

Quartierskonzept Gemeinde Achtrup

Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes

Achtrup

Im Auftrag von: **Gemeinde Achtrup**

Ansprechpartner_in: Norbert Nielsen, Bürgermeister der Gemeinde Achtrup

Auftragnehmer_in: EcoWert 360° GmbH
Lise-Meitner-Straße 29, 24941 Flensburg

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

PLAN-G
An de Diek 6d, 24855 Bollingstedt

Bearbeitung: Dipl. Ing. Ralf Schobries

ProRegion GmbH
Lise-Meitner-Straße 29, 24941 Flensburg

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

Stand: 05.05.2025

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

Gefördert durch:



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

Aufgrund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages

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

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	8
KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung	10
1 Zusammenfassung	11
2 Einführung	12
2.1 Das Quartier Ortskern Achtrup	12
2.2 Bestandsaufnahme der Gemeinde Achtrup	13
2.2.1 Ortsbildprägende Architektur	13
2.2.2 Verkehrssituation und Mobilität	15
2.2.3 Überörtliche und örtliche Schutzgebiete	16
2.2.4 Ortsbildprägende Freiräume	17
2.2.5 Wasser	18
2.2.6 Klimaanpassungsmaßnahmen.....	19
2.3 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte.....	20
2.3.1 Flächennutzungsplan.....	20
2.3.2 Bebauungspläne	21
2.4 Methodik und Vorgehensweise	25
2.5 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligungsprozess.....	26
3 Energetische Ausgangssituation im Quartier	28
3.1 Datenquellen und Datengüte	28
3.2 Bestandsaufnahme: Gebäudebestand	29
3.2.1 Wohngebäude	30
3.2.2 Öffentliche Liegenschaften.....	30
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.....	30
3.3 Bestandsaufnahme: Heizungsbestand	30
3.4 Bestandsaufnahme: Endenergiebedarf.....	31
3.4.1 Wärme	31
3.4.2 Strom	32
3.4.3 Mobilität.....	33
3.5 Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	34
3.5.1 Energie- Und CO ₂ -Bilanz Wärme	35
3.5.2 Energie- und CO ₂ -Bilanz Strom.....	37
3.5.3 Energie- Und CO ₂ -Bilanz Mobilität	38
4 Energie- und CO₂-Minderungspotenziale	40

4.1	Potenziale für erneuerbare elektrische Energien.....	41
4.1.1	Wind	41
4.1.2	Photovoltaik	43
4.1.3	Biogas	48
4.2	Potenziale für erneuerbare thermische Energie	50
4.2.1	Luft-Wärmepumpe	50
4.2.2	Geothermie	51
4.2.3	Grundwasser-Wärmepumpe.....	53
4.2.4	Abwärme-Wärmepumpe.....	54
4.2.5	Biomasse.....	54
4.2.6	Biomethan Blockheizkraftwerk	54
4.2.7	Solarthermie	55
4.2.8	Photovoltaisch-Thermische Kollektoren	55
4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	56
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG.....	57
4.3.2	Mustersanierungen	59
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen.....	65
4.4.1	Vollkostenvergleich	67
4.4.2	Emissionen dezentraler Wärmeversorgungs-lösungen.....	69
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung	70
4.5.1	Wärmenetz	70
4.5.2	Erzeugungskonzepte	71
4.5.3	Fördermöglichkeiten	75
4.5.4	Wirtschaftlichkeitsberechnung	76
4.5.5	Klimaverträglichkeit.....	81
4.5.6	Mögliche Betreibermodelle.....	84
4.6	Mobilität	86
4.6.1	Individueller Personenkraftverkehr	86
4.6.2	Auswertung der Umfrage	87
4.6.3	Carsharing.....	88
4.6.4	Unterstützung des Radverkehrs	92
4.6.5	Errichten öffentlicher Ladestationen	93
4.6.6	Öffentlicher Personennahverkehr.....	94
5	Umsetzung.....	95
5.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	95
5.1.1	Aufklärung und Unterstützung der Bewohner_innen.....	95

5.1.2	Unterstützung der Energieversorger.....	96
5.1.3	Bausteine der Öffentlichkeitsarbeit	96
5.2	Controlling-Konzept.....	97
5.2.1	Gebäudesanierung & Heizungs austausch	98
5.2.2	Wärmenetz	98
5.2.3	Strom	98
5.2.4	Mobilität	98
5.3	Umsetzungshemmnisse	99
5.3.1	Energetische Sanierung	99
5.3.2	Wärmenetz.....	100
5.3.3	Strom	101
5.3.4	Mobilität	102
5.3.5	Allgemeine Hemmnisse	102
5.4	Sanierungsmanagement.....	103
5.5	Umsetzungsplan	104
6	Literaturverzeichnis.....	107

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Das Quartier Ortskern Achtrup im Gemeindegebiet Achtrup.....	12
Abbildung 2-2:	Mühle Jenny	14
Abbildung 2-3:	Martin-Luther-Kirche Achtrup	14
Abbildung 2-4:	Lage der Bushaltestellen	15
Abbildung 2-5:	Lage der Verbundachsen des Biotopverbundsystems.....	16
Abbildung 2-6:	Wald- und Gehölzflächen in Schleswig-Holstein	17
Abbildung 2-7:	Ausschnitt Bodenübersichtskarte 1:250.000	17
Abbildung 2-8:	Lage der Gewässer um das Quartier	19
Abbildung 2-9:	Ausschnitt des Quartiers aus dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Achtrup	20
Abbildung 2-10:	Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung,	25
Abbildung 2-11:	Workshop vom 22.01.2025 - Station „Wärmeversorgung“	26
Abbildung 3-1:	Lage des Bestandswärmenetzes im Quartier	31
Abbildung 3-2:	Wärmelastgang Quartier Achtrup	32
Abbildung 3-3:	Stromlastgang Achtrup.....	32
Abbildung 3-4:	Energiebilanz	35
Abbildung 3-5:	CO ₂ -Bilanz	35
Abbildung 3-6:	Wärmeatlas Quartier Achtrup.....	36
Abbildung 3-7:	Primärenergiebedarf	39
Abbildung 3-8:	Emissionen.....	39
Abbildung 4-1:	Übersicht Maßnahmen Energieeinsparung.....	40
Abbildung 4-2:	Übersicht Maßnahmen CO ₂ -Einsparung.....	41
Abbildung 4-3:	Überlagerung „Karte Potenzialflächen Windenergie SH“ mit Bing Kartenausschnitt	42
Abbildung 4-4:	Entfernung zwischen Wärmezentrale und nächstgelegener Windkraftanlage	42
Abbildung 4-5:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach.....	43
Abbildung 4-6:	Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße	44
Abbildung 4-7:	Tägliche Stromproduktion durch PV-Dachanlagen im Gemeindegebiet	45
Abbildung 4-8:	Solardachkataster Quartier Achtrup	48
Abbildung 4-9:	Lage der Biogasanlagen im Gemeindegebiet	50
Abbildung 4-10:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur	51
Abbildung 4-11:	Potenzial oberflächennaher Geothermie	52
Abbildung 4-12:	Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten	53
Abbildung 4-13:	Förderübersicht Heizungstausch und Einzelmaßnahmen	58
Abbildung 4-14:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme	68
Abbildung 4-15:	Potenzielle Erweiterungsgebiete des Bestandswärmenetzes.....	71
Abbildung 4-16:	Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios.....	72
Abbildung 4-17:	Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios.....	73
Abbildung 4-18:	Konzeptskizze des dritten Erzeugungsszenarios	74
Abbildung 4-19:	Wärmegestehungskosten der Versorgungsszenarien.....	80
Abbildung 4-20:	Entwicklung der PKW-CO ₂ -Emissionen bis zum Jahr 2050.....	87
Abbildung 4-21:	Verteilung der Fahrzeuganzahl in den Haushalten der Umfrageteilnehmer	87

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1:	Abgleich der Berichtsinhalte mit den Anforderungen der KfW	10
Tabelle 2-1:	Öffentlichkeitsveranstaltungen – Termine.....	27
Tabelle 3-1:	Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren	28
Tabelle 3-2:	Datengüte des Endergebnisses für kommunale Energiebilanzen nach ifeu- Empfehlung (ifeu, 2014).....	28
Tabelle 3-3:	Datengüte des erfassten Endenergieverbrauchs, eigene Darstellung nach (ifeu, 2014).....	29
Tabelle 3-4:	Gebäudebestand im Quartier Achtrup nach Baualtersklassen	29
Tabelle 3-5:	Gebäudebestand in Achtrup laut Zensus 2022 (Destatis, 2022).....	29
Tabelle 3-6:	Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert (BMW, 2021).....	30
Tabelle 3-7:	Heizungsbestand Quartier.....	30
Tabelle 3-8:	Wärmebedarf nach Liegenschaften	31
Tabelle 3-9:	Personenkraftwagen der Gemeinde und des Ortskerns Achtrup nach Brennstofftyp	33
Tabelle 3-10:	Spezifische Energieverbräuche von Personenkraftwagen nach Brennstofftyp	33
Tabelle 3-11:	Jährliche Gesamtfahrleistung und jährlicher Energieverbrauch	34
Tabelle 3-12:	Gesamtendenergie- und CO ₂ -Bilanz	34
Tabelle 3-13:	Verwendete CO ₂ -Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)	36
Tabelle 3-14:	Endenergie- und CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger	37
Tabelle 3-15:	Energiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchssektoren.....	37
Tabelle 3-16:	Energie- und CO ₂ -Bilanz der Stromversorgung	38
Tabelle 3-17:	Regenerative elektrische Erzeugungsleistung im Gemeindegebiet Achtrups.....	38
Tabelle 3-18:	Verwendete Emissions- und Primärenergiefaktoren (BAFA, 2021) (Frisknecht, 2012).....	38
Tabelle 3-19:	CO ₂ -Emissionen und Primärenergieverbrauch des Mobilitätssektors	39
Tabelle 4-1:	Vergütungssätze im Marktprämienmodell für PV-Dachanlagen in ct/kWh.....	44
Tabelle 4-2:	PV-Auslegungsvarianten für verschiedene Dachausrichtungen	47
Tabelle 4-3:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate	57
Tabelle 4-4:	Grunddaten – Lecker Str. 5.....	60
Tabelle 4-5:	Zusammenfassung der Mustersanierung Lecker Str. 5	61
Tabelle 4-6:	Grunddaten – Westertoft 8.....	61
Tabelle 4-7:	Zusammenfassung der Mustersanierung Westertoft 8	63
Tabelle 4-8:	Grunddaten – Gärtnerestr. 3	64
Tabelle 4-9:	Zusammenfassung der Mustersanierung Gärtnerestr. 3	65
Tabelle 4-10:	Simulationsergebnisse PV-Anlage Gärtnerestr. 3.....	65
Tabelle 4-11:	Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme	67
Tabelle 4-12:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen der individuellen Lösungen	69
Tabelle 4-13:	Leistungen der Wärmeerzeuger zur Versorgung des Bestandwärmenetzes	70
Tabelle 4-14:	Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	77
Tabelle 4-15:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1	78
Tabelle 4-16:	Investitionskosten Direktleitung Windkraft	78
Tabelle 4-17:	Jährlicher Energiebezug – Sz.1	78
Tabelle 4-18:	Jährliche Betriebskostenförderung der Wärmepumpe– Sz.1	78
Tabelle 4-19:	Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.2	79
Tabelle 4-20:	Jährlicher Energiebezug – Sz.2	79

Tabelle 4-21:	Jährliche Bedarfskosten der Konzepte	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tabelle 4-22:	CO ₂ -Emission für die erzeugte Wärme	82
Tabelle 4-23:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz	82
Tabelle 4-24:	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	83
Tabelle 4-25:	Interesse an Elektrofahrzeugen.....	88
Tabelle 4-26:	Durchschnittliche jährliche Betriebskosten eines Dörpsmobil	91
Tabelle 4-27:	Durchschnittliche jährliche Einnahmen eines Dörpsmobil	91
Tabelle 4-28:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021).....	94
Tabelle 5-1:	Umsetzungsplan - Wärme	104
Tabelle 5-2:	Umsetzungsplan - Strom	105
Tabelle 5-3:	Umsetzungsplan - Mobilität & Städteplanung	106

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	Bundesförderung 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
ct	Cent
DN	Diamètre Nominal (Nenndurchmesser)
E	Elektro
e.V.	Eingetragener Verein
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetzes
EFH	Einfamilienhaus
el.	elektrisch
EM	Einzelmaßnahme
Eng.	Engineering
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
LEP	Landesentwicklungsplan
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
max.	maximal
min.	minimal
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
MWp	Megawatt peak
MWth	Megawatt thermisch
N₂O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
NHN	Normalhöhen Null
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
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 4
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
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	3.4.3, 4.6
Identifikation von alternativen, effizienten und gegebenenfalls erneuerbaren lokalen oder regionalen Energieversorgungsoptionen und deren Energieeinspar- und Klimaschutzpotenziale für das Quartier	4
Bestandsaufnahme von Grünflächen, Retentionsflächen, Beachtung von naturschutzfachlichen Zielstellungen und der vorhandenen natürlichen Kühlungsfunktion der Böden	2 und 4
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	3.5 und 4
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	1, 2.1 und 4.5.5
konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	5.5
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	5.3
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	4.5.4
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte	2.5, 5.1 und 5.5
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	5
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	5.2

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung des Quartiers Achtrup 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. 11,39 GWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 1,65 GWh pro Jahr erfasst.

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

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

Durch die Sanierung des Gebäudebestandes als Energieeffizienzmaßnahme können Emissionen auf der Verbrauchsseite reduziert werden. Auch auf der Erzeugungsseite können durch Sektorenkopplung Energie- und CO₂-Minderungspotenziale erschlossen werden. Durch die Nutzung der vorhandenen Potenziale im Bereich der regenerativen Stromerzeugung kann kostengünstiger Strom für eine CO₂-neutrale Stromversorgung bereitgestellt werden.

Im Bereich der Wärmeversorgung ist die Gemeinde Achtrup durch das bestehende Bestandwärmenetz bereits umwelttechnisch gut positioniert. Allerdings behindern Schwierigkeiten im Netzausbau die Erschließung von Erweiterungsgebieten, sodass das restliche Quartier angehalten ist, eigene emissionsarme und dezentrale Wärmeversorgungslösungen zu implementieren. Die in der Studie präsentierten Handlungsoptionen zeigen diesen Haushalten Möglichkeiten zur weiteren Reduktion des CO₂-Ausstoßes. So können Gebäude im Bereich außerhalb des Wärmenetzes, die über eine entsprechende Dämmung verfügen, mit den vorgestellten Heizsystemen ausgestattet werden. Das primäre Hemmnis für die Umsetzung dieser Maßnahmen besteht jedoch in den derzeit hohen Kosten.

Die Studie zeigt: Achtrup hat das Potenzial auf dem Weg der Dekarbonisierung voranzugehen. Dieses Potenzial kann schon heute, etwa durch Sanierungsmaßnahmen oder die nachhaltige Ausgestaltung des bestehenden Wärmenetzes, etwa durch die Einbindung oder Neuerrichtung regenerativer Anlagen, realisiert werden.

2 EINFÜHRUNG

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

2.1 DAS QUARTIER ORTSKERN ACHTRUP

Die Gemeinde Achtrup liegt im Kreis Nordfriesland in Schleswig-Holstein. Sie gehört zum Amt Südtondern, das aus 30 Gemeinden besteht. Die Gemeinde hat eine Fläche von 29,9 km² und ist Heimat für 1.553 Bürger_innen (Statistikamt Nord, 2024). Das Gemeindegebiet von Achtrup erstreckt sich im Bereich der naturräumlichen Haupteinheit Lecker Geest. Die Gemeinde befindet sich etwa sechzehn Kilometer östlich von Niebüll und etwa 30 Kilometer westlich von Flensburg. Die Lage und die Grenzen des Quartiers Ortskern Achtrup sind in Abbildung 2-1 dargestellt.



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

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Ortskern von Achtrup und ist städtebaulich geprägt durch Einfamilienhäuser sowie mehrere landwirtschaftliche Betriebe. Im Ortszentrum gibt es außerdem mehrere Gewerbe- und Einzelhandelsbetriebe. Die Gemeinde verfügt über einen Kindergarten und eine Kirche im Quartier sowie eine Gaststätte, die sich nördlich am Dorfrand befindet

ZIELSETZUNG

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

Das Quartierskonzept umfasst die Bausteine Ist-Analyse, Potenzialanalyse, Energie- und CO₂-Bilanz sowie einen Maßnahmenkatalog und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der zu entwickelnden Sanierungsmaßnahmen sowie insbesondere einen im Dialog mit den Einwohner_innen des Quartiers durchgeführten Untersuchungsprozess.

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

Angesichts des Bestrebens, bis 2045 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu realisieren, stellt die Modernisierung und Optimierung der Wärmeversorgung eine zentrale Herausforderung dar. Die bestehende Infrastruktur bietet zahlreiche Ansatzpunkte, um den Energieverbrauch zu senken und den Einsatz erneuerbarer Energiequellen zu intensivieren.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Gebäudesanierung, da die vorhandene Baustruktur erhebliche Potenziale zur Energieeinsparung aufweist. Um die ambitionierten Zielvorgaben zu erreichen, ist es in Achtrup erforderlich, den Sanierungsprozess zeitnah einzuleiten.

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

2.2 BESTANDSAUFNAHME DER GEMEINDE ACHTRUP

Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurde in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Pro Regione GmbH eine umfassende Bestandsaufnahme sowie eine Analyse vorhandener stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftlicher Konzepte durchgeführt (vgl. Abschnitt 2.3). Ziel war es, die gegenwärtige Situation in verschiedenen relevanten Bereichen zu erfassen und zu bewerten. Die Bestandsaufnahme umfasste dabei unter anderem die Analyse der Siedlungsstruktur, die Erfassung ortsbildprägender Architektur, die Verkehrssituation bzw. das Mobilitätsverhalten, örtliche und überörtliche Schutzgebiete sowie die Analyse von ortsbildprägenden Freiräumen und der Wasserwirtschaft.

2.2.1 ORTSBILDPRÄGENDE ARCHITEKTUR

Das Ortsbild von Achtrup wird maßgeblich von historischen Gebäuden geprägt, zu denen auch die im Jahr 1889 erbaute Windmühle Jenny zählt. Bei dem Bauwerk handelt es sich um einen sogenannten Kellerholländer. Das Bauwerk ist mit Segelflügeln und einer Windrose ausgestattet, ist jedoch nicht mehr funktionsfähig. Die Mühle Jenny repräsentiert nicht nur ein imposantes Bauwerk, sondern

fungiert seit 1984 auch als "Kinderhaus zur Mühle". Die Kinder und Jugendlichen sind im angrenzenden, ebenfalls unter Denkmalschutz stehenden Müllerhaus untergebracht. Die folgende Abbildung zeigt die Mühle.



Abbildung 2-2: Mühle Jenny (sh:z, 2012)

Das Herrenhaus Gut Lütjenhorn, ein eingeschossiger Backsteinbau aus dem Jahr 1762, besticht durch eine beeindruckende Rokoko-Tür, die ein besonderes architektonisches Highlight darstellt.

Ein weiteres bemerkenswertes Gebäude ist das Geesthardenhaus aus dem Jahr 1835. Dieser langgestreckte Ziegelbau mit einem reetgedeckten Halbwalmdach und einem charakteristischen Backengiebel vereint Wohn- und Wirtschaftsräume. Der Wirtschaftsteil zeichnet sich durch eine Lootor und eine Boostür aus, welche typische Merkmale dieser Bauweise sind.

Im Plangebiet sind keine Gründächer auf den Luftbildern erkennbar. Die Dächer im Quartier sind überwiegend in anthrazit bis schwarz gehalten, es finden sich jedoch auch rote bis braune Dachbedeckungen. Mehrere Gebäude, darunter Wohnhäuser und Höfe, sind mit Solaranlagen ausgestattet. Einige Häuser fallen durch ihre traditionellen Reetdächer auf und unterstreichen den regionalen Charakter der Bebauung.

Im Kirchweg steht die Martin-Luther Kirche der Gemeinde Achtrup. Der Glockenturm steht einzeln vor dem eigentlichen Kirchengebäude.



Abbildung 2-3: Martin-Luther-Kirche Achtrup (Kirchengemeinde Leck, kein Datum)

2.2.2 VERKEHRSSITUATION UND MOBILITÄT

Im Rahmen des Quartierskonzepts wurden verschiedene Fahrziele identifiziert, die für die Bewohner von Bedeutung sind. Dazu zählen insbesondere Bildungseinrichtungen, religiöse Stätten, medizinische Versorgung und Einkaufsmöglichkeiten.

Bildungseinrichtungen

Für die schulische Bildung stehen mehrere Grund- und weiterführende Schulen zur Verfügung. Der evangelische Kindergarten Achtrup sowie Krippen und Kindergärten in Leck bieten Betreuung für jüngere Kinder. Grundschüler können die Grundschule Achtrup oder die Grundschule an der Linde in Leck/Enge-Sande besuchen. Für weiterführende Bildung stehen die Gemeinschaftsschule an der Lecker Au, die dänische Schule Læk Danske Skole und das Gymnasium Friedrich-Paulsen-Schule in Niebüll zur Verfügung.

Kirchliche Einrichtungen

Die evangelische Martin-Luther-Kirche ist das religiöse Zentrum der Gemeinde Achtrup.

Medizinische Versorgung

Die medizinische Grundversorgung wird durch einen Facharzt für Allgemeinmedizin vor Ort sichergestellt. Ergänzend bietet der DRK-Verein Achtrup Unterstützung an. Für spezialisierte Behandlungen stehen Ärzte verschiedener Fachrichtungen in der nahegelegenen Gemeinde Leck zur Verfügung.

Einkaufs- und Einkehrmöglichkeiten

Im Landgasthof Achtruper Stuben können sich Einheimische und Gäste bewirten lassen. Darüber hinaus bieten Leck und seine Umgebung zahlreiche Einkaufs- und Einkehrmöglichkeiten.

Mobilität und Nahverkehr

Die Mobilität innerhalb und außerhalb Achtrups wird durch ein gut ausgebautes Nahverkehrsnetz sowie verschiedene Mobilitätsangebote gewährleistet. Der Bürgerbus verbindet Achtrup nahezu stündlich mit Leck. Zusätzlich bietet der Fahrservice Schneider individuelle Transportmöglichkeiten. Für umweltfreundliche Fortbewegung gibt es in Achtrup und der Umgebung zahlreiche Rad- und Wanderwege.

Im Bereich Elektromobilität stehen Ladestationen an der Kreuzung Ladestraße/Ladelunderstraße in Achtrup sowie in Leck und Sprakebüll zur Verfügung. Die nächste Bahnstation befindet sich in Niebüll, etwa 16 Kilometer westlich von Achtrup (ChargeFinder, 2024). Von Leck aus bestehen regelmäßige überregionale Busverbindungen in Städte wie Niebüll, Husum und Flensburg.

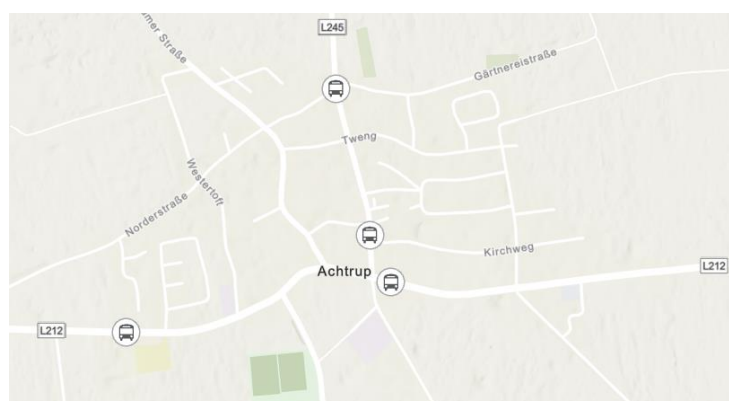


Abbildung 2-4: Lage der Bushaltestellen (Eigene Bearbeitung ArcGIS, Kartengrundlage: OpenStreetMap)

Nahverkehrsangebot

Das öffentliche Busnetz umfasst mehrere Linien:

- **Bus 115** verbindet Ladelund und Leck. Es verkehrt sowohl werktags als auch am Wochenende, wobei die Busse an Samstagen und Sonn- und Feiertagen alle zwei Stunden fahren.
- **Bus 116** fährt ausschließlich an Schultagen zwischen Bramstedtlund, Leck und Ladelund.
- **Bus 194** bedient die Strecke Niebüll – Kupfermühle ebenfalls an Schultagen.
- **Bus 196** verbindet Leck, Wallsbüll, Medelby und Ladelund an Schultagen.

Die wichtigsten Haltestellen in Achtrup sind die Achtruper Stuben, die Ladestraße und das Ehrenmal. Die Abfahrtszeiten variieren je nach Linie und Wochentag (Autokraft GmbH, 2024).

