofer ISE. (14. Februar 2020). PVT - Status Quo für den Anwendermarkt. Abgerufen am 2. August 2022 von https://www.getec-freiburg.de/fileadmin/content/GETEC/PDF_Dokumente/Vortraege_2020/FR_PVT_KramerK_final_V2.pdf
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. (2022). *Neuere Plug-in Hybridfahrzeuge weichen beim Kraftstoffverbrauch noch stärker von Testzyklen ab als frühere Modelle*. Von <https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2022/presseinfo-16-Kraftstoffverbrauch-Plug-in-Hybridfahrzeuge.html> abgerufen
- Frischknecht, R. e. (2012). Primärenergiefaktoren von Energiesystemen.
- GEG. (2022). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)*.
- GR Zwo Planungsbüro Camilla Grätsch – Sönke Groth GbR. (2018). *Ortsentwicklung Schaalby Abschlussbericht*.
- ifeu. (2014). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg.
- 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 abgerufen
- Meteonorm. (2024). <https://meteonorm.com/meteonorm-version-8>.

- MIKWS. (2024). *Karte Potenzialfläche Windenergie SH*. Von https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/energie/windenergie-raeumliche-steuerung/Downloads/karte_potenzialflaechen abgerufen
- Ministerium für Energiewende, Landschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. (2024). *Digitaler Atlas Nord Schleswig-Holstein* . Von Themenportale (DANord): <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/appuebersicht/index.html?lang=de> abgerufen
- Ministerium für Inneres, I. R. (2022). *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II. Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. Von https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung_raumordnung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene_wind/fh_teilfortschreibung_lep_wind_RP2.html#doc81d469bb-9c93-438e-aa36-fd73d7750240bodyText2 abgerufen
- Ministerium für Inneres, I. R.-H. (kein Datum). *Regionalplans für den Planungsraum II in Schleswig-Holstein Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*.
- Ministerium für Umwelt, K. u.-W. (2019). *Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden*. Stuttgart.
- Ministeriums für Inneres, I. R. (01. 09 2021). *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich*. Von Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich. Gemeinsamer Beratungserlass des Ministeriums für Inneres, ländliche Räume, Integration und Gleichstellung und des Ministeriums für Energie, Landwirtschaft, Umwelt Natur und abgerufen
- NAH.SH GmbH. (2024). *SMILE24*. Von <https://smile24.nah.sh/> abgerufen
- 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/>
- Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2022). *Statistikamt Nord*. Von <https://region.statistik-nord.de/detail/0000000010000000000/1/352/1139/> abgerufen
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. (2023). *Satistik Nord*. Von <https://region.statistik-nord.de/detail/0010000000000000000/1/352/1139/> abgerufen
- TGA-Praxis. (12. Mai 2022). *PVT-Wärmepumpensysteme für Mehrfamilienhäuser*. Abgerufen am 2. August 2022 von https://www.tga-praxis.de/sites/default/files/public/data-fachartikel/MGT_2022_05_PVT-Waermepumpensysteme-_fuer-Mehrfamilienhaeuser_12-15.pdf
- UBA. (November 2021). *Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland*. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>
- Uhland, T. S. (2020). *energieagentur-suedwest*. Von https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020_05_solar_cluster_bw__pv-netzwerk_photovoltaik_in_kommunen_-_broschuere_online_final.pdf abgerufen

- Umweltbundesamt. (3. März 2021). Radverkehr. Abgerufen am 7. Juli 2022 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#vorteile-des-fahrradfahrens>
- Umweltbundesamt. (2022). *CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe*. Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_28-2022_emissionsfaktoren-brennstoffe_bf.pdf abgerufen
- Umweltbundesamt. (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 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.