2.2.3 ÜBERÖRTLICHE UND ÖRTLICHE SCHUTZGEBIETE

Innerhalb der Gemeinde Achtrup liegen weder Schutzgebiete der Kategorie Natura-2000 noch Natur- oder Landschaftsschutzgebiete vor.

Biotopverbundsystem

Durch die Gemeinde verlaufen die Verbundsachsen „Zufluss der Brebeck bei Achtrup“ und „Brebeck“ (Abbildung 2-5).



Abbildung 2-5: Lage der Verbundachsen des Biotopverbundsystems (MEKUN SH, 2025)

Eine Verbundachse [hellgrün markiert] des landesweiten Biotopverbundsystems erstreckt sich östlich der Ortslage von Achtrup.

Wald

In der Umgebung des Quartiers Achtrup sind Waldflächen ausgebildet (Abbildung 2-6). Innerhalb der Ortslage gibt es eine Gehölzfläche. Die Wald- und Gehölzflächen dienen als Luftfilter bei der Bildung von Frischluft. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen der Niederung dienen der Kaltluftentstehung.



Abbildung 2-6: Wald- und Gehölzflächen in Schleswig-Holstein (MEKUN SH, 2025)

Boden

Die Geologische Karte weist für das Quartiersgebiet Geschiebelehm und -mergel aus dem Saale-Komplex aus. Entlang der nordöstlichen Quartiersgrenze finden sich fluviatile bis periglazial-fluviatile Sande (Talsande) aus der Weichsel-Kaltzeit.



Abbildung 2-7: Ausschnitt Bodenübersichtskarte 1:250.000 (MEKUN SH, 2025)

Aus dem Geschiebelehm haben sich die Bodentypen Braunerde (hellbraun), Pseudogley-Braunerde (braun) und Gley (blau) entwickelt, wie in Abbildung 2-7 dargestellt. Darüber hinaus sind in einigen Bereichen Plaggenesch-Böden als Begleitbodentyp aufgeführt.

Südöstlich angrenzend liegen Feuchtgebiete und Moore mit einer Mindestgröße von zwei Hektar, die zur Dauergrünlanderhaltungskulisse (DGLG) gehören.

2.2.4 ORTSBILDPRÄGENDE FREIRÄUME

Abgesehen von der Mühle Jenny bietet Achtrup seinen Bewohnern und Gästen eine malerische Umgebung mit kleinen Wäldern, Wiesen und Feldern in einer reichen Natur. Dies schafft ideale Bedingungen für Wanderungen, Fahrradtouren und Naturbeobachtungen.

Öffentliche Grünflächen

An der südwestlichen Quartiersgrenze südlich der Lecker Straße und östlich der Achtruper Mühle liegt der Friedhof der Gemeinde Achtrup. Er ist gekennzeichnet durch einen hohen Wasserbedarf im Sommer. Das Gelände fällt in südöstliche Richtung leicht ab.

In der Gemeinde Achtrup sind über das Gebiet drei Spielplätze verteilt. Die Spielplätze am Mühlenberg, Birkenring und Süderlücke haben beide sowohl Sandflächen als auch Grünflächen.

Westlich der Straße Birkenring liegt die kleinere Parkanlage Birkenring. Abhängig von den Pflegemaßnahmen kann ein hoher Wasserbedarf im Sommer bestehen.

An der südlichen Grenze der Ortschaft liegen die Sportplätze der Gemeinde Achtrup. Auf dem Gelände des TSV Achtrup sind drei Fußballfelder unterschiedlicher Größe.

Mehrere Bebauungspläne haben öffentliche Grünflächen in den Plandarstellungen ausgewiesen.

Private Grünflächen

Die Gemeinde Achtrup ist neben den öffentlichen Grünflächen vor allem durch zahlreiche private Grünflächen geprägt. Diese umfassen sowohl Hausgärten als auch größere Grünflächen, die hauptsächlich der Beweidung dienen.

Entlang der Ladelunder Straße im Ortszentrum sowie westlich der Karlumer Straße befinden sich mehrere Grünflächen, von denen einige als Weideflächen genutzt werden. Nahezu jedes Haus in der Gemeinde verfügt über einen kleinen Garten, der das Ortsbild zusätzlich bereichert.

Ein weiteres markantes Element ist das Gelände der Reitgemeinschaft zur Achtruper Mühle. Dieses umfasst weitläufige Grünflächen, eine Weide sowie einen Reitplatz und trägt zur vielseitigen Nutzung der Grünflächen in der Gemeinde bei.

Dorfbild

Das Dorfbild wird neben dem hohen Bestand an Bäumen und Sträuchern sowie einzelnen landwirtschaftlichen Betrieben und anderen Unternehmen hauptsächlich durch Einfamilienhäuser geprägt. Die hohe Anzahl an Gärten verleiht der Gemeinde eine starke grüne Prägung.

2.2.5 WASSER

Innerhalb des zusammenhängend bebauten Bereichs zwischen der Lecker Straße und der Norderstraße/Gärtnerestraße sind keine Oberflächengewässer vorhanden. Allerdings befindet sich auf der Freifläche nördlich des Sportplatzes ein gesetzlich geschütztes Stillgewässer. Weitere Stillgewässer sind in den umliegenden Ackerflächen rund um das Quartier zu finden. Ab der Quartiersgrenze verlaufen zudem mehrere Gräben, die das Umland der Gemeinde Achtrup durchziehen.

Im Bebauungsplan Nr. 11 ist nördlich des Ahornweges eine Wasserfläche verzeichnet, die auch in Luftbildern sichtbar ist. Ob diese Fläche jedoch tatsächlich Wasser führt, ist auf den Aufnahmen nicht erkennbar.



Abbildung 2-8: Lage der Gewässer um das Quartier (DA Nord, 2024)

Der Wasser- und Bodenverband Achtrup betreut die umliegenden Gewässer.

Lage von Retentionsflächen

Die Retentionsräume in der Gemeinde Achtrup befinden sich auf verschiedenen Flächen, die in unterschiedlichen Bereichen des Ortes liegen. Dazu gehören Ackerflächen entlang der Gewässer, Sportplätze, Spielplätze sowie der Reitplatz. Nördlich der Ladestraße befindet sich eine Gehölzfläche, die ebenfalls als Retentionsraum dient. Darüber hinaus gehören unbebaute Grünlandflächen innerhalb des Ortes sowie Grünbereiche und Gärten innerhalb der Wohngebiete zu den Retentionsräumen. Zusätzlich sind Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft vorgesehen. Schließlich zählt auch die Anbauverbotszone entlang der Landesstraße 21 zu den Retentionsräumen in der Gemeinde.

2.2.6 KLIMAAANPASSUNGSMÄßNAHMEN

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

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

Zusätzliche Maßnahmen in Achtrup:

- Erhalt und Pflege der straßenbegleitenden Bäume
- Erhalt der Grünflächen im Quartier

2.3 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

Folgende kommunale Satzungen und Konzepte liegen der Planungsgruppe für das Quartier Achtrup vor (Amt Südtondern, kein Datum):

- Flächennutzungsplan
- Bebauungspläne

2.3.1 FLÄCHENNUTZUNGSPLAN

Der Flächennutzungsplan von Achtrup wird in Abbildung 2-9 dargestellt und zeigt eine detaillierte Aufteilung der Flächen im Ortskern die hauptsächlich für Wohnbau, gemischte Nutzungen, gewerbliche Zwecke und spezielle Sondernutzungen vorgesehen sind.

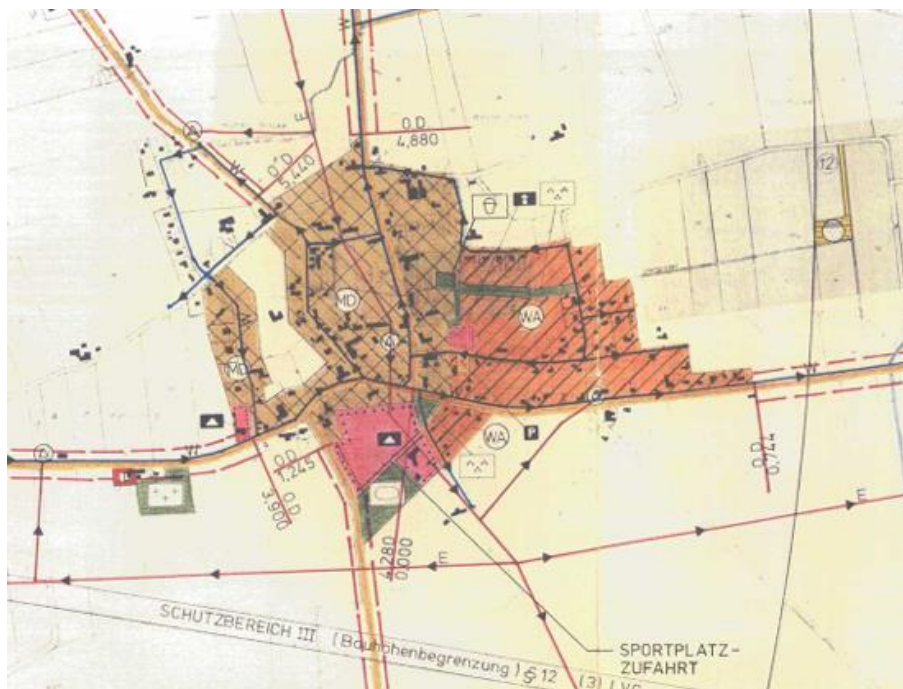


Abbildung 2-9: Ausschnitt des Quartiers aus dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Achtrup (1974)

Der Flächennutzungsplan (FNP) der Gemeinde Achtrup aus dem Jahr 1974 wurde insgesamt sechzehn Mal geändert. Innerhalb des Quartiers gab es folgende relevante Änderungen:

1. Änderung des FNP (1994):

- Nördlich der Straße „Tweng“ und östlich der Gärtnerestraße.
- „Mühlenberg“ zwischen der Lecker Straße (L212) und der Norderstraße.

2. Änderung des FNP (1998):

- Nordöstlich der Kreisstraße 101 und nördlich der Bebauung Norderstraße sowie westlich und südlich von landwirtschaftlich genutzten Flächen.
- Südlich der Lecker Straße und südwestlich sowie nördlich des Feuerwehrgerätehauses.

3. Änderung des FNP (2002):

- Südlich der Lecker Straße und östlich des Meierweges sowie der ehemaligen Meierei.
- Südlich der Lecker Straße und westlich der Bahnhofstraße.
- Westlich der Westertoft zwischen den Straßen Lecker Straße und Norderstraße.
- Westlich der Ortslage Achtrup südlich der Lecker Straße (L212).
- Südlich der Lecker Straße und westlich der Bahnhofstraße.

Neben der Definition der Flächennutzung gibt der Flächennutzungsplan auch Hinweise zur vorgesehenen Nutzung von Flächen für die Forstwirtschaft sowie zu Grünflächen im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung.

2.3.2 BEBAUUNGSPÄNE

Innerhalb des Quartiers „Achtrup“ bzw. in dessen Umfeld wurden folgende Bebauungspläne aufgestellt:

- Bebauungsplan Nr. 1 (1974):
 - Gebiet östlich der L245 zwischen Tweng und Kirchweg.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, Dorfgebiet, Straßenverkehrsfläche, Fläche für den Gemeindebedarf (Kirche)
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Grünflächen – Parkanlage
- Bebauungsplan Nr. 2 (1995):
 - Gebiet nördlich der Straße Tweng, östlich der Gärtnereistraße.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeine Wohnfläche, Straßenverkehrsfläche, Grünflächen, Spielplatz, Parkanlage
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Grundstückszufahrten, Stellplätze und Gehwege müssen wasserdurchlässig sein
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Zu pflanzende & erhaltende Bäume
- Bebauungsplan Nr. 3 (1997):
 - Gebiet südwestlich von Lütjenhorn, südlich der L212 und westlich der K103 Lütjenhorn - Sprakebüll.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Landwirtschaftliche Flächen, Windkraftanlagen (Zusatznutzung), Verkehrsfläche

- Bebauungsplan Nr. 4 (1998):
 - Gebiet im Norden, angrenzend an die Ortslage Achtrups, nordöstlich der Kreisstraße 101 (Karlumer Straße).
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, Straßenverkehrsfläche, öffentliche Grünfläche
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Anlage bzw. Ergänzung der Knicks
 - Gehölzanzpflanzungen

- Bebauungsplan Nr. 5 (1998):
 - Gebiet südlich der Lecker Straße und südwestlich und nördlich des Feuerwehrgerätehauses.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, Mischgebiet, Straßenverkehrsfläche, Wasserfläche, öffentliche Parkfläche
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Gehölzanzpflanzungen

- Bebauungsplan Nr. 6 (1999):
 - Gebiet südlich der Lecker Straße und östlich des Meierweges und der ehemaligen Meierei.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Mischgebiet, öffentliche Grünfläche, Straßenverkehrsfläche
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Gehölzanzpflanzungen

- Bebauungsplan Nr. 7 (2001):
 - Gebiet westlich der Ortslage Achtrups, nördlich der Lecker Straße und der Mühle, südlich der Norderstraße.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, öffentliche Grünfläche, Straßenverkehrsfläche, Fläche für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig, soweit sie dem Farbton der Dacheindeckung entsprechen
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Aufwertung bestehender Knicks
 - Gehölzanzpflanzungen
- Bebauungsplan Nr. 8 (2002):
 - Gebiet südlich des Bebauungsplans Nr. 7 und nördlich der Lecker Straße (L212).
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, öffentliche Grünfläche, Straßenverkehrsfläche, Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig, soweit sie dem Farbton der Dacheindeckung entsprechen
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Aufwertung bestehender Knicks
 - Gehölzanzpflanzungen
- Bebauungsplan Nr. 9 (2004):
 - Gebiet am östlichen Ortsrand, nördlich der Lecker Straße.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Mischgebiet, Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Gehölzanzpflanzungen
- Bebauungsplan Nr. 10 (2004):
 - Gebiet westlich der Ortslage Achtrups und südlich der Lecker Straße (L212) für den Bereich des „Kinderheim zur Mühle“.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Sonderbaufläche Kinderheim, Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Gehölzanzpflanzungen

- Bebauungsplan Nr. 11 (2007):
 - Gebiet westlich der Straße Westertoft und südlich der Norderstraße, nördlich der Lecker Straße.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, Straßenverkehrsfläche, Wasserfläche, Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur, Boden und Landschaft
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig, soweit nicht vermeidbar
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Aufwertung bestehender Knicks
 - Gehölzanpflanzungen
- Bebauungsplan Nr. 15 (2017):
 - Gebiet östlich angrenzend an das bestehende Baugebiet (B-Plan Nr. 11), nördlich der Lecker Straße, südlich der Norderstraße und westlich der Straße Westertoft.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, Straßenverkehrsflächen, Wasserfläche, private Grünfläche
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anwendung von alternativen Energien (z.B. Solarenergie) ist zulässig
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Vollversiegelung unzulässig
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Gehölzanpflanzungen
- Bebauungsplan Nr. 18 (2024):
 - Gebiet nördlich und östlich des Westertofts, südwestlich der Karlumer Straße und nordwestlich der Norderstraße.
 - Festgesetzte Nutzung:
 - Allgemeines Wohngebiet, Straßenverkehrsfläche
 - Aussagen zur Nutzung von Solar:
 - Anlagen zur Energiegewinnung (PV-Module, Solarkollektoren) sind zulässig
 - Aussagen zum Umgang mit Niederschlagswasser:
 - Stellplätze und Zufahrten teilversiegelt mit sickerfähiger Oberfläche
 - Niederschlagswasser kann als Brauchwasser genutzt werden
 - Niederschlagswasser muss auf dem eigenen Grundstück versickern/genutzt werden
 - Sonstige Klima und Natur schützende Festsetzungen:
 - Baumanpflanzungen
 - Kies-/Schottergärten und Kunstrasen sind unzulässig

2.4 METHODIK UND VORGEHENSWEISE

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

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

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

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

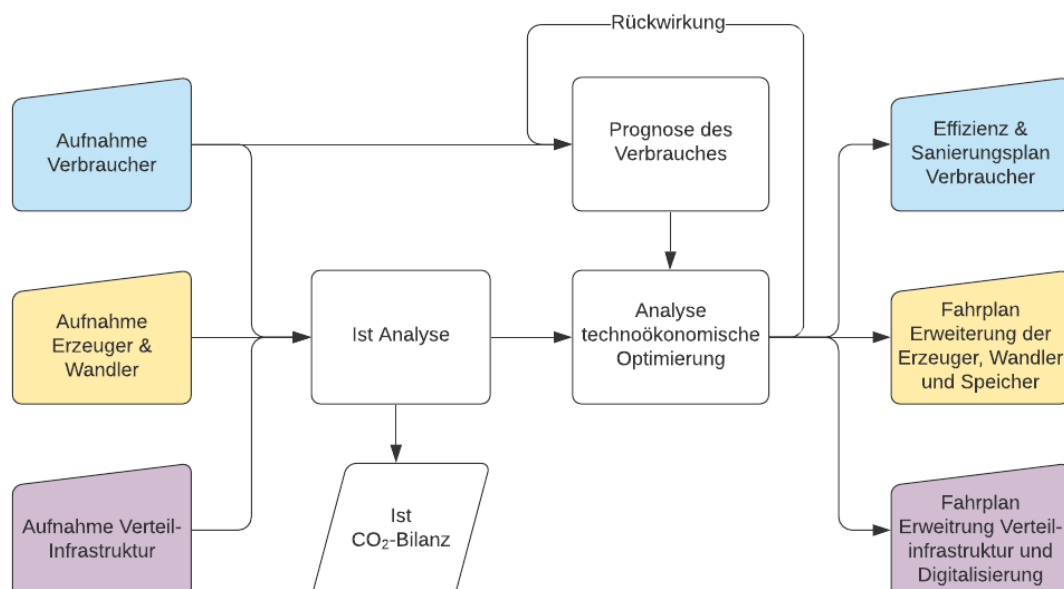


Abbildung 2-10: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, eigene Darstellung

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 22.05.2024 ein Informationsabend im Landgasthof Achtruper Stuben veranstaltet. Hier wurde den Bewohner_innen das Quartierskonzept nähergebracht und allgemein über das Konzept informiert. Auch erste Ergebnisse der Studie wurden präsentiert. Das für die Teilnehmenden wichtigste Thema stellte ein mögliches Wärmenetz und die Frage nach einem konkreten Zeitplan für die Umsetzung, sowie Kosten für einen Anschluss an ein solches Netz dar. Das Planungsteam, ebenso wie die Vertreter_innen der Gemeinde mussten an dieser Stelle etwas bremsen und für eine realistische Erwartungshaltung werben. Insgesamt war das Feedback dieser Veranstaltung positiv, mit einem Hinweis auf einen teilweise zu hohen Detaillierungsgrad für die Auftaktveranstaltung.

Am 22.01.2025 wurde eine weitere öffentliche Veranstaltung in Form eines Workshops abgehalten. Im Rahmen dessen bestand für die Anwohner_innen die Möglichkeit, Fragen, Anregungen und Bedenken zum Konzept sowie zu allen die Thematik betreffenden Bereichen einzubringen. Es fand ein direkter Austausch zwischen dem Planungsteam, der Lenkungsgruppe und den Anwohner_innen statt. Zu diesem Zweck wurden die Anwesenden in mehrere Gruppen aufgeteilt, die sich auf unterschiedliche Informationsstände verteilten. Durch die Rotation der Gruppen im Uhrzeigersinn wurde sichergestellt, dass jede Person Input von jedem Stand erhielt und die Möglichkeit hatte, Fragen zu jedem Thema zu stellen. Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft eine Aufnahme der Station "Wärmeversorgung" mit den Anmerkungen.

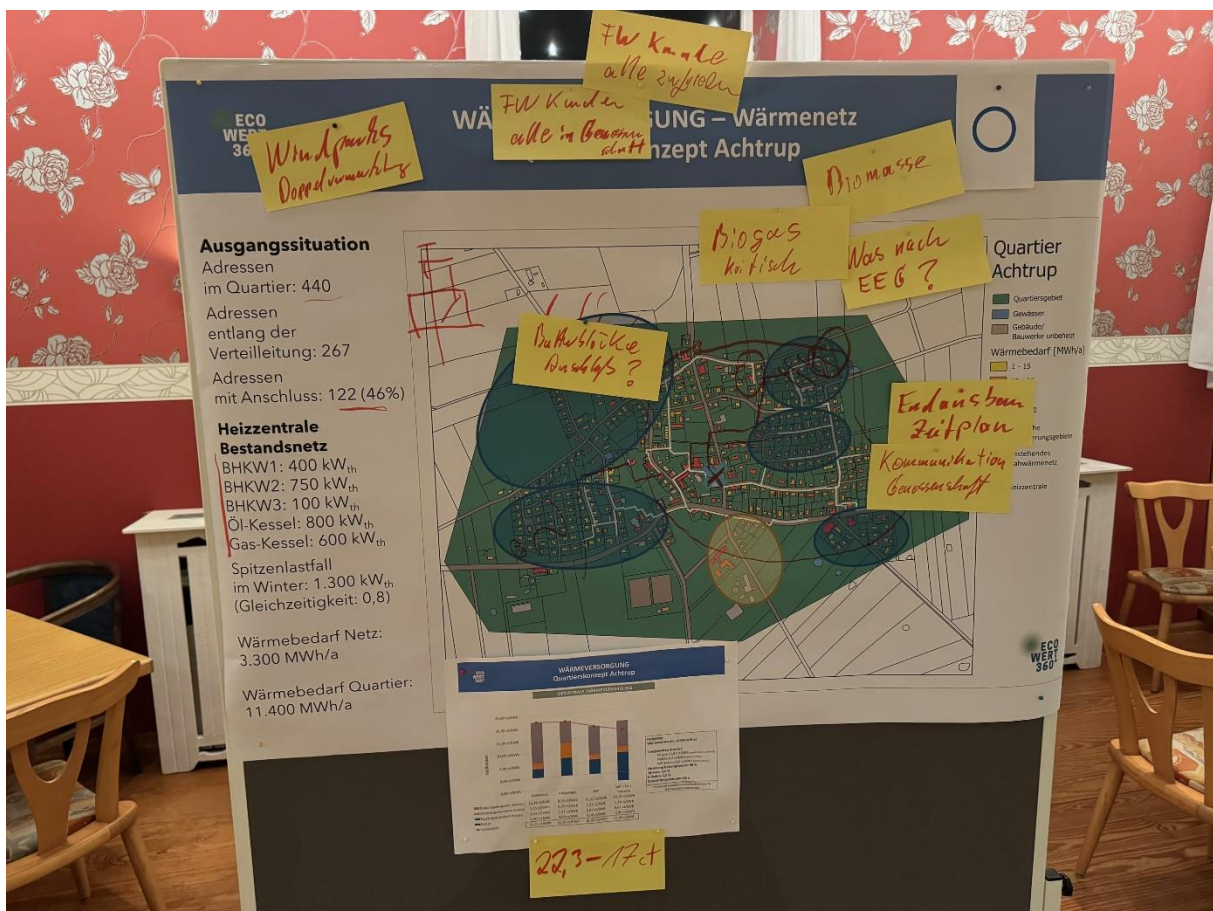


Abbildung 2-11: Workshop vom 22.01.2025 - Station „Wärmeversorgung“

Die Abschlussveranstaltung zum Quartiersbericht hat zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht stattgefunden, ist aber für das zweite Quartal 2025 vorgesehen. Hier werden die zentralen Erkenntnisse präsentiert, darunter Einsparpotenziale im Energiebereich, mögliche Sanierungsmaßnahmen sowie Optionen für eine zentrale Wärmeversorgung. Zudem wird über den aktuellen Stand der Umsetzung informiert. Die Teilnehmenden haben die Gelegenheit, Fragen zu stellen und sich über die nächsten Schritte im Umsetzungsprozess auszutauschen.

Tabelle 2-1: Öffentlichkeitsveranstaltungen – Termine

	Veranstaltung	Datum
1.	Kick-Off	11.03.2024
2.	Informations-Abend	22.05.2024
3.	Workshop	22.01.2025
4.	Abschlussveranstaltung	05.05.2025

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 Achtrup. Außerdem sollten Gebäudedaten, sowie Varianten der Heizungssysteme und Wärmeverbrauch abgefragt werden. Die Umfrage erfolgte im gesamten Quartier und wurde über Flyer durchgeführt, die an die Bewohner ausgeteilt wurden. Der Rücklauf ergab eine Beteiligung von ca. 16 %.

Landingpage

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

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 werden vier Güteklassen (A – D) unterschieden. Die Güteklassen sind wiederum mit Gewichtungsfaktoren belegt, welche gemeinsam mit dem Anteil am Gesamtenergieverbrauch eine Beurteilung der Aussagekraft der erhobenen Daten zulassen. In Achtrup wurde auf Grundlage der Güteklasse A und B gearbeitet. Regionale Kenndaten sind unter anderem in die Validierung von Hochrechnungen eingeflossen. Zur Datenerhebung wurde auch mit einer Fragebogenaktion gearbeitet.

In Tabelle 3-1 ist die Datengüte der jeweiligen Datenquelle für die Endenergieverbrauchsdaten für kommunale Energiebilanzen und die damit einhergehenden Gewichtungsfaktoren dargestellt. Die Gewichtungsfaktoren sind der Multiplikator in der Errechnung der Gesamtdatengüte. Der Gewichtungsfaktor wird mit dem prozentualen Anteil, welcher die erhobenen Daten an der Gesamtbilanz innehat, multipliziert.

Tabelle 3-1: Die Datengüte und ihre Gewichtungsfaktoren

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

Tabelle 3-2 zeigt die Bewertung der errechneten Datengüte. Diese wurde vom ifeu festgelegt, um eine Vergleichbarkeit der Qualität von Bilanzen in Quartierskonzepten zu erhalten. Eine Datengüte von 65 % und mehr stellt eine belastbare Bilanz dar.

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

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

Die berechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch im Quartier Achtrup beträgt 71,2 %. Die Berechnung der Datenqualität kann in Tabelle 3-3 nachvollzogen werden. Aus Tabelle 3-3 und der Auswertung in 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	B	0,5	7,1	3,6
Stromverbrauch zu Heizzwecken	SH-Netz	A	1	0,8	0,8
Erdgasverbrauch	SH-Netz	A	1	21,8	21,8
Heizölverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	15,8	7,9
Fernwärme (Biogas)	Primärdaten	A	1	16,9	16,9
Biomasseverbrauch	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	2,6	1,3
Kraftstoff / Strom	KBA / Hochrechnung	B	0,5	35,0	17,5
Gesamt				100	69,7

3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDEBESTAND

Die Erfassung des Gebäudebestandes erfolgte im Rahmen einer Ortsbegehung, bei der die Gebäude begutachtet und das Baualter anhand äußerer Merkmale abgeschätzt wurde. Der Gebäudebestand ist durch eine für den ländlichen Raum Schleswig-Holsteins typische Bebauung geprägt. Eine Betrachtung des Gebäudebestandes nach Baualtersklassen zeigt, dass Achtrup hinsichtlich des Gebäudealters ein Ortsteil jüngeren Alters ist. 25,3 % der Gebäude wurden bis 1970 errichtet. Ein Großteil der Gebäude (43,4 %) wurde nach 1990 errichtet. Insgesamt gibt es im Quartier 438 beheizte Gebäude.

Tabelle 3-4: Gebäudebestand im Quartier Achtrup nach Baualtersklassen

	Bis 1950	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2015	>2015
Anzahl	49	22	40	85	52	151	39
Anteil [%]	11,2	5,0	9,1	19,4	11,9	34,5	8,9

Im Vergleich zum Gebäudebestand in Achtrup weist der im Zensus 2022 erfasste Gebäudebestand in Achtrup einen höheren Anteil in den Baualtersklassen bis 1950 und 1970-1980 auf (vgl. Tabelle 3-5) (Destatis, 2022). Dies kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass hier nicht nur die Gebäude innerhalb des Quartiers erfasst wurden, sondern auch Gebäude im Gemeindegebiet außerhalb der Quartiersgrenzen. Des Weiteren sind mögliche Unschärfen ebenso im Zensus wie in der Bestimmung mittels Ortsbegehung denkbar.

Tabelle 3-5: Gebäudebestand in Achtrup laut Zensus 2022 (Destatis, 2022)

	Bis 1950	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2015	>2015
Anteil [%]	20,2	6,8	11,7	6,8	13,8	32,3	8,4

3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Achtrup befinden sich 417 Wohnhäuser. Dies entspricht ca. 95 % des beheizten Gebäudebestands. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Achtrup 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. 11 %.

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

Datenquelle	Verbrauch [kWh/m ² a]
Mittlerer spezifischer Wärmebedarf private Haushalte in DE	129
Durchschnittswert Achtrup	143

3.2.2 ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Im Quartier Achtrup befinden sich mehrere öffentliche Liegenschaften, wie die Kirche, die Feuerwehr, der Kindergarten, die Schule und die Sporthalle. Im Rahmen des Quartierskonzepts wurde in Absprache mit der Lenkungsgruppe keine öffentliche Liegenschaft hinsichtlich ihres Sanierungszustandes näher betrachtet.

3.2.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN

Im Ortskern von Achtrup befinden sich einige Gewerbebetriebe wie eine Gaststätte, ein Landmarkt und weitere.

3.3 BESTANDSAUFNAHME: HEIZUNGSBESTAND

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes wurden 64 % der Gebäude im Quartier primär auf Basis der fossilen Energieträger Öl und Gas beheizt (vgl. Tabelle 3-7). Aus den Daten des Schornsteinfegers und den Angaben der SH-Netz zum Stromverbrauch für Heizzwecke ergeben sich die in Tabelle 3-7 dargestellten Werte für die Anzahl der Feuerungsanlagen der primären Heizungsarten. Es zeigt sich, dass im Quartier Achtrup 183 der primären Heizungsanlagen mit Gas und 74 mit Öl betrieben werden. Mit Strom betriebene Anlagen (hier nur Wärmepumpen) gibt es 8 und mit Holz als Energieträger betriebene Primärheizungsanlagen sind 13 vorhanden. Zusätzlich werden in Achtrup bereits 121 Anschlussnehmer über das bestehende Wärmenetz versorgt. Differenzen zwischen der Anzahl der Heizungsanlagen und der Anzahl der Adressen ergeben sich durch die Versorgung mehrerer Adressen über eine gemeinsame Heizungsanlage.

Tabelle 3-7: Heizungsbestand Quartier

Heizungsart	Anlagenanzahl	Prozentualer Anteil Primärheizungen [%]
Fernwärme	121	30
Öl	74	19
Gas	183	46
Holz	13	3
Strom	8	2
Gesamt	399	100

Die Netzstruktur des Bestandswärmenetzes in Achtrup ist in Abbildung 3-1 dargestellt. Dieses wird bereits heute mit dem erneuerbaren Energieträger Biogas betrieben.



Abbildung 3-1: Lage des Bestandswärmenetzes im Quartier

3.4 BESTANDSAUFNAHME: ENDENERGIEBEDARF

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

3.4.1 WÄRME

Grundlage für das Quartierslastprofil Wärme bildet die ermittelte Wärmemenge, die jährlich in der gesamten Kerngemeinde benötigt wird. Diese setzt sich aus den unterschiedlichen Liegenschaften Wohngebäude, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie öffentliche Gebäude zusammen und beträgt in Summe ca. 11.388 MWh/a.

Tabelle 3-8: Wärmebedarf nach Liegenschaften

Liegenschaft	Anzahl	Nutzwärmebedarf [MWh/a]	Lastprofil
Wohngebäude	416	10.080	EFH/MFH
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	17	914	GHD
Öffentliche Gebäude	5	393	GKO
Summe	438	11.388	

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

- EFH/MFH: Einfamilienhaus / Mehrfamilienhaus
- GHD: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- GKO: Öffentliche Einrichtungen

Die Zuordnung der Lastprofile zu den entsprechenden Liegenschaften erfolgt auf Grundlage einer Empfehlung des Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW, 2006) und ist zusammen mit der dazugehörigen Wärmemenge in Tabelle 3-8 aufgeführt. Es ergibt sich der in Abbildung 3-2 dargestellte Wärmelastgang für das Quartier. Das Quartierslastprofil Wärme stellt den Status Quo dar und beinhaltet keine Wärmeverluste einer möglichen Nahwärmeversorgung. Abbildung 3-2 zeigt darüber hinaus, dass das Quartier eine Spitzenlast im Winter von ca. 4.000 kW hat.

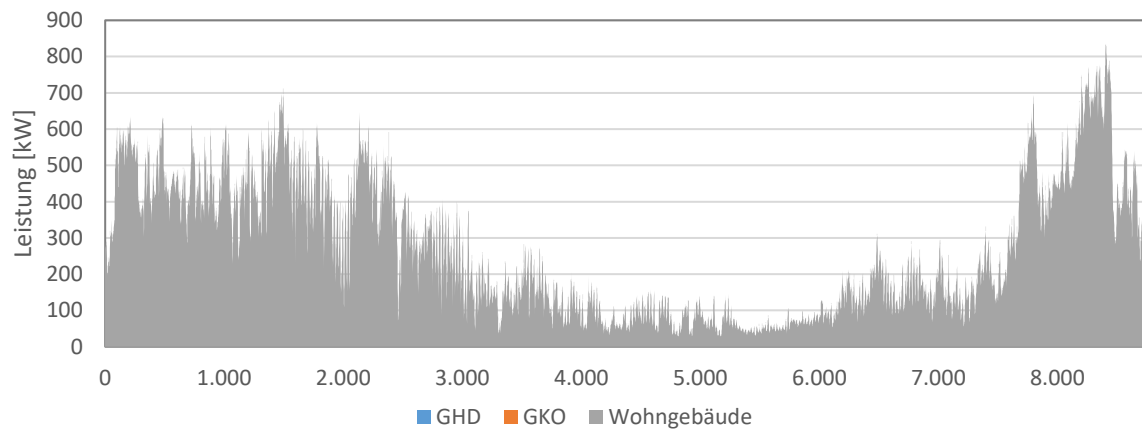


Abbildung 3-2: Wärmelastgang Quartier Achtrup

3.4.2 STROM

Analog zum Quartierslastprofil Wärme wird das Stromlastprofil aus der ermittelten Strommenge und den Standardlastprofilen Strom der VDEW (VDEW, 1999) erstellt. Der Strombedarf in Achtrup wurde mit ca. 1.648 MWh/a aus Hochrechnungen ermittelt, da Daten zum Stromverbrauch aus Datenschutzgründen nicht zugänglich sind. Es wurde eine Aufteilung des Strombedarfs der verschiedenen Liegenschaften in die Kategorien „öffentliche Gebäude“ und „Wohngebäude“ vorgenommen und durch den Strombedarf für Heizzwecke (mit Brauchwasserbereitung) ergänzt. Der berechnete Stromlastgang ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Die ermittelte maximale Leistung beträgt 384 kW, die minimale Leistung 62kW.

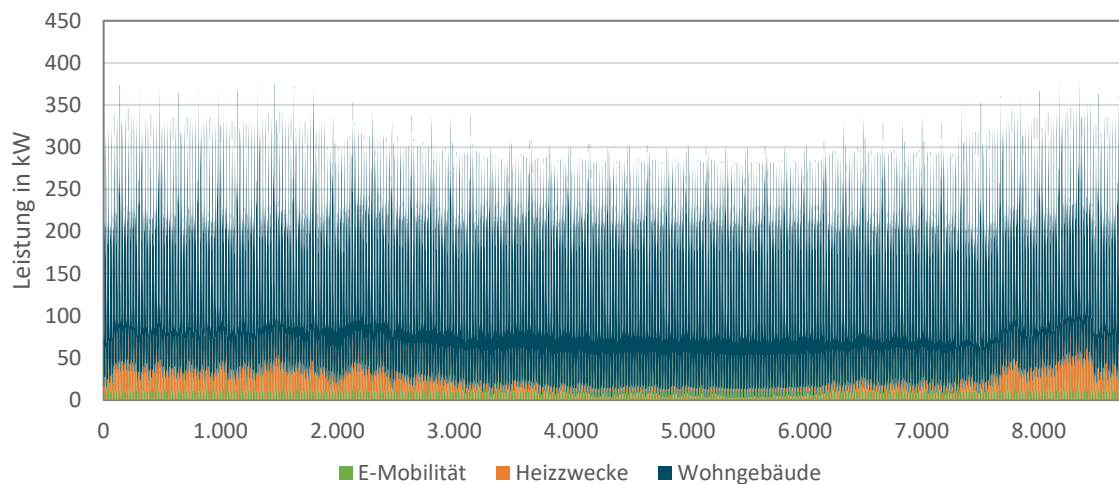


Abbildung 3-3: Stromlastgang Achtrup

3.4.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gibt es zum 01. Januar 2024 1019 zugelassene Personenkraftwagen in der Gemeinde Achtrup. Darüber hinaus werden 114 Krafträder und 93 Lastkraftwagen gelistet. In der Land- und Forstwirtschaft werden zusätzlich 142 Zugmaschinen aufgeführt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024).

Bei den PKW handelt es sich fast ausschließlich um Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Für den Landkreis Nordfriesland wird vom KBA angegeben, dass der Anteil der rein batterieelektrischen Fahrzeuge bei 3,95 % liegt – bei Hybridfahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybrid) sind es 3,72 % (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Um die entsprechende Anzahl für den Ortsteil Achtrup zu ermitteln, wurde die Fahrzeugverteilung anhand der Anzahl der Wohngebäude in der Gemeinde und innerhalb der Quartiersgrenzen skaliert. Laut Zensus 2022 ist die Anzahl der Wohngebäude in dem Gemeindegebiet 603, während innerhalb der Quartiersgrenzen 418 liegen. Aus diesem Verhältnis ergibt sich folgende Fahrzeugverteilung für die Anzahl von Personenkraftwagen.

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

Fahrzeugtyp	Anteil [%]	Gemeinde	Ortskern
Benzin	54,77	558	389
Diesel	36,97	377	262
Hybrid	3,72	38	26
Elektrisch	3,95	40	28
Sonstige (u.a. Gas)	0,59	6	4
Summe	100,00	1.019	709

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

Tabelle 3-10: Spezifische Energieverbräuche von Personenkraftwagen nach Brennstofftyp

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

Ausgehend von einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 14.310 km/a pro Fahrzeug (vgl. Abschnitt 5.2.4), der Anzahl der Fahrzeuge im Ortskern aus Tabelle 3-9 und den durchschnittlichen Verbräuchen pro 100 km aus Tabelle 3-10 ergeben sich für Achtrup die in Tabelle 3-11 dargestellte jährliche Gesamtfahrleistung und der daraus resultierende Energiebedarf des Sektors Mobilität. Insgesamt entfällt auf den Betrieb von Personenkraftfahrzeugen ein Energiebedarf von 5.713 MWh/a.

Tabelle 3-11: Jährliche Gesamtfahrleistung und jährlicher Energieverbrauch

Fahrzeugtyp	Laufleistung [km/a]	Verbrauch kombiniert [MWh/a]
Benzin	5.566.590	3.866
Diesel	3.749.220	2.614
Hybrid	372.060	194
Elektrisch	400.680	72
Sonstige (u.a. Gas)	57.240	32
Gesamt	10.145.790	6.778

3.5 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

Die Energie- und CO₂-Bilanz des Quartiers lässt sich in drei zentrale Bereiche unterteilen: Wärme, Strom und Mobilität. Den größten Anteil am Energieverbrauch nimmt der Wärmesektor ein, der mit 11.156 MWh/a rund 57,79 % des gesamten Endenergiebedarfs des Quartiers ausmacht. Dieser Sektor beansprucht zudem einen Primärenergiebedarf von 9.047 MWh/a, was 45,01 % des Gesamtbedarfs entspricht. Die CO₂-Emissionen aus dem Wärmesektor belaufen sich auf 2.043 tCO₂/a und tragen somit 48,89 % zu den gesamten Emissionen bei.

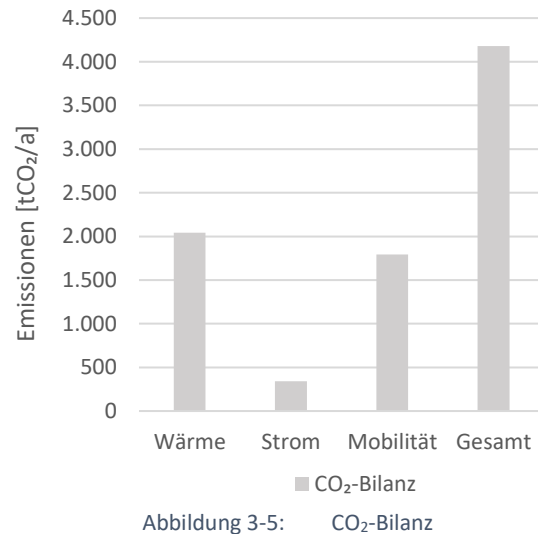
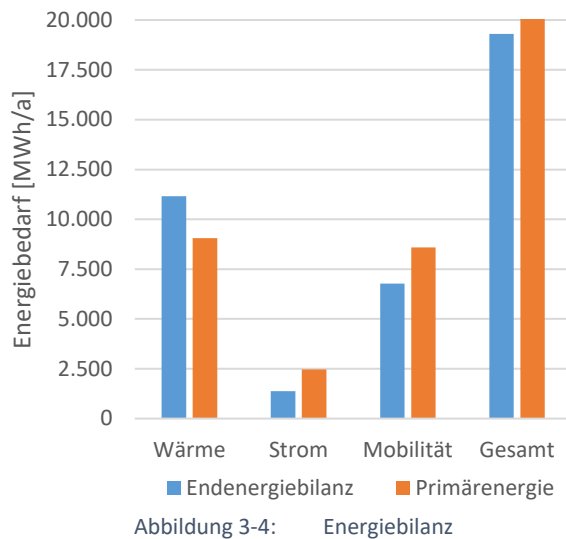
Der Stromsektor (exkl. Strom zu Heizzwecken und Mobilität) weist mit 1.372 MWh/a einen deutlich geringeren Endenergieverbrauch auf und macht 7,10 % des Gesamtenergiebedarfs aus. Beim Primärenergiebedarf liegt er bei 2.469 MWh/a, was einem Anteil von 12,28 % entspricht. Der Stromsektor trägt mit 342 tCO₂/a rund 8,19 % zu den CO₂-Emissionen des Quartiers bei.

Die Mobilität stellt den zweitgrößten Energieverbraucher dar, mit einem Endenergiebedarf von 6.778 MWh/a, was 35,11 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmacht. Der Primärenergiebedarf dieses Sektors liegt bei 8.587 MWh/a, was einem Anteil von 42,71 % des gesamten Primärenergiebedarfs bedeutet. Die CO₂-Emissionen der Mobilität belaufen sich auf 1.794 tCO₂/a, was einem Anteil von 42,92 % der Gesamtemissionen entspricht.

Insgesamt betrachtet hat das Quartier einen Endenergiebedarf von 19.306 MWh/a. Der Primärenergiebedarf beträgt 20.103 MWh/a, während die CO₂-Emissionen bei 4.179 tCO₂/a liegen. Eine detailliertere Darstellung dieser Ergebnisse findet sich in Tabelle 3-12 und den darunter stehenden Abbildungen.

Tabelle 3-12: Gesamtendenergie- und CO₂-Bilanz

Sektor	Endenergiebilanz		Primärenergie		CO ₂ -Bilanz	
	[MWh/a]	[%]	[MWh/a]	[%]	[t/a]	[%]
Wärme	11.156	57,79	9.047	45,01	2.275	51,57
Strom	1.372	7,10	2.469	12,28	342	7,76
Mobilität	6.778	35,11	8.587	42,71	1.794	40,67
Gesamt	19.306	100,00	20.103	100,00	4.411	100,00



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
- Schornsteinfegerdaten
- Regionale Kennwerte
- Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten)

Die Ergänzung der Bilanz erfolgte durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), die vom Kreis Nordfriesland zur Verfügung gestellt wurden. Die so gewonnenen Daten geben Auskunft über die Grundfläche der Gebäude und deren Höhe. Die Gebäudetypologie Schleswig-Holstein beinhaltet Angaben zu den typischen Wärmeverbräuchen pro Quadratmeter und Jahr für die verschiedenen Baualtersklassen der Gebäude. Auf dieser Grundlage konnten spezifische 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 3-6 zeigt den Wärmeatlas des Quartiers Achtrup. Hier wird der jährliche Wärmebedarf aller beheizten Gebäude des Quartiers, unterteilt in verschiedene absolute Bedarfsmengen, aufgezeigt. Dabei sind Gebäude, die einen geringen Bedarf von weniger als 15 MWh pro Jahr aufweisen, gelb markiert. Mit steigendem Bedarf entwickelt sich die Farbe über Orange zu Rot, mit einem maximalen Wärmebedarf von 65 - 500 MWh pro Jahr. Da hier absolute Zahlen dargestellt sind, lässt sich anhand dieser Abbildung keine Aussage über die Effizienz der Gebäude tätigen.



Abbildung 3-6: Wärmearbeitskarte Quartier Achtrup

VERWENDETE PRIMÄRENERGIE- UND EMISSIONSFAKTOREN

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

Tabelle 3-13: Verwendete CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg CO ₂ /kWh]	Primärenergiefaktor
Fernwärme	0,00	0,22
Heizöl	0,31	1,1
Erdgas	0,24	1,1
Biomasse	0,02	0,2
Strommix Deutschland	0,56	1,8

Die Endenergiebilanz zeigt, dass die Wärmeversorgung in Achtrup zu ähnlich großen Teilen durch Heizöl, Gas und die Fernwärme gedeckt wird. Heizöl trägt mit 3.046 MWh/a rund 27 % zur Wärmeversorgung bei, während Erdgas mit 4197 MWh/a und einem Anteil von etwa 38 % den größten Beitrag leistet. Fernwärme trägt mit 3.276 MWh/a einen Anteil von ca. 29 % bei. Holz und Strom

spielen mit 501 MWh/a und 4,49 % bzw. mit 145 MWh/a und 1,3 % eine untergeordnete Rolle. Die CO₂-Bilanz der Wärmeerzeugung zeigt, dass Heizöl mit 944 tCO₂/a rund 42 % der CO₂-Emissionen verursacht, während Erdgas mit 1.007 tCO₂/a 44 % zur CO₂-Bilanz beiträgt. Aufgrund des anzusetzenden Emissionsfaktors von 0 entfallen auf die bezogene Wärme aus den Wärmenetz keine Emissionen. Holz verursacht wegen des geringen Emissionsfaktors nur 10 tCO₂/a (0,44 %). Strom ist für 81 tCO₂/a verantwortlich, was 3,6 % der Gesamtemissionen entspricht.

Tabelle 3-14: Endenergie- und CO₂-Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf Wärme [MWh/a]	Anteil [%]	CO ₂ -Ausstoß Wärme [t CO ₂ /a]	Anteil [%]	Primärenergie [MWh/a]	Anteil [%]
Öl	3.046	27,31	944	41,51	3.351	58,82
Gas	4.197	37,62	1.007	44,28	4.617	81,04
Fernwärme (BGA)	3.267	29,28	232	10,20	719	12,62
Holz	501	4,49	10	0,44	100	1,76
Strom	145	1,30	81	3,57	261	4,58
Summe	11.156	100,00	2.275	100,00	5.697	100,00

Die Energiebilanz Wärme gliedert sich in die Verbrauchssektoren Wohngebäude, Öffentliche Gebäude und Gewerbe. Tabelle 3-15 zeigt die Energiebilanz der Wärmeversorgung inklusive der durch Strom erzeugten Wärmemenge in absoluten Zahlen. Der größte Anteil des Wärmebedarfs im Quartier entfällt mit ca. 97 % auf Wohngebäude. Die anderen beiden Sektoren haben mit 2,5 % (Gewerbe) und 0,5 % (öffentliche Gebäude) nur einen geringen Anteil am Wärmebedarf. Die Differenz zwischen dem in Tabelle 3-14 dargestellten Endenergiebedarf und dem in Energiebedarf aus Tabelle 3-15 ergibt sich aus der Nutzung von Umweltwärme durch Wärmepumpen.

Tabelle 3-15: Energiebilanz der Wärmeversorgung nach Verbrauchssektoren

Liegenschaft	Wärmebedarf [MWh/a]	Primärenergie [MWh/a]	CO ₂ -Ausstoß Wärme [t/a]
Wohngebäude	10.080	8.008	1.808
GHD	914	727	164
Öffentliche Gebäude	393	313	71
Summe	11.388	9.047	2.043

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 Stromverbrauch für Mobilität wurde über eine Hochrechnung der verschiedenen Fahrzeugtypen, einen angenommen elektrischen Verbrauch dieser Typen und eine angenommene Fahrleistung ermittelt (vgl. Kapitel 3.4.3). Der allgemeine Stromverbrauch wurde über den durchschnittlichen Verbrauch pro Haushalt aus der Befragung hochgerechnet. Davon wurde der Stromverbrauch für Mobilität abgezogen. Tabelle 3-16 zeigt die Endenergiebilanz der Stromversorgung in absoluten und relativen Werten, wobei der Anteil aufgrund des gleichen Primärenergie- und Emissionsfaktors identisch ist. Zusätzlich ist die CO₂-Bilanz der Stromversorgung dargestellt.

Tabelle 3-16: Energie- und CO₂-Bilanz der Stromversorgung

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf [MWh/a]	Primärenergiebedarf [MWh/a]	CO ₂ -Ausstoß [t CO ₂ /a]	Anteil [%]
Allgemeiner Stromverbrauch	1.372	2.469	342	83,2
Stromverbrauch zu Heizzwecken	145	261	53	8,8
Stromverbrauch für Mobilität	132	237	63	8,0
Summe	1.648	2.967	458	100,00

In Tabelle 3-17 ist die regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet dargestellt. Diese setzt sich zusammen aus der energetischen Nutzung von Biomasse sowie Strom aus Photovoltaik und Wind. Hieran ist zu erkennen, dass vor allem die Windkraftanlagen einen wesentlichen Beitrag zur Stromerzeugung der Gemeinde leisten.

Tabelle 3-17: Regenerative elektrische Erzeugungsleistung im Gemeindegebiet Achtrups

Regenerativer Energieträger	Bruttoleistung [kW]	Nettoleistung [kW]
Biomasse	630	460
Solare Strahlungsenergie	1.045	915
Wind	45.800	45.800
Gesamt	47.475	47.175

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 3-18 dargestellten Emissions- und Primärenergiefaktoren ermittelt. Die Primärenergie- und Emissionsfaktoren der hybriden Fahrzeuge sind als kombinierte Faktoren aus Benzin und Strom zu verstehen.

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

Kraftstoff	Primärenergiefaktor [kWh/kWh]	Emissionsfaktor [tCO 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 3-19 zeigt den jährlichen Energiebedarf und die CO₂-Emissionen der verschiedenen Fahrzeugantriebe. Zusätzlich wird in den folgenden Abbildungen die relative Verteilung dargestellt. Es wird ersichtlich, dass benzinbetriebene Fahrzeuge sowohl beim Energiebedarf als auch bei den CO₂-Emissionen den größten Anteil haben, gefolgt von dieselbetriebenen Fahrzeugen. Elektro-, Gas- und Hybridfahrzeuge haben nur einen geringen Anteil.

Tabelle 3-19: CO₂-Emissionen und Primärenergieverbrauch des Mobilitätssektors

Kraftstoff	Verbrauch [MWh/a]	Primärenergie [MWh/a]	Emissionen [t CO ₂ /a]
Benzin	3.866	4.987	1.021
Diesel	2.614	3.189	695
Hybrid	194	280	37
Elektrisch	72	130	40
Sonstige (u.a. Gas)	32	35	8
Gesamt	6.778	8.587	1.794

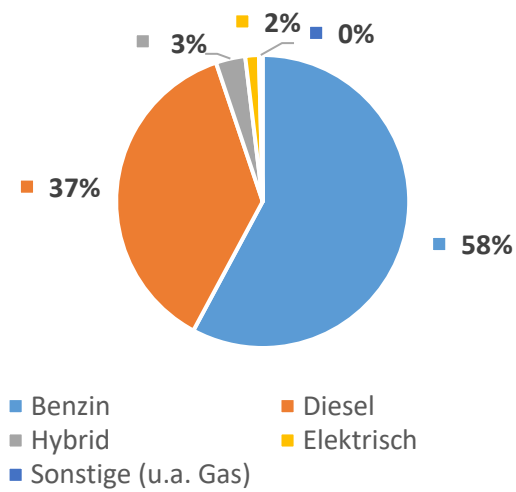


Abbildung 3-7: Primärenergiebedarf

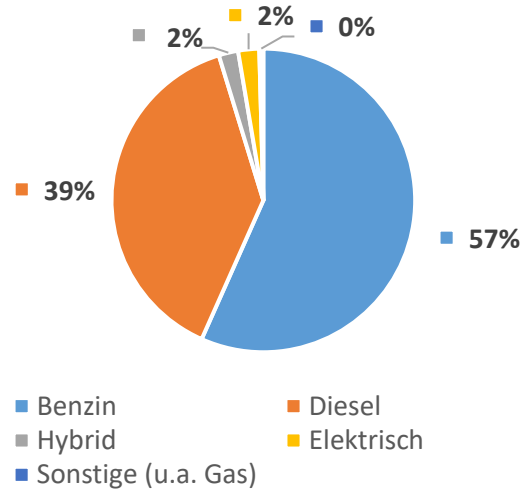


Abbildung 3-8: Emissionen

4 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE

Das folgende Kapitel setzt sich mit den Energie- und CO₂-Minderungspotenzialen auseinander. Unter anderem werden hier die Themenfelder Potenzial für erneuerbare elektrische Energien, Potenzial erneuerbarer thermischer Energien und Minderungspotenzial durch die Gebäudesanierung behandelt. Ein besonderer Fokus liegt zudem auf der zentralen Wärmeversorgung des Quartiers Achtrup.

In diesem Abschnitt erfolgt eine Zusammenfassung der Entwicklung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit von der Umsetzung der in diesem Kapitel beschriebenen Maßnahmen. Die Darstellung beschränkt sich auf die quantifizierbaren Maßnahmen. Eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen findet sich in den jeweiligen Kapiteln. Die Entwicklung des Energiebedarfs und der Emissionen der Maßnahme "Zentrale Wärmeversorgung" bezieht sich auf das erste Szenario gemäß Abschnitt 4.5.2, da dieses die geringsten Kosten pro erzeugter Kilowattstunde aufweist. Im Bereich Mobilität wurde für die Darstellung das zweite Szenario gemäß Abschnitt 4.6 gewählt. Die Maßnahmen "Mobilität" und "Gebäudesanierung" sind in diesem Zusammenhang nicht als konkrete Maßnahmen zu verstehen, sondern als mögliche Entwicklung der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen im Quartier sowie als mögliche Wärmeeinsparung im Bereich der Wohngebäude auf Basis einer potenziellen Sanierungsrate.

Abbildung 4-1 zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs für die Maßnahmen "Sanierung Wohngebäude", "Zentrale Wärmeversorgung" und "Mobilität" für die Jahre 2025 bis 2045. Der Energiebedarf der Wohngebäude sinkt bei einer Sanierungsrate von 2 % kontinuierlich von 10.080 MWh/a auf 6.730 MWh/a im Jahr 2045. Für die Maßnahme „Zentrale Wärmeversorgung“ wird angenommen, dass der Wärmebedarf aufgrund der selben Sanierungsrate sinkt. Der heutige Wärmebedarf von 3.267 MWh/a sinkt bei Durchführung der Maßnahme bis 2045 auf 2.143 MWh/a ab. Im Bereich Mobilität würde der Energiebedarf durch die Umstellung auf Elektromobilität von 5.713 MWh/a im Jahr 2024 auf 1.977 MWh/a im Jahr 2045 sinken. Insgesamt zeigt sich, dass die Energieeinsparereffekte der Maßnahme Mobilität mit 3.736 MWh/a am größten sind.

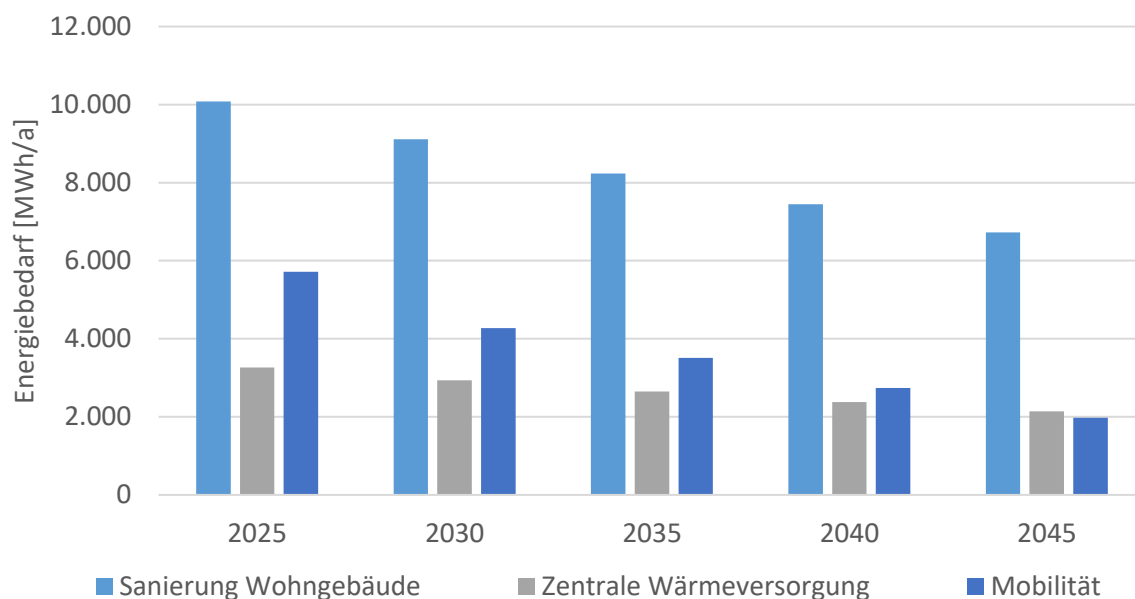


Abbildung 4-1: Übersicht Maßnahmen Energieeinsparung

Abbildung 4-2 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Maßnahmen „Sanierung Wohngebäude“, „Zentrale Wärmeversorgung“ und „Mobilität“ von 2025 bis 2045. Es ist zu erkennen, dass der größte Einfluss auf die CO₂-Minderung durch die Umstellung auf Elektromobilität entsteht. Durch diese Maßnahme können die Emissionen von 1.518 t CO₂/a auf 512 t CO₂/a im Jahr 2045 reduziert werden. Die Maßnahme mit dem zweitgrößten Einspareffekt ist die Sanierung der Wohngebäude. Durch diese Maßnahme könnten im Jahr 2045 gegenüber dem Status quo jährlich 601 t CO₂ eingespart werden, wodurch die Emissionen von 1.808 t CO₂/a im Jahr 2025 auf 1.207 t CO₂/a im Jahr 2045 sinken würden. Durch die Umstellung der zentralen Wärmeversorgung auf Wärmepumpen würden die Emissionen von 71 t CO₂/a auf 20 t CO₂/a sinken.

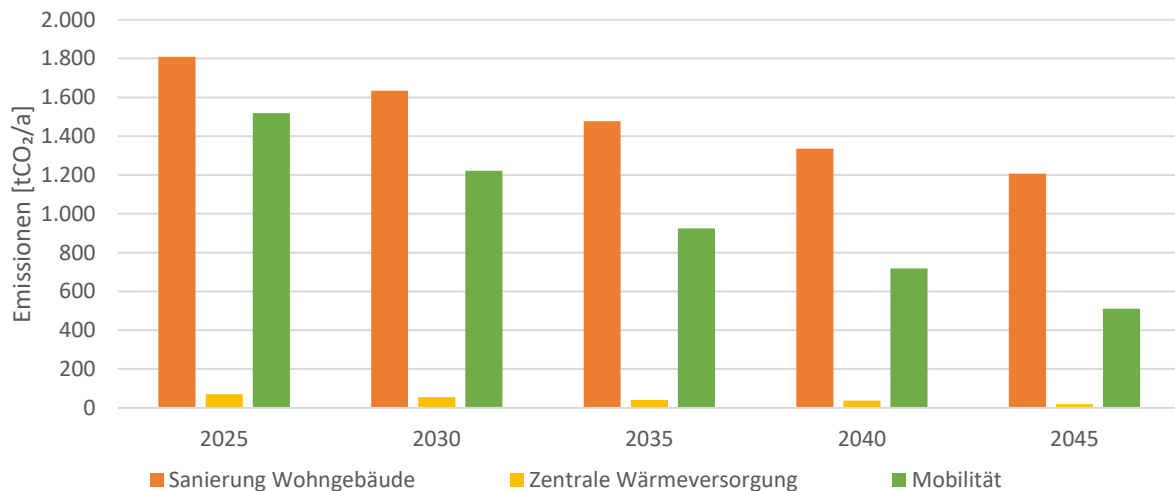


Abbildung 4-2: Übersicht Maßnahmen CO₂-Einsparung

4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

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

4.1.1 WIND

In der Umgebung von Achtrup weht der Wind hauptsächlich aus West und Südwest. Die umliegenden Flächen um das Quartier werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt und die Waldflächen des Landesforstes liegen nordwestlich außerhalb des Gemeindegebietes. Diese Bedingungen schaffen gute Voraussetzungen für die Windenergienutzung.

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

Der Kreis Nordfriesland 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, 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 eine Überlagerung der „Karte Potenzialfläche Windenergie SH“ (MIKWS SH, 2024) mit einem Sattelitenbild von Bing Karten, mit den

in hellblauer Farbe ausgewiesenen Potenzialflächen. Es ist zu sehen, dass sich einige Potenzialflächen ganz oder teilweise auf dem Gemeindegebiet Achtrups befinden.



Abbildung 4-3: Überlagerung „Karte Potenzialflächen Windenergie SH“ mit Bing Kartenausschnitt

Laut Marktstammdatenregister beläuft sich die gesamt-installierte Leistung der 15 im Gemeindegebiet liegenden Bestands-WKA auf 57,975 MW, exklusive zwei Kleinwindanlagen mit einer Leistung von je 6 kW. Mit den bereits vorhandenen Windkraftanlagen und den verfügbaren Potenzialflächen im Gemeindegebiet besteht damit durchaus Potenzial für die Nutzung von Windenergie innerhalb des Quartiers über eine Stromdirektleitung. Die nächstgelegene Anlage befindet sich in einer Entfernung von 2,5 km, wie in Abbildung 4-4 dargestellt. Diese Anlage hat eine Leistung von 2,3 MW.

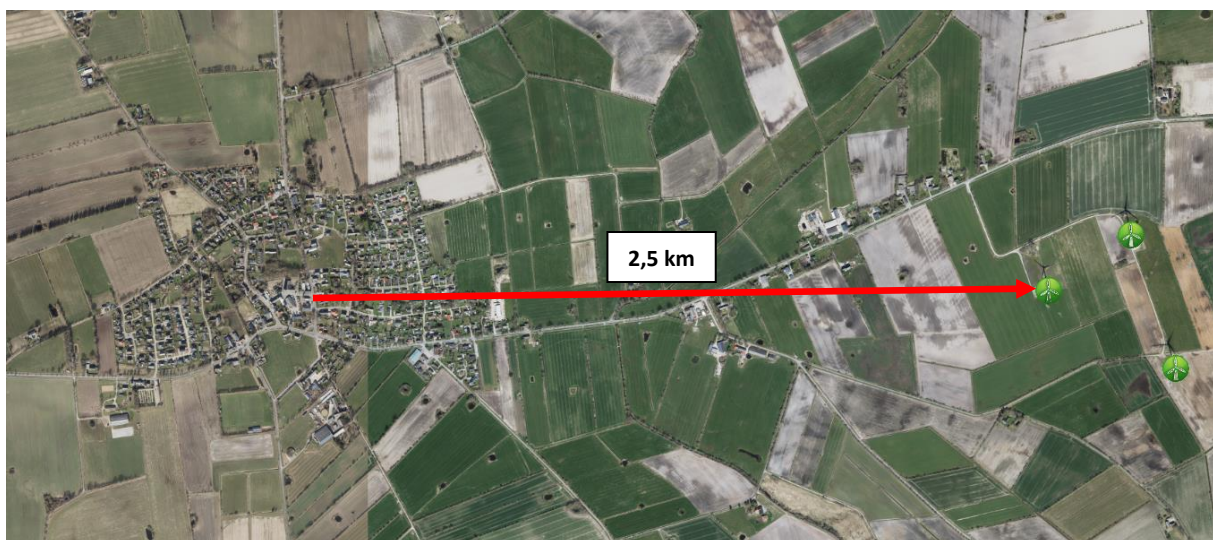


Abbildung 4-4: Entfernung zwischen Wärmezentrale und nächstgelegener Windkraftanlage (DA Nord, 2025)

4.1.2 PHOTOVOLTAIK

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

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

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

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

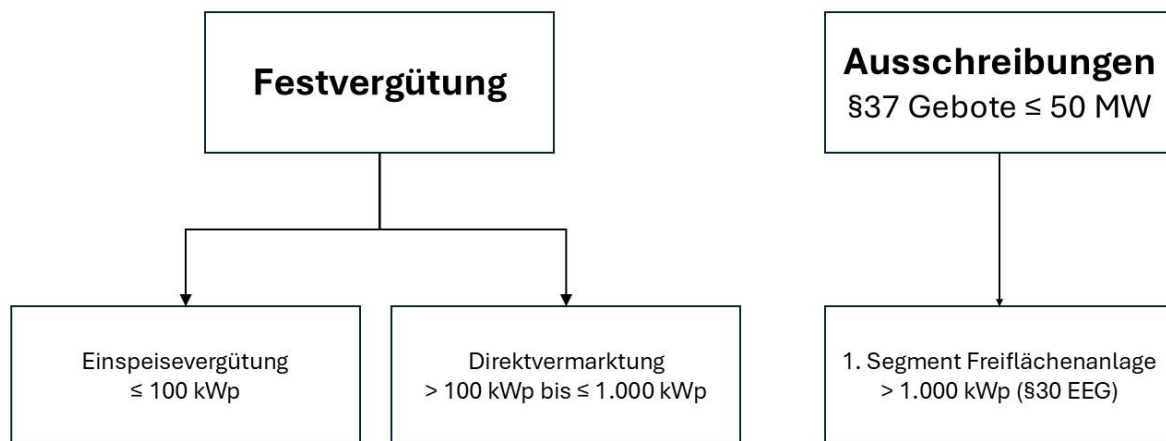


Abbildung 4-5: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (EEG vom 8. Mai 2024)

Nach Abbildung 4-5 ist die Vergütung durch das EEG abhängig von der Anlagengröße. Kleinere Anlagen bis 1.000 kWp Nennleistung müssen nicht am Ausschreibungsverfahren teilnehmen, sondern erhalten eine feste Einspeisevergütung (Anlagen bis 100 kWp) bzw. einen anzulegenden Wert über die Direktvermarktung (ab 100 kWp) (Ministerium für Umwelt, 2019).

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

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

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

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

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

Inbetriebnahme	01.02.2025 – 01.08.2025		01.08.2025 – 01.02.2026	
Anlagengröße	Teileinspeisung	Volleinspeisung	Teileinspeisung	Volleinspeisung
Bis 10 kWp	8,34	13,14	8,26	13,06
Bis 40 kWp	7,28	10,96	7,20	10,85
Bis 100 kWp	7,49 ¹	12,44 ¹	7,41 ¹	12,31 ¹
Bis 400 kWp	7,49 ¹	10,59 ¹	7,41 ¹	10,49 ¹
Bis 1000 kWp	7,49 ¹	9,33 ¹	7,41 ¹	9,24 ¹

¹Mit dem Solarpaket 1 wurde der anzulegende Wert für die Einspeisevergütung und die Marktprämie angehoben. Diese Vergütungsanhebung gilt vorbehaltlich der EU-beihilferechtlichen Genehmigung, die noch aussteht.

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 4-6 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.

Im Südosten innerhalb des Gemeindegebietes befindet sich in etwa 3,5 km Entfernung zum Quartier ein PV-Park mit einer Leistung von rund 8,3 MWp (Inbetriebnahme: 2010).

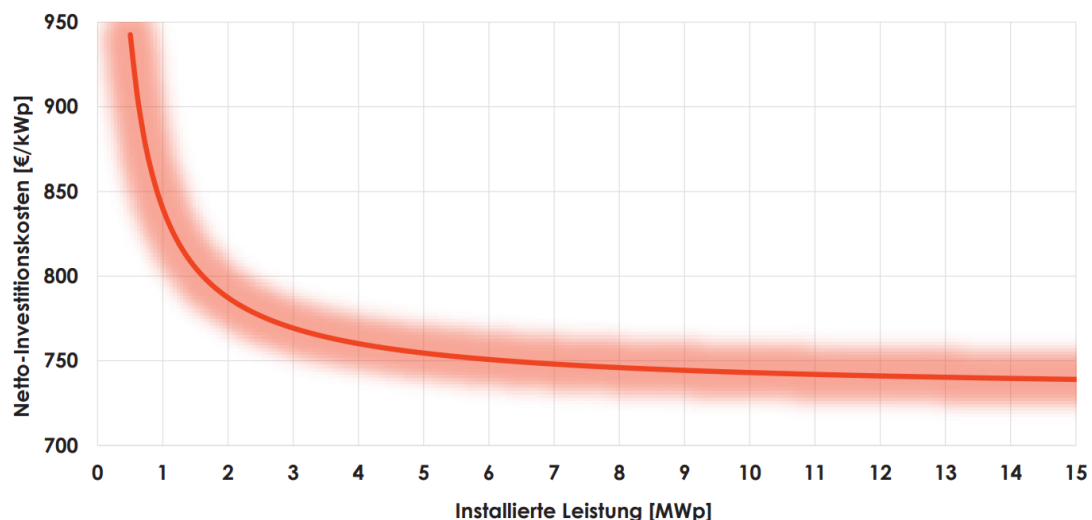


Abbildung 4-6: Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023)

Außerhalb einer festen EEG-Vergütung ist abhängig vom Standort in Deutschland ab einer Anlagengröße von 5 MWp eine wirtschaftliche Realisierung von PV-Freiflächenanlagen möglich. Dies entspricht ungefähr einer Fläche von 6 ha (Böhm, 2022). 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 Achtrup ist über die vergangenen Jahre (2001-2020) eine horizontale Globalstrahlung von jährlich 1.017 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 4-7 zeigt eine Simulation der täglichen Stromproduktion der sich im Gemeindegebiet befindenden PV-Dachanlagen (3.366 kWp). Diese wurde auf Grundlage von Wetterdaten aus dem Jahr 2019 und der im Gemeindegebiet vorhandenen installierten Leistung (Stand: 16.12.2024) erstellt. (BNetzA, 2024).

Von den insgesamt 11,7 MWp PV-Leistung im Gemeindegebiet sind 8,4 MWp dem vorher beschriebenen PV-Parks zuzuordnen. Damit besteht im Gemeindegebiet großes Potenzial für die zukünftige gemeindliche Nutzung von PV-Strom. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Anlage 2010 in Betrieb gegangen ist und damit noch im Rahmen der EEG-Vergütung vergütet werden kann. Dies ist bei den Verhandlungen bezüglich einer gemeindlichen Nutzung der Anlagen zu bedenken.

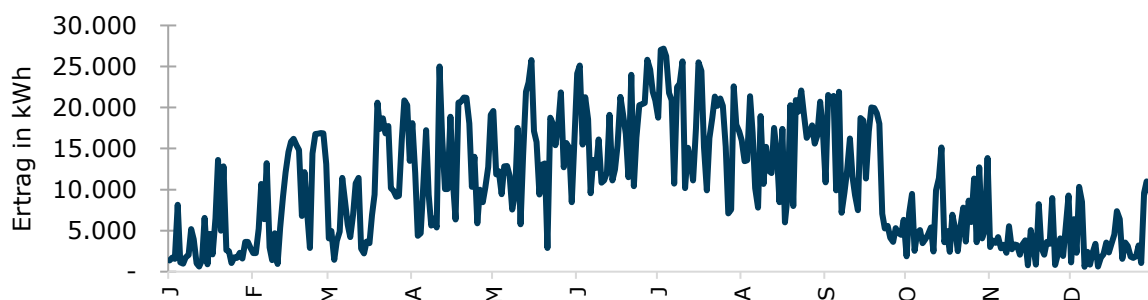


Abbildung 4-7: Tägliche Stromproduktion durch PV-Dachanlagen im Gemeindegebiet

Um die Lösung einer Installation einer PV-Anlage auf dem eigenen Dach aufzuzeigen, wird im Folgenden ein Einfamilienhaus beispielhaft näher beleuchtet und anhand von verschiedenen Auslegungsvarianten die Vorteile einer PV-Dachanlage mit Überschusseinspeisung aufgezeigt. In den betrachteten Beispielen wird ein jährlicher Stromverbrauch von **3.500 kWh** und ein Strompreis von **35 ct/kWh** mit **3 %** 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.

Eine alternative Option besteht in der Belegung der gesamten Dachfläche, deren Aufteilung in zwei Teilanlagen erfolgt. Die erste Teilanlage dient der Eigenversorgung mit Überschusseinspeisung, während die zweite Teilanlage als Volleinspeiseanlage betrieben wird. Dadurch würde das gesamte Potenzial der Dachfläche genutzt werden. Zudem ist eine Verringerung des spezifischen Anlagenpreises (€/kWp) bei größeren Anlagen zu beobachten, da fixe Kosten, wie z. B. die Gerüststellung, unabhängig von der Anlagengröße anfallen. Allerdings erfordert die Realisierung eines solchen Konzepts die Installation eines zusätzlichen Wechselrichters. Alternativ könnte i.d.R. die gesamte Dachfläche belegt werden und in zwei Teilanlagen aufgeteilt werden, sodass eine Teilanlage zur Eigenversorgung mit Überschusseinspeisung genutzt wird und die andere Teilanlage als Volleinspeiseanlage betrieben wird. Dadurch könnte das gesamte Potenzial der Dachfläche genutzt werden. Zudem verringert sich der spezifische Anlagenpreis (€/kWp) i.d.R. mit einer größeren Anlage, da fixe Kosten, wie z.B. die Gerüststellung, unabhängig von der Anlagengröße anfallen. Allerdings muss für solch ein Konzept ein zusätzlicher Wechselrichter installiert werden. Tabelle 4-2 zeigt jeweils die Ergebnisse der verschiedenen Auslegungsvarianten für ein Haus mit einer nach Süden ausgerichteten bzw. einer Ost-West ausgerichteten Dachfläche. Es wurden jeweils zwei Auslegungen betrachtet, in denen die Anlagengröße variiert wurde, sodass eine Vollbelegung des Daches und eine 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 die Ergänzung beider Varianten um ein Elektrospeicher mit einer Kapazität von **5,12 kWh** betrachtet.

Alternativ könnte i.d.R. die gesamte Dachfläche belegt werden und in zwei Teilanlagen aufgeteilt werden, sodass eine Teilanlage zur Eigenversorgung mit Überschusseinspeisung genutzt wird und die andere Teilanlage als Volleinspeiseanlage betrieben wird. Dadurch könnte das gesamte Potenzial der Dachfläche genutzt werden. Zudem verringert sich der spezifische Anlagenpreis (€/kWp) i.d.R. mit einer größeren Anlage, da fixe Kosten, wie z.B. die Gerüststellung, unabhängig von der Anlagengröße anfallen. Allerdings muss für solch ein Konzept ein zusätzlicher Wechselrichter installiert werden.

Als letztes Beispiel wird in Tabelle 4-2 die Auswirkung eines Balkonkraftwerkes unter den oben beschriebenen Bedingungen aufgezeigt. Für Haushalte mit wenig zur Verfügung stehenden Kapital für die Investition in eine PV-Anlage ist ein Balkonkraftwerk eine gute Möglichkeit mit relativ geringer Investition einen relativ großen Teil der Stromkosten einzusparen und damit die Anlage schnell zu amortisieren.

Tabelle 4-2: PV-Auslegungsvarianten für verschiedene Dachausrichtungen

Name und Art der PV-Anlage	Anlage [kWp]	Spez. Kosten [€/kWp]	Investition [€]	Eigenverbrauch [%]	Autarkie (= Energiekostenersparung) [%]	Einspeisevergütung [€/a]	Amortisation [a]	Gesamtsparsnis über 20 a*
Südausrichtung	4,5	1.500	6.750	20	30	310	11,0	6.510
	8,55	1.300	11.115	14	37	650	11,1	10.230
+ 5,12 kWh Speicher	4,5	2.180	9.810	45	62	210	10,7	10.830
	8,55	1.658	14.175	27	71	530	10,8	14.680
Ost-West-Ausrichtung	4,5	1.500	6.750	26	30	230	12,5	5.000
	9	1.300	11.700	16	38	510	13,7	6.530
+ 5,12 kWh Speicher	4,5	2.180	9.810	53	57	140	12,4	7.900
	9	1.640	14.760	31	68	410	12,9	10.310
Balkonkraftwerk Süd-West	2	375	750	39	18	0	3,6	4.310

*Betriebskosten = 1 % der Investitionskosten pro Jahr

Zusätzlich zu dieser beispielhaften Berechnung wurde ein Solardachkataster erstellt, in dem alle Dachflächen des Quartiers in Kategorien für die Nutzung von PV-Anlagen eingeteilt wurden, um eine Aussage über das Potenzial der Dachflächen zu ermöglichen. Dieses soll für eine erste Einschätzung der Eignung der Dachfläche dienen, ohne eine endgültige Aussage über die gegebenen Dachflächen zu tätigen.

Hierfür wurden die Dachflächen des Quartiers hinsichtlich ihrer Ausrichtung und Dachform bewertet. Die ermittelten Dachflächen wurden mit einem Korrekturfaktor von 0,7 multipliziert, um möglichen Hindernissen wie Fenstern, Schornsteinen o.ä. Rechnung zu tragen. Pro Quadratmeter verfügbarer Dachfläche wurde von einer Leistung von 5 kWp ausgegangen. Eine Berücksichtigung der Verschattung wurde nicht vorgenommen.

Abbildung 4-8 zeigt das Solardachkataster mit der Aufteilung in gut geeignete Dachflächen in Rot, mittel bis gering geeignete Dachflächen in Gelb und ungeeignete Dachflächen in Weiß. Die damit verfügbaren Dachflächen betragen in Summe 9.670 m² (und damit ~ 1.935 kWp) mit mittlerer bis geringer und 44.620 m² (und damit ~ 8.925 kWp) mit guter Eignung. Um eine Einschätzung des potenziellen Gesamtertrages zu bekommen, wurden die mittel bis gering geeigneten Dachflächen mit einem spezifischen Ertrag von 750 kWh/kWp und die gut geeigneten mit einem spezifischen Ertrag von 900 kWh/kWp multipliziert. Der daraus resultierende Gesamtertrag beträgt etwa 1.450 MWh/a aus mittel bis geringen geeigneten und etwa 8.030 MWh/a aus gut geeigneten Dachflächen, sodass in Summe ein Potenzial von etwa 9.480 MWh/a Stromerzeugung durch Dachanlagen besteht.



Abbildung 4-8: Solardachkataster Quartier Achtrup

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. Es kann als Brennstoff für die Strom- und Wärmezeugung genutzt werden und trägt zur CO₂-Einsparung bei, da es eine umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen darstellt.

Ein wichtiger rechtlicher Rahmen ist das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das in Deutschland seit 2000 in Kraft ist. Es regelt die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien und garantiert Betreibern von Biogasanlagen (BGA) eine festgelegte Vergütung, abhängig von Anlagengröße und Strommenge. Zudem existieren weitere gesetzliche Regelungen und Förderprogramme, um den Ausbau und Betrieb von BGA zu unterstützen. Technische Vorgaben, etwa zu Abgaswerten und Sicherheitsstandards, sind ebenfalls festgelegt.

Das Biomasse-Paket 2025

Die Bundesregierung hat das Biomasse-Paket 2025 beschlossen, um die Nutzung von Biomasse in Deutschland zu verbessern. Ziel ist es, bestehende und neue Biomasseanlagen effizienter und wirtschaftlicher zu machen. Besonders Biogas soll als zuverlässige Energiequelle gestärkt werden. Dafür gibt es neue Förderungen und Regeln, die Investitionen erleichtern und den Ausbau erneuerbarer Energien vorantreiben.

Wichtige Änderungen:

- Mehr Fördermittel: Das Ausschreibungsvolumen für Biomasse steigt von 2 auf 2,8 Gigawatt mit größeren Ausschreibungsrunden für die Jahre 2025 und 2026

- Längere Förderung: Bestehende Biomasseanlagen erhalten jetzt 12 statt 10 Jahre lang Fördergelder
- Bessere Unterstützung für Biogasanlagen: Der Zuschlag für flexibel erzeugten Strom aus Biogas steigt von 65 auf 100 Euro pro Kilowatt im Jahr. Das macht es attraktiver, Biogas dann zu nutzen, wenn es wirklich gebraucht wird
- Erleichterungen für kleine Biogasanlagen: Betreiber von Anlagen bis 350 kW profitieren von einfacheren Regeln
- Weniger Mais in Biogasanlagen: Der Anteil von Mais als Rohstoff wird ab 2025 auf 30 %, ab 2026 auf 25 % gesenkt. Stattdessen sollen mehr Reststoffe und andere Energiepflanzen verwendet werden

Das Paket bringt neue Chancen, aber auch Herausforderungen. Während einige Regeln strenger werden, gibt es mehr Fördermöglichkeiten und finanzielle Anreize. Besonders Betreiber von flexiblen Biogasanlagen profitieren von den Änderungen.

In der Gemeinde gibt es aktuell sieben Biogas-BHKW mit einer Gesamtleistung von 3.058 kW, davon zwei innerhalb des Quartiers mit 1.069 kW. Fünf dieser Anlagen wurden 2010/2011 in Betrieb genommen, zwei weitere 2020/2021. Die Biogasanlagen liegen rund 3,5 Kilometer außerhalb des Quartiers, könnten jedoch nach Ablauf der EEG-Vergütung zur lokalen Energieversorgung beitragen, sofern sie nicht in den Flexbetrieb wechseln.

Der aktuelle Versorger des Bestandwärmenetzes plant den Erwerb der Fläche hinter dem Heizhaus, um dort die Installation eines größeren Pufferspeichers sowie perspektivisch eines weiteren Blockheizkraftwerks zu ermöglichen. Dies würde eine größere Wärmeerzeugung ermöglichen und die Realisierung einer zukünftigen Erweiterung des Wärmenetzes über Biogas in Betracht ziehen. Falls der aktuelle Betreiber die Versorgung nicht allein übernimmt, könnte auch eine zweite nahegelegene BGA einbezogen werden, da die vorhandene Gasleitung bereits an deren Grundstück vorbeiführt. Die Betreiber zeigen sich offen für eine Lösung, von der das Quartier profitieren kann (vgl. Abbildung 4-9).



Abbildung 4-9: Lage der Biogasanlagen im Gemeindegebiet

4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

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

4.2.1 LUFT-WÄRMEPUMPE

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

Während Wärmepumpen in Haushalten einen Gütegrad von 40 % und damit 40 % der theoretisch möglichen Leistungszahl erreichen, sind in modernen Großwärmepumpen Gütegrade zwischen 65 % und 70 % möglich. Abbildung 4-10 zeigt den Verlauf der Leistungszahl einer Großwärmepumpe für verschiedene Vorlauftemperaturen. Diese gibt das Verhältnis zwischen abgegebener thermischer Leistung zu aufgebrauchter elektrischer Leistung an. Bei einer Vorlauftemperatur von 70°C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, wird auch bei geringen Temperaturen eine Leistungszahl von ca. 3 erreicht.

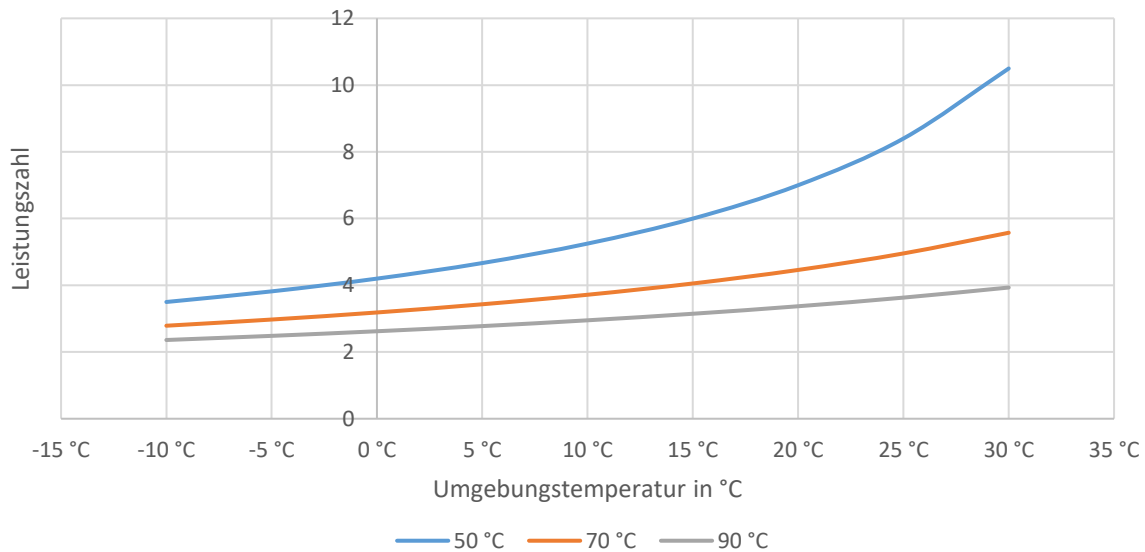


Abbildung 4-10: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur

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 bis 2-fache Fläche der zu beheizenden 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 Sonderformen, die bei einem geringen Platzangebot gebaut werden können.

Die in den verschiedenen Kollektoren gesammelte Wärme wird über eine Wärmepumpe auf für den Verbraucher nutzbare Temperaturen gebracht. Aufgrund der höheren Quellentemperatur 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 bestenfalls auf eine Vorlauf-temperatur von 35°C ausgelegt werden. Wird mit der Wärmepumpe auch Warmwasser erzeugt oder liegt die Vorlauf-temperatur deutlich über 35°C, so steigt die Belastung der Erdwärmesonde und die Leistungszahl der Wärmepumpe wird aufgrund der höheren Temperaturen geringer.

Abbildung 4-11 zeigt das Potenzial oberflächennaher Geothermie für das Quartiersgebiet anhand der durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens in einer Tiefe von 0-50m. Es ist zu sehen, dass das gesamte Quartiersgebiet in einem Bereich einer Wärmeleitfähigkeit zwischen 1,6 und 1,8 W/mK liegt. Damit besteht in diesen Bereichen mittleres Potenzial für die Nutzung dieser Technologie.

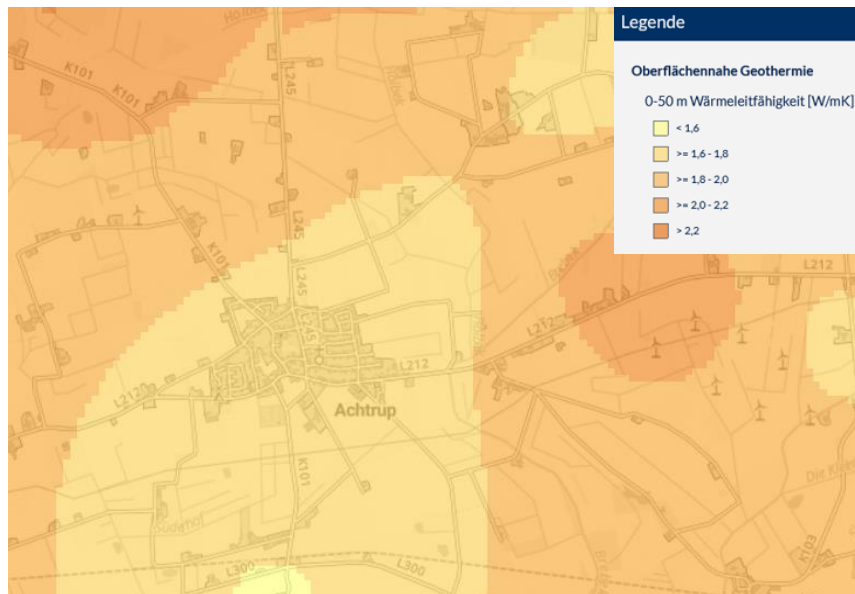


Abbildung 4-11: Potenzial oberflächennaher Geothermie (DA Nord, 2025)

Für eine genauere Betrachtung eines entsprechenden Erdwärmesondenfeldes muss zunächst ein Geothermal Response Test durchgeführt werden, der Auskunft über das tatsächlich vorhandene Potenzial zur Wärmeentnahme gibt. Da mehrere Sonden erforderlich sind, muss anschließend die Temperaturantwort des Sondenfeldes simuliert werden. Grundlage hierfür ist zum einen der Geothermal Response Test und zum anderen das jeweilige Nutzerprofil (Heizlast). Um die mögliche Entzugsleistung zu erhöhen und ein Auskühlen des Untergrundes zu verhindern, sollte der Untergrund regeneriert werden. Dies ist z.B. durch Abwärme oder Kühlung im Sommer möglich. In diesem Zusammenhang kann die oberflächennahe Geothermie nicht nur zur Heizungsunterstützung im Winter eingesetzt werden, sondern auch zur Kühlung im Sommer. Diese Kombination der Nutzung macht die Geothermie zu einer interessanten Ergänzung zu anderen Technologien, die sich auf Heiz- und Kühlzwecke konzentrieren.

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 stellt die petrothermale Geothermie dar, bei der durch Stimulationsmaßnahmen die Durchlässigkeitseigenschaften des Untergrundes künstlich verbessert werden und so die Zirkulation und Erwärmung eines eingebrachten Fluids ermöglicht wird. Das geothermisch nutzbare Reservoir wird über eine Förderbohrung erschlossen und das abgekühlte Wasser über eine Reinjektionsbohrung 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 Forschungs- und Entwicklungsstadium und wird daher in Deutschland bisher kaum genutzt.

Abbildung 4-12 zeigt die Verbreitung von potenziell hydrothermal nutzbaren Sandsteinschichten. In der Umgebung von Achtrup ist die Datenqualität jedoch eingeschränkt, sodass eine detaillierte Analyse nicht möglich ist. Modellierungen der im Untergrund vorhandenen Gesteinsschichten lassen jedoch vermuten, dass Achtrup in einem Gebiet mit Mittlerem Buntsandstein liegt, der potenziell für eine hydrothermale Nutzung geeignet sein könnte. Für eine detaillierte Potenzialermittlung sind weitere Untersuchungen, wie Seismiken oder Bohrungen, sowie eine umfassendere Auswertung der vorhandenen Daten erforderlich.

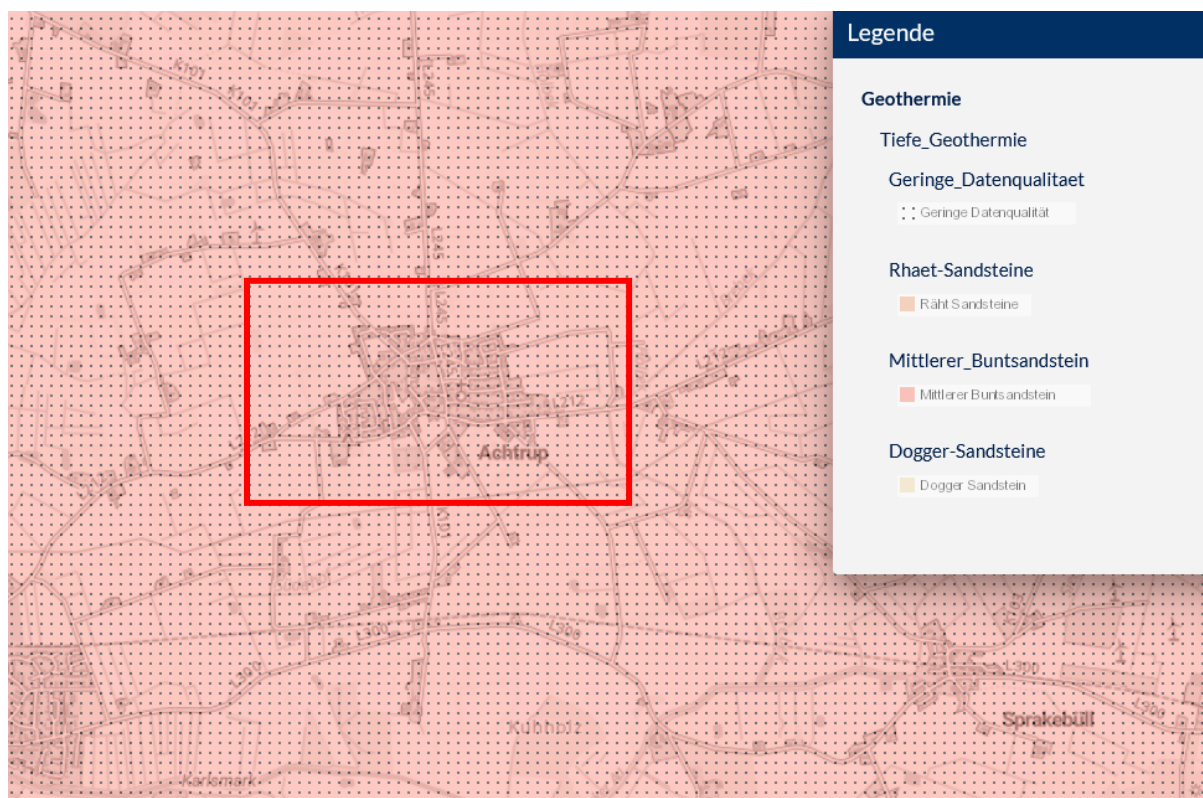


Abbildung 4-12: Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (DA Nord, 2025)

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 Entnahmekbrunnen gefördert und über die Wärmepumpe um einige Grad Celsius abgekühlt. Anschließend wird das gekühlte Wasser in einem Schluckbrunnen

wieder eingeleitet. Sowohl die zulässige Entnahmemenge an Grundwasser als auch die Position der Brunnen müssen zusätzlich geprüft werden. Bei den Brunnen ist darauf zu achten, dass sie ausreichend weit voneinander entfernt sind, um einen thermischen Kurzschluss beim Einleiten des abgekühlten Wassers zu verhindern. Ebenso ist die Fließrichtung des Grundwassers zu beachten.

Im Gemeindegebiet Achtrups sind weder Trinkwasserschutzgebiete noch Trinkwassergewinnungsgebiete vorhanden, welche eine gesonderte Prüfung vorsehen.

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 kann jedoch hier nicht weiterverfolgt werden, da in der Gemeinde Achtrup keine Abwärmequellen identifiziert werden konnten, die Abwärme in ausreichender Menge zur Verfügung stellen können.

4.2.5 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.

4.2.6 BIOMETHAN BLOCKHEIZKRAFTWERK

Biomethan entsteht durch die Vergärung organischer Materialien wie Energiepflanzen (z. B. Mais, Gras), landwirtschaftliche Reststoffe, Gülle, Bioabfälle oder Klärschlamm. In Biogasanlagen wird dieses Material unter anaeroben Bedingungen von Mikroorganismen zersetzt, wobei Biogas entsteht. Durch eine Aufbereitung, bei der CO₂ und andere Begleitgase entfernt werden, wird das Biogas zu hochreinem Biomethan veredelt, das anschließend ins Erdgasnetz eingespeist oder als Kraftstoff genutzt werden kann.

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

Der Betrieb des BHKW wird anhand wirtschaftlicher Randbedingungen und zur Deckung des Wärmebedarfs optimiert. Können durch hohe Strompreise an der Börse Gewinne erzielt werden, speist das BHKW Strom ins öffentliche Netz ein. Die anfallende Wärme wird direkt im Wärmenetz genutzt oder

in einem Wärmespeicher zwischengespeichert. Bei niedrigen Strompreisen kann das BHKW genutzt werden, um beispielsweise eine Wärmepumpe mit Eigenstrom zu versorgen.

Die innerhalb des Quartiers liegenden Satelliten BHKW der bereits beschriebenen, außerhalb des Quartiers liegenden BGA haben eine thermische Leistung von 1.189 kW. Die BGA liegen in etwa 1,5 bzw. 3,5 Kilometern Entfernung außerhalb des Quartiers und bieten das Potenzial bei der zukünftigen Wärmeversorgung des Quartiers eine noch größere Rolle zu spielen als bisher. Der derzeitige Betreiber der Energiezentrale des Wärmenetzes und BGA Betreiber hat bereits Interesse an einer weiteren Zusammenarbeit geäußert (siehe dazu Kapitel 4.5.2).

4.2.7 SOLARTHERMIE

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

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

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

Große Freiflächen, die für PV-Freiflächenanlagen geeignet sind, wären prinzipiell auch für Solarthermie geeignet. Dabei sollten sie bestenfalls eine rechteckige Form haben, da dies bei der Auslegung der Kollektorflächen hilfreich ist. Allerdings stellt die Entfernung zum Versorgungsgebiet eine größere Hürde für die Nutzung dieser Flächen durch Solarthermie dar, sodass i.d.R. nur quartiersnahe Projekte umsetzungsfähig sind.

Bei der derzeitigen Marktsituation und den Investitionsanforderungen wird die Installation einer Photovoltaikanlage oft bevorzugt. Photovoltaik-Strom kann vielseitig verwendet werden, beispielsweise zum Betrieb von Wärmepumpen, was die Flexibilität und Effizienz des Energiesystems erhöht. Überschussstrom kann zudem im Sommer besser gewinnbringend verkauft werden als überschüssige Wärme, was die wirtschaftliche Attraktivität weiter steigert. Dennoch bleibt Solarthermie eine wertvolle Option für die direkte Wärmezeugung.

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, denn: 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 mit einer elektrischen Leistung von 4 MW und einer thermischen Leistung von 3 MW vorgestellt (Solarthermalworld, 2021). Zur Einbindung von PVT-Anlagen in ein Wärmenetz mit höherer Vorlauftemperatur, welches auf Grund der Gebäudealtersklassen in Achtrup 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 Achtrup dargestellt.

Der Gesamtendenergiebedarf von Achtrup beträgt 12,53 GWh/a (exklusive Mobilität), wovon 89 % und damit 11,16 GWh/a für die Bereitstellung von Wärme im Quartier benötigt wird. Der Gesamtbedarf an Wärme für private Wohngebäude liegt dabei bei etwa 10,08 GWh/a.

Der Gebäudebestand von Achtrup 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. Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch im Quartier Achtrup liegt bei 143 kWh/(m² a) entsprechend der nach dem GEG definierten Energieeffizienzklasse E (GEG 2020, Anlage 10 zu § 86).

Mit dem Blick auf das Ziel der Bundesregierung den Gebäudebestand Deutschlands bis 2050 nahezu klimaneutral abzubilden, ist der deutsche Durchschnitt Stand heute zu hoch. In Tabelle 4-3 ist die Entwicklung von Achtrup 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 (Gebäude Energieberater, 2024).

Tabelle 4-3: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate

	2025	2030	2035	2040	2045
Sanierungsrate 1 %					
Wärmebedarf [MWh]	10.080	9.490	9.025	8.583	8.162
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 [MWh]	10.080	8.929	8.072	7.296	6.595
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 [MWh]	10.080	7.410	5.734	4.437	3.433
Prozentuale Einsparung [%]	0	26	43	56	66
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	1.935	1.423	1.101	852	659

Bei einer gleichbleibenden Sanierungsrate von 1 % wird Achtrup eine Reduzierung von 19 % auf ca. 8,16 GWh/a erreichen. Auch bei einer Sanierungsrate von 5 % wird der Gebäudesektor in Achtrup 2045 nicht klimaneutral sein. Hierfür ist es zwingend notwendig, dass die Wärmeerzeugung des gesamten Quartiers regenerativ realisiert wird. Der Umstieg von fossilen Energieträgern auf regenerative Wärmeerzeugung kann bereits im Szenario mit 2 % Sanierungsrate die aktiv ausgestoßenen CO₂-Emissionen gegen Null gehen lassen.

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.

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 Heizungstausches beschlossen. Das oftmals als „Heizungsgesetz“ bezeichnete Gesetz brachte damit zu Beginn des Jahres einige Neuerungen. Für den Heizungstausch gibt es folgende Investitionskostenzuschüsse:

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

Die maximal förderfähigen Investitionskosten betragen 30.000 € für ein Einfamilienhaus bzw. die erste Wohneinheit in einem Mehrparteienhaus. Der maximal erhältliche Investitionskostenzuschuss für den Heizungstausch 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 betragen 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 Effizienzhausgebäudeniveau 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 Heizungsaustausch in der neuen BEG ist in Abbildung 4-13 dargestellt.

Heizungsaustausch (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 4-13: Förderübersicht Heizungsaustausch und Einzelmaßnahmen

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

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

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

4.3.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands in Achtrup 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 Achtrups 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. Der angegebene Wärmepreis wurde angenommen, spiegelt jedoch den zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes die aktuellen Kosten des jeweiligen Energieträgers wider.

4.3.2.1 Referenzgebäude 1 – Lecker Str. 5

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

Tabelle 4-4: Grunddaten – Lecker Str. 5

Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1950er
Baugrundfläche	93 m ²
Nutzfläche	153 m ²
Wärmebedarf	56.570 kWh/a
Spez. Wärmebedarf	369 kWh/ (m ² a)
Wärmeversorgung	Gas (21 Jahre alt)
Angenommener Wärmepreis	11 ct/kWh

Maßnahme 1 – Abseitenwände (Dach)

Im Zuge der Mustersanierung wurde als erste und gering investive Maßnahme die Dämmung der Abseitenwände im Obergeschoss in Betracht gezogen. Diese Maßnahme ist besonders sinnvoll, da oft ein großer Teil der Wärmeverluste über die Dachfläche entsteht (i.d.R. zweitgrößter Verlust nach den Außenwänden). Dieser Anteil wird durch die Dämmung der Abseitenwände indirekt reduziert. Diese relativ einfach umzusetzende Maßnahme verringert die Wärmeverluste deutlich, indem sie den Wärmefluss über das Dach nach außen reduziert. Dadurch können die Wärmeverluste dieses Bauteils der Gebäudehülle um etwa 90 % gesenkt werden, was zu einer Einsparung von 10 % des gesamten Wärmebedarfs und damit zu einer höheren Energieeffizienz und einem geringeren Heizbedarf führt.

Maßnahme 2 – Dämmung der Wände (Einblasdämmung)

Als zweite Maßnahme wurde bei der Sanierung des Gebäudes die Dämmung der gesamten Außenwand mit einer Einblasdämmung betrachtet. Es wird angenommen, dass der Wandaufbau des Gebäudes einen Luftspalt von ca. 5 cm aufweist, was diese Maßnahme ermöglichen würde. Da die Einblasdämmung eine im Vergleich besonders kostengünstige Maßnahme der Außenwanddämmung darstellt, sollte diese bei Möglichkeit umgesetzt werden. Durch die Einblasdämmung wird die Außenwand gut isoliert, wodurch weniger Wärme entweichen kann. Gerade im Obergeschoss, wo Wärmeverluste besonders ins Gewicht fallen, kann diese Dämmung in diesem Beispiel eine hohe Reduktion der Wärmeverluste bewirken, sodass eine Einsparung von insgesamt etwa 19 % erzielt werden kann. Dies würde für eine spürbare Senkung der Heizkosten und eine bessere Energieeffizienz sorgen.


Maßnahme 3 – Fensteraustausch

Bei diesem Gebäude ist die dargestellte kostenintensive Maßnahme der Austausch der Fenster. Ein typischer Fensteraustausch wird bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von 2,8 W/(m²K) und höher entsprechen solche Fenster nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m²K) für Fenster unterschritten und mit 0,9 W/(m²K) angenommen. Die Fläche der betrachteten Fenster beträgt etwa 9 m². Durch die geringen Einsparungen im Vergleich zu den hohen Investitionskosten amortisiert sich ein Fensteraustausch in diesem Fall erst nach 28 Jahren. Hierbei gilt es abzuwägen, ob die Fenster ausgetauscht werden sollen, bevor dies, beispielsweise aufgrund von Schäden, notwendig ist.

Zusammenfassung Lecker Str. 5

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Bei den Maßnahmen M1 und M2 kann die Investition u.U. zu niedrig sein, um eine Förderung zu beanspruchen (min. Investition: 2.000 €). Alle Förderungen wurden als maximal mit 20 % (15 % Grundförderung + 5 % mit iSFP) angenommen. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet.

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Mustersanierung Lecker Str. 5

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Einsparung	Amortisation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Abseitenwände	min: 1.610 €	min: 0 €	min: 1.610 €	10 %	680 €/a	min: 3 a	1.200 kg/a
	max: 2.900 €	max: 580 €	max: 2.320 €			max: 5 a	
M2: Einblasdämmung	min: 1.660 €	min: 0 €	min: 1.660 €	19 %	1.270 €/a	min: 2 a	2.240 kg/a
	max: 5.530 €	max: 1.110 €	max: 4.420 €			max: 5 a	
M3: Fenster austausch	8.500 €	1.700 €	6.800 €	2 %	160 €/a	28 a	280 kg/a

4.3.2.2 Referenzgebäude 2 – Westertoft 8

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

Tabelle 4-6: Grunddaten – Westertoft 8

	Grunddaten des Gebäudes	
	Baujahr	1975
	Baugrundfläche	129 m ²
	Nutzfläche	189 m ²
	Wärmebedarf	38.930 kWh/a
	Spez. Wärmebedarf	207 kWh/ (m ² a)
	Wärmeversorgung	Öl (14 Jahre alt)
	Angenommener Wärmepreis	10 ct/kWh

Maßnahme 1 – Heizungsoptimierung

Heizungspumpen sind das Herz der Heizung. Sie fördern das erwärmte Wärmeträgermedium zu den Heizkörpern und gleichzeitig das abgekühlte Wasser zurück zum Heizkessel. Im ungünstigsten Fall laufen Heizungspumpen auch dann, wenn die Heizkörper selbst gar nicht in Betrieb sind. Alte Heizungspumpen sind daher für einen erheblichen Teil des Stromverbrauchs im Haushalt verantwortlich. Um den Stromverbrauch zu optimieren und die Betriebskosten zu senken, empfiehlt sich der Austausch durch energieeffizientere Modelle. Diese reduzieren den Stromverbrauch nicht nur durch eine kürzere Laufzeit, sondern auch durch eine geringere Leistung. Die hier betrachtete Pumpe hat eine Leistung von 65 W.

Für die Berechnung der energetischen Sanierung wurden die Heizungspumpe durch eine moderne Hocheffizienzpumpe ersetzt. Durch diese Maßnahme wird der Stromverbrauch der Heizungspumpe mehr als halbiert, was sich entsprechend in den Kosten niederschlägt. Zusätzlich wurde in dieser Maßnahme der sogenannte „hydraulische Abgleich“ betrachtet, der durch die Optimierung der Wärmeverteilung zu einer Einsparung im Wärmebedarf führt. Abschließend wurde die Maßnahme durch die Dämmung von bisher ungedämmten Verteilleitungen in Eigenleistung ergänzt.

Energetische Sanierungsmaßnahmen im Sinne der Heizungsoptimierung, wie der Heizungspumpentausch oder der hydraulische Abgleich, werden auch durch das BEG mit bis zu 20 % (15 % Basisförderung plus ggf. 5 % Bonus bei Vorliegen eines individuellen Sanierungsfahrplans) gefördert, bei einer Mindestinvestition von 300 €. Durch diese Förderung können sich die geschätzten Amortisationszeiten entsprechend weiter verkürzen.

Maßnahme 2 – Dämmung der Wände (Einblasdämmung)

Als zweite Maßnahme wurde bei der Sanierung des Gebäudes die Dämmung der gesamten Außenwand mit einer Einblasdämmung betrachtet. Das Gebäude verfügt bereits jetzt über gute Dämmeigenschaften, bietet jedoch durch einen Luftspalt von voraussichtlich ca. 8 cm die Möglichkeit einer Einblasdämmung und damit einer weiteren Verbesserung dieser. Da die Einblasdämmung eine im Vergleich besonders kostengünstige Maßnahme der Außenwanddämmung darstellt, sollte diese bei Möglichkeit umgesetzt werden. Durch eine Einblasdämmung wird die Außenwand gut isoliert, wodurch weniger Wärme entweichen kann. Durch die bereits jetzt guten Dämmeigenschaften der Außenwand kann bei dieser Maßnahme eine Reduktion der Wärmeverluste von etwa 7 % erzielt werden. Dies würde dennoch für eine spürbare Senkung der Heizkosten und eine bessere Energieeffizienz sorgen.

Maßnahme 3 – Fensteraustausch

Bei dem Gebäude ist die erste kostenintensive Maßnahme der Austausch der Fenster. Ein solcher Austausch wird in der Regel bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt, da die Fenster mit einem U-Wert von bis zu 2,8 W/(m²K) nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m²K) für Fenster unterschritten und mit 0,9 W/(m²K) angenommen. Die auszutauschenden insgesamt 14 Fenster weisen einen durchschnittlichen U-Wert von 1,9 W/(m²K) auf, was einer Fläche von etwa 34 m² entspricht. Die geringen Einsparungen im Vergleich zu den hohen Investitionskosten machen einen Fensteraustausch in diesem Fall erst nach 51 Jahren rentabel. Hierbei ist abzuwägen, ob die Fenster ausgetauscht werden sollen, bevor dies, beispielsweise aufgrund von Schäden, notwendig ist.


Maßnahme 4 & 5– Heizungstausch (Luft-Wärmepumpe & Fernwärmeanschluss)

Die Ölheizung hat mit 14 Jahren ihre übliche Lebensdauer noch nicht überschritten, kommt aber in ein Alter, in dem bereits über einen Austausch nachgedacht werden könnte. Da derzeit hohe Fördersätze zur Verfügung stehen, soll eine alternative Heizmöglichkeit aufgezeigt werden. Beispielhaft wurde hier eine Luftwärmepumpe und FW-Anschluss betrachtet. Dabei wurde die Anschaffung der Wärmepumpe (analog hierzu der Baukostenzuschuss beim Fernwärmeanschluss) mit der Ersatzinvestition in einen neuen Ölkessel verglichen. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um eine Vollkostenbetrachtung handelt, d.h. u.a. Kosten für Wartung und Instandhaltung bzw. Ersatz-investitionen sind berücksichtigt. Nicht berücksichtigt sind jedoch die Kosten für eventuelle Investitionen zur Absenkung der Vorlauftemperatur (Vergrößerung der Heizflächen, Fußboden-heizung, Maßnahmen an der Gebäudehülle), die beim Umstieg auf eine Wärmepumpe notwendig werden könnten. Bestehende Gebäude haben bei konventionellem Heizverhalten typischerweise eine Vorlauftemperatur von 60 – 85 °C. Diese hohe Temperatur ist nicht in allen Fällen notwendig und kann reduziert werden. Eine Wärmepumpe beginnt bei einer Vorlauftemperatur von 50 °C und darunter effizient zu arbeiten. Um die Kosten einer Wärmepumpe darzustellen, wird davon ausgegangen, dass dieses Gebäude mit einer Luftwärmepumpe mit dem bestehenden Heizsystem beheizt werden kann. Der Einsatz von Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden ist möglich. Eine konkrete technische Umsetzung muss jedoch näher untersucht werden.

Zusammenfassung Westertoft 8

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Bei den Maßnahmen M1, M2 und M3 wurden die Förderungen als maximal mit 20 % (15 % Grundförderung + 5 % mit iSFP) angenommen. Bei der Maßnahme M2 kann eine zu geringe Investitionssumme allerdings dazu führen, dass keine Förderung möglich ist (min. Investition liegt bei 2.000 €). Bei der Förderung der Maßnahme M4 & M5 (Heizungstausch) wurde die Basisförderung und der Klimageschwindigkeitsbonus angerechnet. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet.

Tabelle 4-7: Zusammenfassung der Mustersanierung Westertoft 8

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energie-einsparung Wärme	jährl. Einsparung	Amorti-sation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Heizungs-optimierung	850 €	170 €	680 €	8 % ¹	300 €	3 a	1.000 kg/a
M2: Einblasdämmung	min: 1.500 €	min: 0 €	min: 1.500 €	7 %	280 €/a	min: 6 a	790 kg/a
	max: 5.000 €	max: 1.000 €	max: 4.000 €			max: 15 a	
M3: Fensteraustausch	32.100 €	6.400 €	25.700 €	5 %	230 €/a	51 a	650 kg/a
M4: Heizungstausch WP	32.800 €	16.400 €	16.400 €	68 % ²	1.890 €/a ³	9	4.340 kg/a
M5: Heizungstausch Fernwärme	15.000 €	7.500 €	7.500 €	5 %	2.000 €/a ³	4	11.212 kg/a

¹Zusätzlich werden etwa 325 kWh Strom pro Jahr eingespart

²Endenergieeinsparung bei Energieträgerwechsel

³ Bezogen auf die Vollkosten über 20 Jahre

4.3.2.3 Referenzgebäude 3 – Gärtnerestr. 3

In Tabelle 4-8 sind die Grundlegenden Daten zum dritten Referenzgebäude aufgelistet. Diese können als Orientierung für Personen in Achtrup dienen, um das Referenzgebäude mit der eigenen Immobilie vergleichen zu können. Die Nutzfläche des Gebäudes berechnet sich aus dem simulierten Gebäudevolumen. Bei dem angegebenen Wärmebedarf ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den genormten spezifischen Wärmebedarf der Immobilie handelt, der sich aus den thermischen Verlusten der Gebäudehülle sowie den angenommenen technischen Gegebenheiten der Heizungsanlage berechnet. Der Wärmeverbrauch hingegen spiegelt den tatsächlichen Verbrauch beim individuellen Heizverhalten wider.

Eine Besonderheit dieses Gebäudes besteht in der installierten Stromdirektheizung in Form einer Fußbodenheizung als Primärheizung. Zusätzlich dazu wird etwa 50 % des Wärmeverbrauchs in diesem Gebäude durch den vorhandenen Kamin gedeckt. Für die Berechnung der Maßnahmen wurde allerdings die gesamte Bereitstellung des Wärmebedarfs durch die Primärheizung angenommen.

Tabelle 4-8: Grunddaten – Gärtnerestr. 3

Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1980er
Baugrundfläche	140 m ²
Nutzfläche	220 m ²
Wärmebedarf	26.440 kWh/a
Spez. Wärmebedarf	120 kWh/ (m ² a)
Wärmeversorgung	Strom (40 Jahre alt)
Angenommener Wärmepreis	25 ct/kWh

Maßnahme 1 – Haustür

Bei dem betrachteten dritten Referenzgebäude ist als Eingangstür eine klassische ältere Haustür mit Fensterelementen verbaut. Im Zuge der Mustersanierung wurde der Austausch der Tür in Betracht gezogen. Diese Maßnahme ist besonders sinnvoll, da veraltete Türen oft schlecht isoliert sind und dadurch erhebliche Wärmeverluste entstehen. Eine moderne, gut gedämmte Tür verringert die Wärmeverluste deutlich, indem sie Kältebrücken schließt und den Wärmefluss nach außen reduziert. Dadurch können die Wärmeverluste der Tür um etwa 58 % gesenkt werden, was zu einer Einsparung von 2 % des gesamten Wärmebedarf und damit zu einer höheren Energieeffizienz und einem geringeren Heizbedarf führt.

Maßnahme 2 – Photovoltaikanlage

Da in diesem Gebäude mit Strom direkt geheizt wird, wurde als dritte Maßnahme die Installation einer weiteren PV-Anlage betrachtet (eine 5 kWp Anlage ist bereits installiert). Die Anlage wurde jeweils mit und ohne 5,1 kWh Batteriespeicher simuliert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4-10 zu sehen. Für die Stromkosten wurde ein gewichteter Mittelwert für die Kosten von Haushaltsstrom und Strom zu Heizzwecken gebildet, um dem Stromtarif zu Heizzwecken Rechnung zu tragen.

Maßnahme 3 – Fensteraustausch

Bei diesem Gebäude ist die dargestellte kostenintensive Maßnahme der Austausch der Fenster. Ein typischer Fensteraustausch wird bei einem Alter von 40-50 Jahren durchgeführt. Mit einem U-Wert von 2,8 W/(m²K) und höher entsprechen solche Fenster nicht mehr dem Stand der Technik. Bei der Berechnung dieser Maßnahme wurde der für die Förderung maximal zulässige U-Wert von 0,95 W/(m²K) für Fenster unterschritten und mit 0,9 W/(m²K) angenommen. Die Fläche der betrachteten Fenster beträgt etwa 25 m². Durch die geringen Einsparungen im Vergleich zu den hohen Investitionskosten amortisiert sich ein Fensteraustausch in diesem Fall erst nach 17 Jahren. Hierbei gilt es abzuwägen, ob die Fenster ausgetauscht werden sollen, bevor dies, beispielsweise aufgrund von Schäden, notwendig ist.

Zusammenfassung Gärtnerestr. 3

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderungen bei M1 & M3 wurden als maximal mit 20 % (15 % Grundförderung + 5 % mit iSFP) angenommen. Die PV-Anlage kann auch im Jahr 2025 ohne Mehrwertsteuer gekauft werden und erhält eine Einspeisevergütung für den eingespeisten Strom, welche in diesem Beispiel 7,94 ct/kWh beträgt.

Tabelle 4-9: Zusammenfassung der Mustersanierung Gärtnerestr. 3


	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	jährl. Einsparung	Amortisation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Haustüraustausch	4.000 €	800 €	3.200 €	2 %	125 €/a	20 a	280 kg/a
M2: PV-Anlage	siehe Tabelle 4-10						
M3: Fensteraustausch	23.650 €	4.730 €	18.920 €	10 %	690 €/a	21 a	1.540 kg/a

Tabelle 4-10: Simulationsergebnisse PV-Anlage Gärtnerestr. 3

Name und Art der PV-Anlage	Anlage [kWp]	Spez. Kosten [€/kWp]	Investition	Eigenverbrauch	Autarkie (= Energiekosten-einsparung)	Einspeisevergütung	Amortisation [a]	Gesamtsparsnis über 20 a
Ost-West-Ausrichtung	8,8	1.300	11.500 €	23 %	13,6 %	420 €/a	14,2	5.160 €
+ 5,12 kWh Speicher	8,8	1.650	14.500 €	38 %	21,4 %	330 €/a	14,6	6.260 €

4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNGS-LÖSUNGEN

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.

HOLZPELLETKESEL

Die Holzpellets werden in einem, sich in der Nähe der Heizungsanlage befindlichen, Vorratstank gelagert. Von dort aus werden sie meist automatisch zur Verbrennung geleitet. Die Verbrennung findet sehr sauber statt, es fällt verhältnismäßig wenig Asche an. Dennoch benötigt dieses System viel Fläche, neben der Heizungsanlage und den Vorrat für die Pellets ist für das Betreiben ein Pufferspeicher unabdingbar. Auch der Flächenaufwand für den Anbau von Bäumen ist nicht außer Acht zu lassen. Ebenfalls wird durch das Verbrennen von Holz in kurzer Zeit 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.

HACKSCHNITZELKESEL

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

WÄRMEPUMPE

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

SOLARTHERMIE

Solarthermieranlagen 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 von Einzelheizungen setzen eine Grenze für die Anschluss und Betriebskosten der zentralen Wärmeversorgung. Das Halten sowie der Gewinn von neuen Kunden muss einen Vorteil gegenüber oder zumindest Vergleichbar mit gängigen Einzellösungen sein. Daher ist ein Vollkostenvergleich der gängigsten Heizsysteme für ein typisches Einfamilienhaus sinnvoll um hierfür ein Gefühl sowie einen konkreten Zahlenwert zu erhalten.

Die in Tabelle 4-11 gezeigten Werte beruhen sowohl auf eigenen Ermittlungen als auch auf Werten des BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021), des C.A.R.M.E.N e. V. (C.A.R.M.E.N e.V., 2024) und des Deutschen Pelletinstituts (DEPI, 2023). Die Kosten für Wärmepumpen orientieren sich an aktuellen Preisen. Es wurden die aktuellen Fördersätze nach BEG (vgl. Abschnitt 4.3.1) berücksichtigt.

Tabelle 4-11: Annahmen zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

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

In diesem Vergleich wird davon ausgegangen, dass eine bestehende Heizung in einem Gebäude mit einem Wärmebedarf von 22.500 kWh/a durch ein alternatives Heizsystem nach GEG ersetzt wird. Abbildung 4-14 zeigt die betrachteten Varianten (Gaskessel mit Nutzung von Biogas, Pelletheizung, Wärmepumpe und Wärmepumpe mit PV und Batterie) und die entsprechenden Vollkosten.

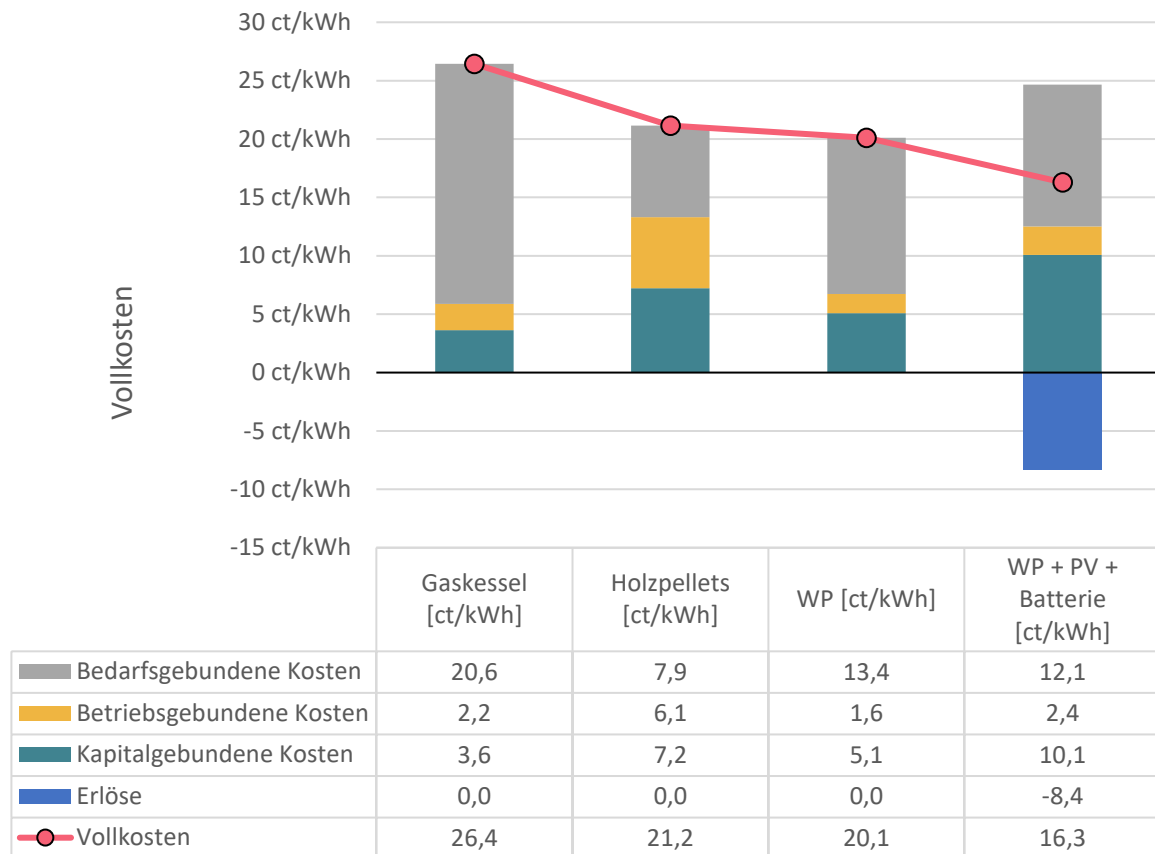


Abbildung 4-14: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

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

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

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

Die wirtschaftlichste Lösung über die nächsten 20 Jahre ist unter den getroffenen Annahmen (Tabelle 4-11) die Variante **Wärmepumpe + PV + Batterie** mit Vollkosten von **16,30 ct/kWh**, was im Vergleich zur Wärmepumpe ohne PV & Batterie hauptsächlich auf die zusätzlichen Einsparungen durch die Nutzung des erzeugten Stroms im Haushalts- und Wärmepumpenstrom zurückzuführen ist.

Es sei 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 in diesem Vergleich 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 Wärmegehung
- **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 WÄRMEVERSORGUNGS-LÖSUNGEN

Bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen werden alle Einzellösungen mit einem erdgasbefeuerten Gaskessel verglichen, da dieser im Bestand am häufigsten anzutreffen ist. Aufgrund des spezifischen Emissionsfaktors des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, 2022) erreicht die Wärmepumpe 4.850 kg/a, was lediglich einer Einsparung von ca. 8 % gegenüber dem Gaskessel entspricht. Es ist zu berücksichtigen, dass der Emissionsfaktor für Netzstrom in den kommenden Jahren weiter sinken und bis 2035 0 g/kWh erreichen soll, sodass zukünftig keine bedarfsbedingten Emissionen der Wärmepumpe mehr anfallen würden. Bereits heute kann der CO₂-Ausstoß der Wärmepumpe durch den Einsatz einer PV-Anlage auf 4.400 kg/a reduziert werden. Mit Biomethan als Energieträger sinkt der Ausstoß um ca. 42 % auf 3.150 kg/a. Die aktuell geringsten Emissionen weist die Pelletheizung auf, die – sofern nachhaltig produzierte Pellets verwendet werden – lediglich 450 kg/a verursacht.

Tabelle 4-12: 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	8.650	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 der zentralen Wärmeversorgung für den Ortskern Achtrup wird die benötigte Wärme für das Heizen oder Warmwasser in einer Heizzentrale (Heizwerk) bereitgestellt. Dieses verteilt die Wärme über ein Fern- bzw. Nahwärmenetz. Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurde das Bestandsnetz geprüft und alternative Versorgungsszenarien entwickelt.

Neben der technischen Auslegung erfolgte eine wirtschaftliche Analyse der verschiedenen Szenarien. Im Rahmen dessen wurden die Vollkosten der jeweiligen Konzepte miteinander verglichen, um eine Bewertung der langfristigen Wirtschaftlichkeit vorzunehmen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bis zum Jahr 2032 ein Wärmeliefervertrag mit der Biogasanlage besteht. Aufgrund der geringen Kosten ist bis dahin eine Umstellung der Wärmeversorgung nicht empfehlenswert. basiert auf aktuellen Preisniveaus, die zum Zeitpunkt der Analyse vorlagen. Es ist zu berücksichtigen, dass sich die Kosten bis 2032 verändern können, sodass die hier ermittelten Ergebnisse eine Momentaufnahme darstellen. Da keine alternativen Ansätze zur Prognose zukünftiger Preise zur Verfügung standen, erfolgte die Berechnung der Szenarien auf Basis der derzeit gültigen Preise. Diese Vorgehensweise ist als methodische Einschränkung zu werten, liefert jedoch wertvolle Einblicke in die relative Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Konzepte.

4.5.1 WÄRMENETZ

Entlang der Hauptverteilung des Bestandswärmenetzes befinden sich insgesamt 267 Adressen, von denen derzeit 122 an das Wärmenetz angeschlossen sind. Dies entspricht einem Anschlussgrad von 46 %. Die aktuelle jährliche Wärmearbeit des Netzes beläuft sich auf 3.457 MWh, wobei bereits 31 % Wärmeverluste berücksichtigt wurden. Im Winterlastfall wird eine Spitzenlast von ca. 1.200 kW benötigt.

Die gegenwärtige Wärmeversorgung wird durch eine zentrale Heizzentrale gewährleistet, die mit mehreren Blockheizkraftwerken (BHKW) sowie zwei zusätzlichen, mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kesseln zur Abdeckung von Spitzenlasten und zur Gewährleistung einer Redundanz ausgestattet ist. Dabei werden BHKW 1 und 2 mit Biogas versorgt, während das BHKW 3 mit Erdgas befeuert wird. Die nachfolgende Tabelle zeigt die ermittelten Leistungen der Wärmeerzeuger:

Tabelle 4-13: Leistungen der Wärmeerzeuger zur Versorgung des Bestandswärmenetzes

Wärmeerzeuger	Leistung [kW]	
	thermisch	elektrisch
BHKW 1	407	366
BHKW 2	782	703
BHWK 3	104	50
Heizöl-Kessel	800	-
Erdgas Kessel	600	-

Abbildung 4-15 zeigt den Verlauf des Wärmenetzes sowie potenzielle Erweiterungsgebiete für das Wärmenetz. Diese könnten grundsätzlich erschlossen werden, erfordern jedoch vorherige Ertüchtigungsmaßnahmen zur Sicherstellung einer zuverlässigen Wärmeversorgung.

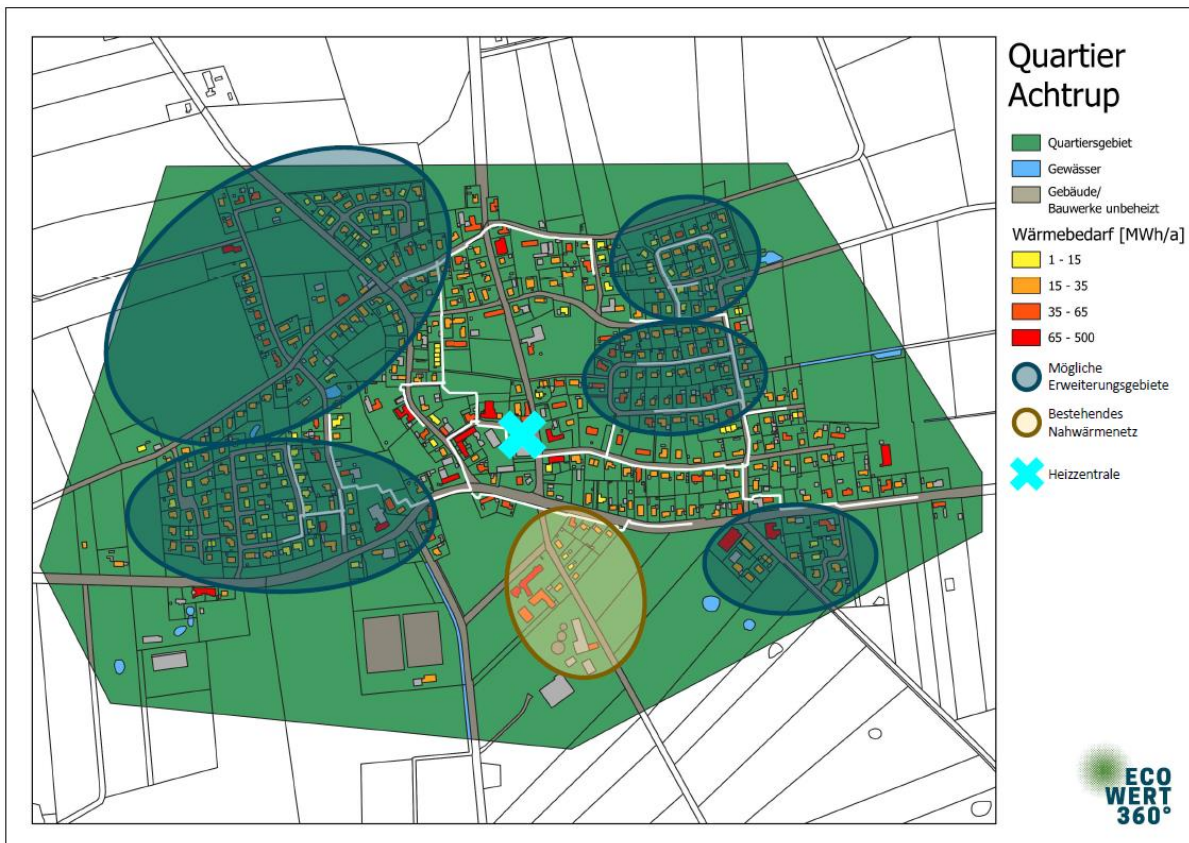


Abbildung 4-15: Potenzielle Erweiterungsgebiete des Bestandswärmenetzes

Eine hydraulische Untersuchung des Bestandswärmenetzes ergab, dass einige Stellen bereits große Druckverluste aufweisen. Daraus resultiert, dass eine Erweiterung des Netzes nur mit Netzverstärkungen umsetzbar ist unter der Voraussetzung, dass ausreichend Erzeugerkapazität und Pumpleistung zur Verfügung steht. Auch ist im Zuge einer potenziellen Nachverdichtung des Bestandsnetzes eine individuelle hydraulische Betrachtung der einzelnen Hausanschlüsse notwendig.

Aufgrund von Problemen, die in der Vergangenheit bei einigen Schweißnähten aufgetreten waren und zu Leckagen führten, liegt der Fokus der Wärmegenossenschaft derzeit auf der Behebung dieser Mängel. Eine großflächige Nachverdichtung ist daher nicht vorgesehen. Stattdessen liegt der Schwerpunkt auf der zukunftsorientierten Weiterentwicklung des bestehenden Netzes. In der Folge werden im nächsten Abschnitt alternative Erzeugungskonzepte für das Bestandswärmenetz ohne Nachverdichtung oder Erweiterung untersucht.

4.5.2 ERZEUGUNGSKONZEPTE

In Abschnitt 4.2 wurden verschiedene Technologien vorgestellt, die grundsätzlich für eine nachhaltige Wärmeversorgung in Betracht kommen. Für Achtrup wurden daraus zwei Szenarien entwickelt, die unterschiedliche Kombinationen von Wärmeerzeugern mit dem bestehenden Biogasanlagen-Szenario vergleichen. In allen Konzepten werden die vorhandenen Kessel zur Spitzenlastabdeckung und Redundanz sowie der Bestands-Wärmespeicher zur Betriebsoptimierung berücksichtigt. Zudem ist eine Direktleitung zur Versorgung der Wärmepumpen vorgesehen, die die Wärmezentrale mit einer 2,3 MW-Windkraftanlage in 2,5 km Entfernung verbindet (vgl. Abschnitt 4.1.1). Die Leistungskonfiguration der Wärmeerzeuger wurde wirtschaftlich optimiert, sodass die niedrigsten Vollkosten erreicht werden, während der fossile Anteil gemäß den BEW-Vorgaben unter 10 % bleibt.

Szenario 1: Wärmepumpe + Heizstab

Hier wird das Netz vor allem mit erneuerbaren Energien beheizt. Eine Wärmepumpe deckt den größten Teil des Bedarfs. Etwa 57 % des Stroms für die Wärmepumpe kommt aus Windkraft, der Rest aus dem öffentlichen Stromnetz. Durch die Nutzung weiterer WKA würde dieser Anteil, aufgrund von Gleichzeitigkeit der Stromerzeugung, nur geringfügig steigen.

Die Wärmepumpe nutzt Umgebungsluft als Wärmequelle. Andere Wärmequellen sind möglich, aber wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, ist die Nutzung von Erdwärme über Sonden oder Kollektoren mit höheren Kosten verbunden. Dafür muss ein Geothermal Response Test durchgeführt werden und es muss das Sondenfeld simuliert werden. Deshalb wurden die ersten Überlegungen auf die Luft-Wärmepumpe beschränkt.

Neben der Wärmepumpe mit 700 kW thermischer Leistung ist auch ein Heizstab mit 100 kW thermischer Leistung installiert. Dieser wird mit überschüssigem erneuerbarem Strom betrieben. Dieser wird genutzt, wenn viel Strom aus erneuerbaren Quellen zur Verfügung steht. Die Wärmepumpe erzeugt 94 % der Wärme, der Heizstab 2 %. Der Spitzenlastkessel stellt die restlichen 4 % der Wärme für das Fernwärmenetz bereit.

In Abbildung 4 16 ist die Konzeptskizze dargestellt. Das Konzept besteht aus einem Heizstab und einer Wärmepumpe, die Strom aus Windkraft oder dem öffentlichen Netz nutzen. Außerdem braucht es einen Wärmespeicher und eine Spitzenlast- und Redundanzregelung.

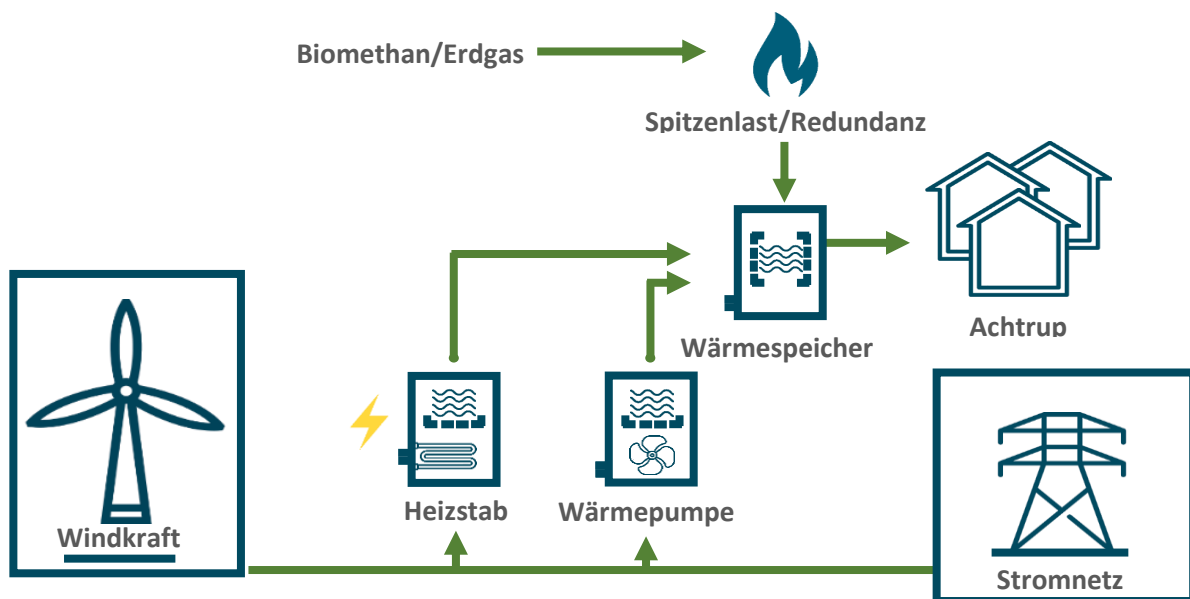


Abbildung 4-16: Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios

Der Vorteil des ersten Szenarios liegt in der kostengünstigen Wärmebereitstellung durch die Kombination der Wärmepumpe mit erneuerbarem Strom aus Windkraft. Aufgrund der hohen Verfügbarkeit von Windenergie kann ein signifikanter Teil des Strombedarfs auf regenerative Weise gedeckt werden, was zu geringen Betriebskosten und einer umweltfreundlichen Wärmeversorgung führt. Zudem wird durch den Einsatz eines Heizstabes zusätzlich günstiger erneuerbarer Strom genutzt, was den Anteil der fossil erzeugten Wärme weiter verringert.

Dieses Szenario ist jedoch mit einigen Herausforderungen verbunden. Die Wärmepumpe ist in hohem Maße von der Verfügbarkeit erneuerbarer Stromquellen abhängig, was zu einer Steigerung der verbrauchsabhängigen Kosten führt, sofern der Strombezug aus dem öffentlichen Netz erforderlich ist.

Zudem ist eine Reduktion der Effizienz der Luft-Wasser-Wärmepumpe bei niedrigen Außentemperaturen zu verzeichnen, was zu einer weiteren Erhöhung des Energieverbrauchs und der Betriebskosten führen kann. Darüber hinaus ist die Umwandlung von Strom in Wärme durch den Heizstab, im Gegensatz zur Wärmepumpe, als weniger effizient zu betrachten. Die Notwendigkeit, verschiedene Energiequellen und Technologien zu berücksichtigen, bedingt eine komplexe Systemarchitektur und erfordert eine präzise Steuerung, um einen optimalen Betrieb zu gewährleisten.

Szenario 2: Holzhackschnitzel

In diesem Szenario erfolgt die Wärmeversorgung des Quartiers durch einen Holzhackschnitzelkessel mit einer Leistung von 650 kW, welcher ca. 92 % der Wärme bereitstellt. Der verbleibende Wärmebedarf wird durch die Spitzenlastkessel gedeckt, wobei dieser mit einem Anteil von 8 % unter den vorgegebenen 10 % der BEW liegt.

Abbildung 4-17 zeigt die Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios. Es besteht aus dem Holzhackschnitzelkessel, dem Wärmespeicher sowie der Spitzenlast und Redundanz.

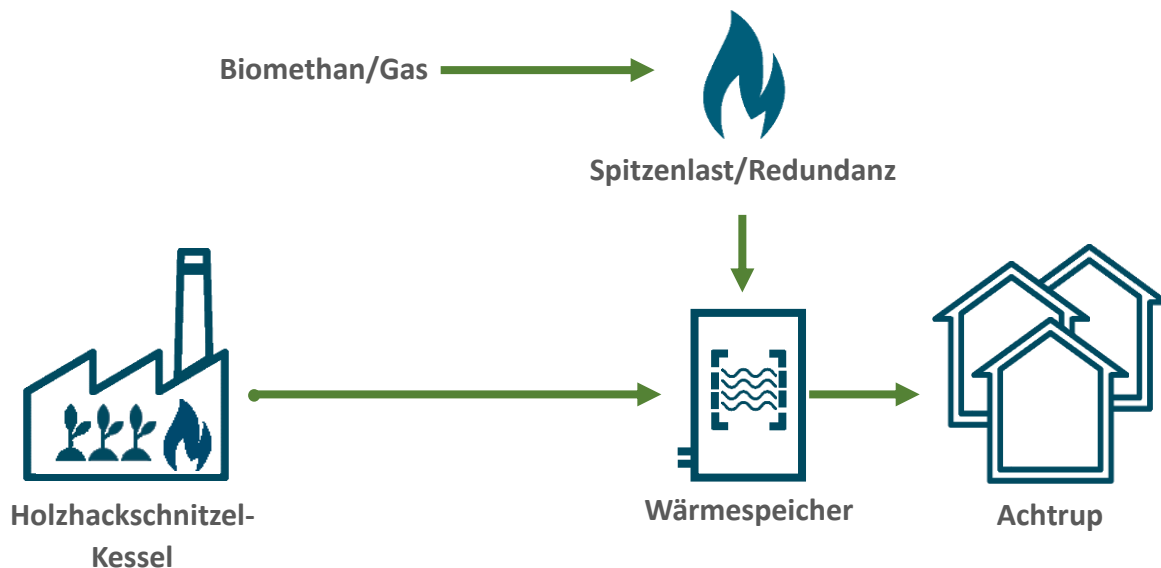


Abbildung 4-17: Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios

Dieses Szenario zeichnet sich durch eine einfache Betriebsweise aus, da ausschließlich ein Holzhackschnitzelkessel als Wärmeerzeuger genutzt wird. Die Nutzung von Holzhackschnitzeln als regenerativem Brennstoff sorgt für eine nachhaltige Wärmeversorgung mit einem vergleichsweise geringen Emissionsfaktor.

Die starke Abhängigkeit von Holzhackschnitzeln kann jedoch zu Problemen führen, insbesondere bei steigenden Brennstoffpreisen oder Lieferengpässen. Zudem erfordert die Lagerung des Brennstoffs einen hohen Platzbedarf und zusätzliche bauliche Maßnahmen. Aufgrund der vorhandenen Flächen stellt dies jedoch keine Einschränkung dar.

Szenario 3: Wärme Biogasanlage

Im dritten Szenario wird die Wärmeversorgung ausschließlich durch die Wärme aus dem BHKW der Biogasanlage bezogen, so wie es im Bestand bereits heute erfolgt. Durch die Darstellung dieses

Szenarios wird eine Referenz geschaffen, die es ermöglicht, die aktuelle Wärmeversorgung mit den alternativen Versorgungsszenarien zu vergleichen und deren Vor- und Nachteile besser zu bewerten.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Konzeptskizze des dritten Versorgungsszenarios. Auch in diesem Szenario sind, wie in den vorangegangenen, Spitzenlastkessel und Wärmespeicher integriert.

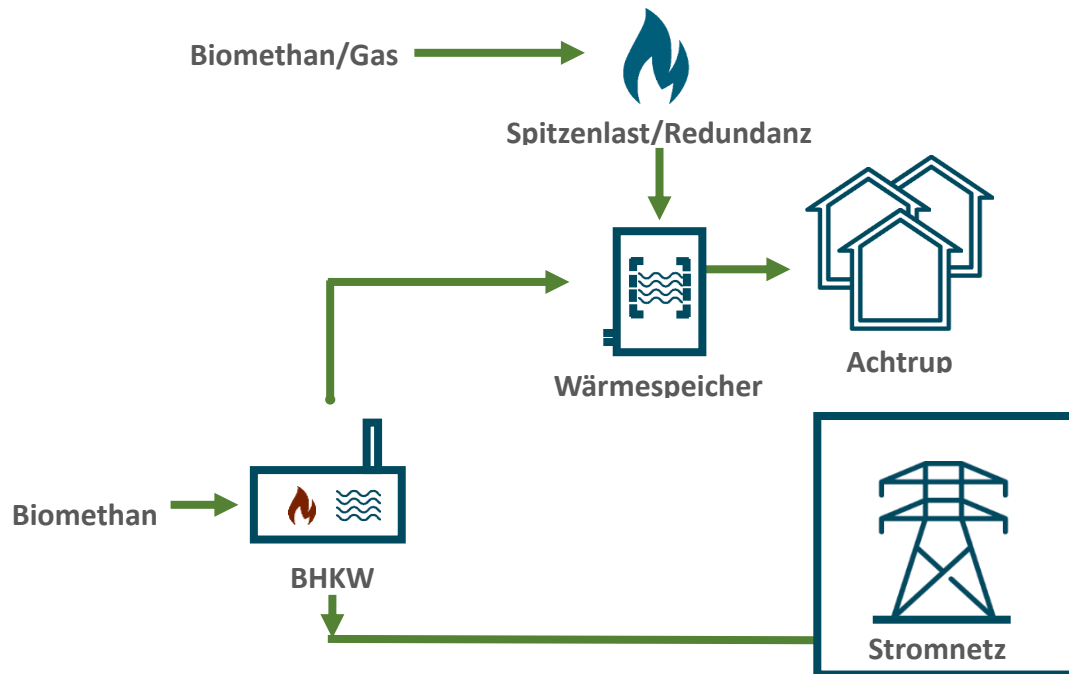


Abbildung 4-18: Konzeptskizze des dritten Erzeugungsszenarios

Durch das in Kapitel 4.1.3 beschriebene Biomassepaket 2025 entstehen für BGA Betreiber neue Perspektiven, die Auswirkungen auf den Betrieb in Achtrup haben könnten, sodass der Betreiber einer weiteren Zusammenarbeit positiv gegenübersteht. Die durch das Biomassepaket entstehenden Herausforderungen sind laut Aussage des Betreibers unkritisch, da beispielsweise die Nutzung von Gülle perspektivisch möglich ist und damit Probleme bei der Rohstoffbeschaffung minimiert werden können. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das Biogas einer benachbarten BGA in die Gasleitung einzuspeisen, da diese direkt entlang der Gasleitung verläuft, womit weitere Gaserzeugungskapazitäten eingebunden werden können. Dadurch kann die Versorgungskapazität und -sicherheit weiter erhöht werden. Die Gasleitung stellt dabei nicht den begrenzenden Faktor dar, da diese für den IST-Zustand überdimensioniert ist.

Die westlich an die Heizzentrale angrenzende Fläche wurde bereits durch den Betreiber der Heizzentrale akquiriert und steht damit für den Ausbau der Heizzentrale und den Zubau eines Pufferspeichers zur Verfügung.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Szenarios ist die bereits vorhandene Erfahrung mit dem Betrieb des Systems. Da ausschließlich Wärme aus dem BHKW genutzt wird, ist die Anlagensteuerung vergleichsweise einfach, da keine Koordinierung unterschiedlicher Erzeuger nötig ist. Dies reduziert den technischen Aufwand und erleichtert die Bedienung.

Ein zentraler Nachteil dieses Szenarios ist die starke Abhängigkeit von der Biogasanlage. Betriebsstörungen oder ein vollständiger Ausfall der Anlage hätten direkte Auswirkungen auf die Wärmeversorgung, sodass zusätzliche Absicherungsmaßnahmen erforderlich sind. Zudem bleibt die Flexibilität des Systems eingeschränkt, da keine alternativen oder ergänzenden erneuerbaren

Wärmequellen integriert sind. Dies könnte sich insbesondere dann als nachteilig erweisen, wenn sich zukünftige Entwicklungen auf den Energiemärkten – beispielsweise durch sinkende Strompreise – dazu führen, dass strombasierte Wärmeerzeugung wirtschaftlich vorteilhafter wäre als die Nutzung von Biogas. In diesem Fall würde die fehlende Möglichkeit zur Diversifizierung der Energiequellen die Anpassungsfähigkeit des Systems erheblich begrenzen.

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 bzw. Transformationsplan für den Ausbau von Bestandsnetzen, 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 Monaten 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

In Modul 2 werden alle Maßnahmen gefördert, die zur Errichtung oder dem Ausbau eines Wärmenetzes erforderlich sind. Voraussetzung für die Umsetzungsförderung ist die Erstellung und einer Machbarkeitsstudie bzw. Transformationsplan 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 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. Für ein Maßnahmenpaket ist eine einmalige Verlängerung des Bewilligungszeitraumes um 24 Monate möglich.

Modul 3: Einzelmaßnahmen

Die Umsetzung von Einzelmaßnahmen bezieht sich auf Bestandswärmenetze, hat somit für den Neubau eines Wärmenetzes keine Bedeutung und wird hier daher nicht weiter erläutert.

Modul 4: Betriebskostenförderung

Für den Betrieb von Solarthermieranlagen und Wärmepumpen kann nach der Errichtung ein gesonderter Antrag auf Förderung der Betriebskosten gestellt werden. Die Förderung erfolgt bei Solarthermieranlagen als Festbetragsfinanzierung und bei Wärmepumpen als Anteilsfinanzierung der Nettoausgaben. Für Wärme aus Solarthermie wird ein Zuschuss von 1 ct/kWh_{th} gewährt. Die Betriebskostenförderung für Wärmepumpen unterscheidet sich in der Höhe der Vergütung zwischen netzgebundener Energie und dem Bezug erneuerbarer Energie über eine Direktleitung. Die Differenz zwischen der aus Netzstrom erzeugten Wärme und dem dafür verbrauchten Strom, also die Umweltwärme, wird mit maximal 9,2 ct/kWh_{th} gefördert. Für den Anteil der Wärme, der mit Strom aus Erneuerbare-Energien-Anlagen ohne Netzdurchleitung erzeugt wird, beträgt der Betriebskostenzuschuss maximal 3 ct/kWh_{th}. Für Anlagen, die Strom aus dem Netz beziehen, ist der Betriebskostenzuschuss auf 90 % der nachgewiesenen Stromkosten begrenzt. Die Vergütung für Wärmepumpen und Solarthermieranlagen ist auf 10 Jahre begrenzt.

4.5.3.2 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Durch die Wärmeerzeugung mittels eines oder mehrerer Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Biomethan kann die im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) verankerte Förderung für den Bau von Wärmenetzen (§ 18 ff. KWKG) für einen geplanten Aus- oder Neubau eines Wärmenetzes berücksichtigt werden. Der Fördersatz beträgt 40 % der Investitionskosten für den Trassenbau (Rohr- und Tiefbau), die hydraulischen Anlagenteile sowie die Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Nicht förderfähig sind Entnahmetechnik, Heizwerke und Planung. Voraussetzung ist zum einen, dass mindestens 75 % der Wärme aus einer Kombination von KWK-Anlagen, EE und/oder Abwärme stammen. Zum anderen muss die KWK-Anlage allein mindestens 10 % des Wärmeabsatzes liefern. Die Quote muss innerhalb von 36 Monaten nach Inbetriebnahme erreicht werden.

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.

4.5.4 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 den 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. Betriebskostenförderung BEW)

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 4-14 dargestellt.

Tabelle 4-14: Übersicht über zentrale Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bezeichnung	Wert
Betrachtungszeitraum (Vorgabe BEW)	30 a
Zinssatz	3,6 %/a
Preissteigerung Brennstoffe	2 %/a
Preissteigerung Wartung, Instandhaltung	3 %/a
Erdgas	7 ct/kWh
Netzstrom	20 ct/kWh
Wind-Strom Bezug	6 ct/kWh
Kosten HHS	4,75 ct/kWh
Kosten Wärmebezug BHKW (BGA)	6 ct/kWh

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 bis 2040 auf ein erneuerbares und damit umweltfreundliches Gas 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. Heizstäbe gehören beispielsweise zu den nicht förderfähigen Komponenten. Die übrigen aufgeführten Komponenten werden mit 40 % gefördert.

Szenario 1: Wärmepumpe + Heizstab

Tabelle 4-15 zeigt die Dimensionierung und Investitionskosten der Komponenten des ersten Konzeptes.

Tabelle 4-15: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.1

Bezeichnung	Auslegung [kW]	Nettoinvestition [€]
Heizstab	100	8.000 €
Wärmepumpe	700	552.650 €
Planung Wärmeerzeugung (12 %)		67.280 €
Unvorhergesehenes Wärmeerzeugung (10 %)		56.070 €
Gesamtinvestition Wärmeerzeugung		684.000 €
Gesamtinvestition nach Förderung		463.000 €

Zusätzlich zu der Wärmeversorgung wurde in diesem Konzept der Bau einer Direktleitung zur Windkraftanlage berücksichtigt. Die Kosten hierfür sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4-16: Investitionskosten Direktleitung Windkraft

Bezeichnung	Nettoinvestition [€]
Direktleitung Windkraft	406.250
Planung Windkraft (12 %)	27.340
Unvorhergesehenes Windkraft (10 %)	40.630
Gesamtkosten Direktleitung Windkraft	474.220

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung benötigten elektrischen Energie und thermischen Energie in diesem Konzept ist Tabelle 4-17 zu entnehmen. Die Bezugsmengen ergeben sich aus dem Erzeugerlastgang der Windkraftanlage mit einer Leistung von 2.300 kW. Die berechneten Kosten gelten im ersten Jahr, für die nachfolgenden Jahre wird die Preissteigerung nach der VDI 2067 berechnet.

Tabelle 4-17: Jährlicher Energiebezug – Sz.1

Bezeichnung	Energieart	Energiebezug [kWh/a]	Kosten [€/a]
Spitzenlastkessel	thermisch	147.020	10.291
Wind-Bezug	elektrisch	813.690	48.821
Netzbezug	elektrisch	568.531	113.706
Gesamt		1.529.241	172.818

Die folgende Tabelle zeigt die jährlichen Betriebskostenzuschüsse für die ersten zehn Jahre des ersten Szenarios. Die Förderung wird gemäß der BEW-Berechnung unter Annahme eines SCOP von 2,8 ermittelt. Sie ergibt sich aus den Vergütungssätzen sowie dem Strombezug der Wärmepumpe aus dem öffentlichen Netz und der Windkraftanlage. Obwohl die maximale Förderung auf 90 % der förderfähigen Stromkosten begrenzt ist, liegt sie in diesem Szenario aufgrund der spezifischen Vergütungsstruktur unterhalb dieser Grenze.

Tabelle 4-18: Jährliche Betriebskostenförderung der Wärmepumpe – Sz.1

Bezeichnung	Vergütung [ct/kWh]	Betriebskostenförderung [€/a]
EE-Bezug	2,74	57.335
Netzbezug	7,71	78.855
Gesamt		136.190

Szenario 2: Holzhackschnitzel

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

Tabelle 4-19: Dimensionierung und Investitionskosten der Wärmeerzeugung – Sz.2

Bezeichnung	Auslegung [kW]	Nettoinvestition [€]
Holzhackschnitzelkessel	650	390.000
Planung Wärmeerzeugung (12 %)		46.800
Unvorhergesehenes Wärmeerzeugung (10 %)		39.000
Gesamtinvestition Erzeugung		475.800
Gesamtinvestition nach Förderung		319.800

Die Aufteilung der für die Wärmebereitstellung Energie in diesem Konzept ist Tabelle 4-20 dargestellt. Die angegebenen Bezugsmengen beziehen sich auf die im Energieträger gespeicherte Energie, also die Energiemenge vor Berücksichtigung der Wirkungsgrade der Anlagen. Daher übersteigt der ermittelte Energiebezug den tatsächlichen Wärmebedarf des Netzes. Die berechneten Kosten beziehen sich auf das erste Betriebsjahr, während für die Folgejahre die Preisentwicklung gemäß VDI 2067 prognostiziert wird.

Tabelle 4-20: Jährlicher Energiebezug – Sz.2

Bezeichnung	Energieart	Energiebezug [kWh/a]	Kosten [€/a]
Holzhackschnitzelkessel	thermisch	3.486.913	165.628
Spitzenlast	thermisch	315.633	22.094
Gesamt		3.802.546	187.723

Szenario 3: Wärme Biogas

Das dritte Szenario dient als Referenz für den Vergleich mit den alternativen Versorgungskonzepten. In diesem Szenario wird der gesamte Wärmebedarf durch zugekaufte Wärme aus der Biogasanlage gedeckt. Der Wärmepreis wurde in Abstimmung mit dem Betreiber der Biogasanlage auf 6 ct/kWh festgelegt. Die Wärmebereitstellung erfolgt über die bestehenden BHKW sowie die Spitzenlastkessel der Biogasanlage, deren Dimensionierung in Tabelle 4-13 dargestellt ist.

Zusammenfassung und Vollkostenvergleich

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung der verschiedenen Szenarien basiert auf der VDI 2067, die Bedarfs-, Betriebs- und Kapitalkosten sowie potenzielle Erlöse berücksichtigt. Ein zentraler Aspekt ist die Investitionsförderung der BEW, die in allen Szenarien förderfähige Wärmeerzeuger finanziell unterstützt und somit die anfänglichen Investitionskosten reduziert. In den Szenarien mit Wärmepumpen kommt zudem eine Betriebskostenförderung hinzu, da der Strombezug anteilig gefördert wird. Dadurch beeinflusst die Förderung die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Szenarien unterschiedlich. Die bedarfsgebundenen Kosten sind in Tabelle 4-21 dargestellt.

Tabelle 4-21: Jährliche Bedarfskosten der Konzepte

Konzept	Verbrauchgebundene Kosten [€/a]	Verbrauchsgebundene Kosten abzüglich Betriebskostenförderung [€/a]
Sz.1: Wärmepumpe + Heizstab	172.819	36.629
Sz.2: Holzhackschnitzel	187.723	187.723
Sz.3: Wärme Biogas	207.412	207.412

Betrachtet man die bedarfs-, betriebs- und kapitalgebundenen Kosten und die Erlöse zusammen ergeben sich die in Abbildung 4-19 dargestellten Wärmegestehungskosten. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um einen Vergleich der Kosten handelt. Etwaige Kosten für die Wartung und Instandhaltung des Wärmenetzes sind in diesen Kosten nicht enthalten, würden aber unabhängig vom Szenario anfallen, weshalb eine Vergleichbarkeit trotzdem gegeben ist.

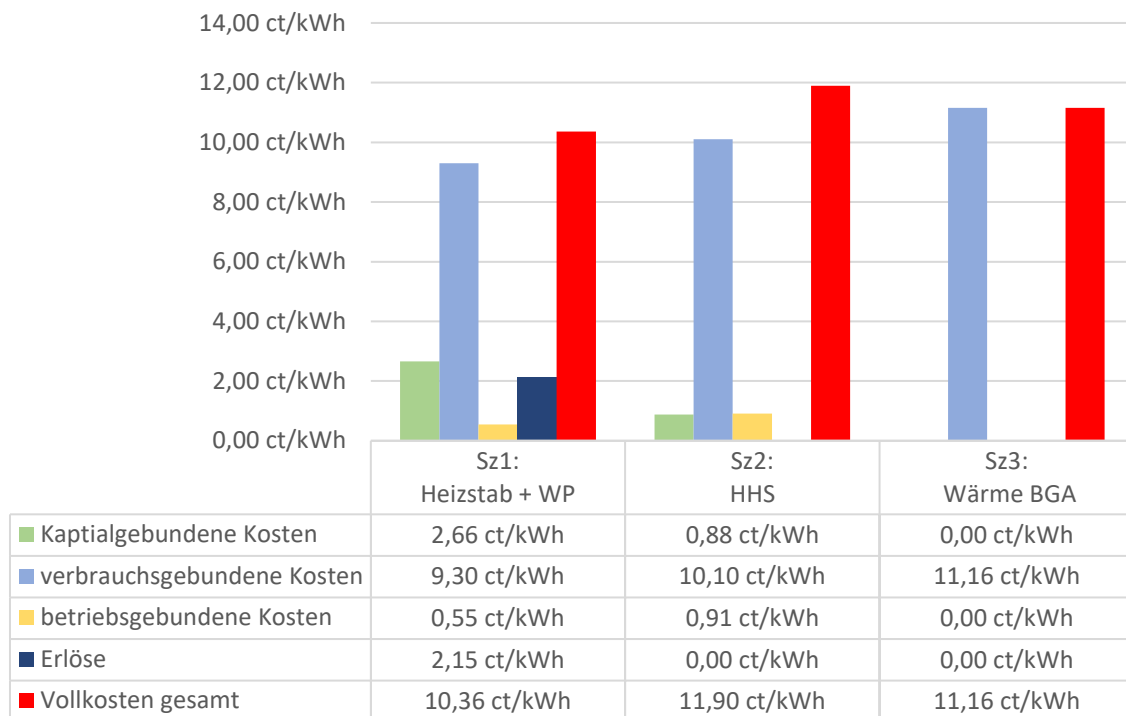


Abbildung 4-19: Wärmegestehungskosten der Versorgungsszenarien

In Szenario 1 (Heizstab + Wärmepumpe) werden die niedrigsten Vollkosten von 10,36 ct/kWh aufgezeigt. Diese Tatsache ist insbesondere auf die geringen verbrauchsgebundenen Kosten von 9,30 ct/kWh zurückzuführen. Diese werden durch die Kombination von kostengünstigem erneuerbarem Strom und der Nutzung einer Wärmepumpe, die zusätzlich Umgebungswärme nutzbar macht, ermöglicht. Diese Faktoren tragen dazu bei, dass der Stromverbrauch für den Betrieb der Wärmepumpe gering bleibt und somit die verbrauchsgebundenen Kosten relativ niedrig ausfallen. Allerdings resultieren aus diesem Szenario die höchsten kapitalgebundenen Kosten von 2,66 ct/kWh, was insbesondere auf die Investitionen in die Direktleitung zur Windkraftanlage zurückzuführen ist.

Das zweite Szenario (Holzhackschnitzelheizung) weist mit 11,90 ct/kWh die höchsten Vollkosten auf. Diese resultieren insbesondere aus den hohen verbrauchsgebundenen Kosten von 10,10 ct/kWh, die in diesem Szenario durch den Einsatz von Holzhackschnitzeln als Brennstoff entstehen. Die kapitalgebundenen Kosten sind mit 0,88 ct/kWh relativ niedrig, und auch die betriebsgebundenen

Kosten von 0,91 ct/kWh tragen nur geringfügig zu den Gesamtkosten bei. Der Preis für die Holzhackschnitzel in diesem Szenario ist ein entscheidender Faktor. Bereits ab einem Preis von 3,9 ct/kWh werden in diesem Szenario niedrigere Vollkosten erzielt als in den alternativen Szenarien.

Das dritte Szenario (Wärme BGA) weist mit 11,16 ct/kWh die zweithöchsten Vollkosten auf. Diese resultieren ausschließlich aus den hohen verbrauchsgebundenen Kosten von 11,16 ct/kWh, da sowohl die kapital- als auch die betriebsgebundenen Kosten in diesem Szenario entfallen. Obwohl die Investitions- und Betriebskosten geringer sind als in den anderen Szenarien, resultieren die hohen Verbrauchskosten in einer insgesamt höheren Belastung der Gesamtkosten im Vergleich zu Szenario 1.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Szenario 1 trotz der hohen Investitionskosten insgesamt durch die niedrigen verbrauchsgebundenen Kosten im Vergleich zu den anderen Szenarien die niedrigsten Vollkosten aufweist. Demgegenüber resultieren die hohen Vollkosten von Szenario 2 vor allem aus den Brennstoffkosten, während Szenario 3 aufgrund der hohen verbrauchsgebundenen Kosten höhere Vollkosten als Szenario 1, jedoch geringere als Szenario 2, aufweist. Aus wirtschaftlicher Sicht ist Szenario 1 aufgrund der insgesamt niedrigeren Vollkosten vorzuziehen. Es ist zu beachten, dass bei der Verfügbarkeit günstiger Holzhackschnitzel mit einem Preis von oder unter 3,9 ct/kWh dieses Szenario die niedrigsten Vollkosten aufweist und somit in Betracht gezogen werden sollte.

4.5.5 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

Ziel dieser Studie ist, einen möglichen Pfad zur CO₂-Neutralität der Gemeinde Achtrup 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 Wärmenetz 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 4-22 sind die verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren und die daraus resultierenden spezifischen und absoluten CO₂-Emissionen des Wärmenetzes bei einer Sanierungsrate von 2 % bis zum Jahr 2045 dargestellt. Es wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung, den Stromsektor bis 2035 zu dekarbonisieren erreicht wird und der CO₂-Emissionsfaktor für Netzstrom auf 0 g/kWh sinkt. Bis dahin wird eine lineare Abnahme des CO₂-Äquivalents angenommen. Die spezifischen CO₂-Faktoren wurden auf Basis der im jeweiligen Szenario eingesetzten Energiemengen und der in der Tabelle 3-13 angegebenen CO₂-Faktoren berechnet. Die Werte basieren auf einem Anschlussquote von 100 %. Es wird davon ausgegangen, dass der Erdgasanteil spätestens ab 2045 vollständig durch Biogas ersetzt wird.

Tabelle 4-22: CO₂-Emission für die erzeugte Wärme

Energieträger		2025	2030	2035	2040	2045
Wärmeabsatz (MWh/a)		3.457	3.111	2.800	2.520	2.268
Netzstrom [g/kWh]		560	280	0	0	0
Erneuerbarer Strom [g/kWh]		0	0	0	0	0
Holz [g/kWh]		20	20	20	20	20
BHKW-Wärme [g/kWh]		0	0	0	0	0
Erdgas [g/kWh]		240	240	240	240	140
Sz.1	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	102	56	10	10	6
	CO ₂ -Emission [t/a]	354	175	29	26	14
Sz.2	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	42	42	42	42	33
	CO ₂ -Emission [t/a]	145	131	118	106	75
Sz.3	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	0	0	0	0	0
	CO ₂ -Emission [t/a]	0	0	0	0	0

Szenario 1 weist anfänglich die höchsten CO₂-Emissionen auf, was durch den derzeit hohen Emissionsfaktor für Netzstrom von 560 g/kWh bedingt ist. Dies führt zu einem CO₂-Ausstoß von 354 t/a im Jahr 2025. Ab 2035 kommt es jedoch zu einem signifikanten Rückgang der Emissionen, da der Emissionsfaktor für Netzstrom auf 0 g/kWh sinkt. Infolgedessen liegt der CO₂-Ausstoß dieses Szenarios ab 2035 unter dem des zweiten Szenarios. Im zweiten Szenario erfolgt die Reduktion der CO₂-Emissionen ausschließlich durch den verringerten Energiebedarf, was sich durch den konstanten spezifischen Emissionsfaktor erkennen lässt. Im Gegensatz dazu weist das dritte Szenario, das den Status quo widerspiegelt, keine CO₂-Emissionen auf. Dies ist auf den zertifizierten Emissionsfaktor der Biogasanlage zurückzuführen, der mit 0 g/kWh angegeben wird. Somit stellt dieses Szenario dasjenige mit den durchgehend geringsten CO₂-Emissionen dar.

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 4-23 dargestellt.

Tabelle 4-23: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz

	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Szenario 1 [MWh]	3.457	3.036	421
Anteil [%]		87,82	12,18
Szenario 2 [MWh]	3.457	3.141	316
Anteil [%]		90,87	9,13
Szenario 3 [MWh]	3.457	3.457	0
Anteil [%]		100,00	0,00

Innerhalb der analysierten Szenarien variiert der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung signifikant. So wird im Szenario 3 die Gesamtenergieversorgung von 3.457 MWh ausschließlich erneuerbar erbracht. Demgegenüber wird die Wärme im Szenario 2 mit 3.141 MWh zu 91 % erneuerbar erzeugt, während die verbleibenden 316 MWh aus nicht erneuerbaren Quellen stammen. Szenario 1 erzeugt 3.036 MWh erneuerbarer und 421 MWh nicht erneuerbarer Energie, was einem Anteil von 87,82 % erneuerbarer Energien entspricht und somit den niedrigsten Anteil an erneuerbaren Energien aufweist.

PRIMÄRENERGIEFAKTOR

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

Die Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung sind in Tabelle 4-24 dargestellt.

Tabelle 4-24: Berechnung des Primärenergiefaktors

Energieträger		Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.1	Netzstrom (nicht erneuerbar)	274	1,20	329
	Netzstrom (erneuerbar)	294	0,00	-
	Wind-Strom	814	0,00	-
	Umweltwärme durch WP	1.941	0,00	-
	Erdgas Spitzenlast	147	1,10	162
	davon Erzeugungsverluste	13		
	Wärmelieferung	3.457	0,14	491
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			0,21	
Energieträger		Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.2	Holz	3.487	0,20	697
	Erdgas Spitzenlast	316	1,10	347
	davon Erzeugungsverluste	346		
	Wärmelieferung	3.457	0,30	1.045
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			0,30	
Energieträger		Energie [MWh/a]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [MWh/a]
Sz.3	Biogas-Wärme	3.457	0,22	761
	davon Erzeugungsverluste	0		
	Wärmelieferung	3.457	0,22	761
§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung			0,20	

Szenario 3 weist den niedrigsten Primärenergiebedarf auf, da gemäß Zertifikat für die Wärme aus der Biogasanlage ein Primärenergiefaktor von 0,22 angesetzt werden kann. Das zweite Szenario weist trotz des geringen Emissionsfaktors von Holz mit 0,3 den höchsten Primärenergiefaktor auf.

4.5.6 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

Der Betrieb eines Wärmenetzes in Form einer Genossenschaft ist mit einigen Nachteilen so wie Vorteilen verbunden. Im Interesse der Bevölkerung Achtrups sollte regelmäßig hinterfragt werden, ob der Status Quo die für die Allgemeinheit beste und für die Zukunft nachhaltig tragbarste Form des Betriebs darstellt. Sollte jemals der Punkt erreicht werden, bei dem die Nachteile die Vorteile überwiegen ist es Zeit für eine Neuaufstellung.

Im Folgenden werden mögliche alternative Betreibermodelle im beschrieben:

4.5.6.1 100 % Externes Unternehmen

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

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

Vorteile:

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

Nachteile:

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

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

4.5.6.2 100% Kommune

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

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

Vorteile:

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

Nachteile:

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

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

4.5.6.3 Beteiligung an Betreibergesellschaft

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

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

Vorteile:

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

Nachteile:

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

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

4.5.6.4 Zusammenfassung der Betreibermodelle

Das richtige Betreibermodell ist entscheidend für den erfolgreichen Betrieb eines Wärmenetzes. Jedes Modell bringt unterschiedliche Vor- und Nachteile mit sich, insbesondere hinsichtlich des finanziellen Risikos, der organisatorischen Verantwortung und der Einbindung der Bürgerinnen und Bürger. Es ist daher wichtig, dass die Gemeinde frühzeitig Gespräche führt, um die verschiedenen Optionen zu bewerten und die beste Lösung für ihre spezifischen Bedürfnisse und Möglichkeiten zu finden.

4.6 MOBILITÄT

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

4.6.1 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Anfang 2024 waren laut Kraftfahrt-Bundesamt 1.019 Personenkraftwagen in der Gemeinde Achtrup zugelassen, davon keines gewerblich (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Da nachhaltige Mobilität derzeit hauptsächlich über batterieelektrische Fahrzeuge erfolgt, werden diese in der Studie betrachtet.

Der Strombedarf und die CO₂-Emissionen der vorhandenen Elektroautos sind bereits im Stromlastgang der Gemeinde enthalten, daher werden nur Diesel- und Benzinfahrzeuge analysiert. Für den Kreis Nordfriesland gibt das Kraftfahrt-Bundesamt 36,97 % Diesel- und 54,77 % Benzinfahrzeuge an. Die geschätzte Anzahl dieser Fahrzeugtypen ist in Tabelle 3-9 dargestellt.

Auf Grund der geringen Anzahl von Gas- und Hybrid-Fahrzeugen werden diese im Rahmen der Studie zunächst nicht weiter betrachtet, womit die 548 benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeuge in die weitere Betrachtung fallen.

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gibt für den kleinstädtischen bzw. ländlichen Raum eine durchschnittliche Jahresfahrleistung pro PKW von ca. 15.900 km an (BMDV, 2018). Dieser Wert muss auf Grund der aktuellen Entwicklung hin zu einer verstärkten Nutzung des Homeoffice, ausgelöst durch die Corona-Pandemie, nach unten korrigiert werden. Es wird die Annahme getroffen, dass sich die Jahresfahrleistung künftig um ca. 10 % reduziert – was eine Fahrleistung von 14.310 km/a zur Folge hat. Außerdem wird davon ausgegangen, dass ein Diesel einen Verbrauch von 7,0 l/100 km und ein Benziner einen Verbrauch von 7,7 l/100 km hat, welcher sich in den letzten Jahren nicht signifikant reduziert hat (Statista, 2022). Für elektrische Fahrzeuge wird ein Verbrauch von 18 kWh/100 km angenommen. Die 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 4-22. Die Ergebnisse dieses Vergleichs werden in Abbildung 4-20 dargestellt. Neben der Entwicklung der CO₂-Emissionen kann der Abbildung die angenommenen E-Fahrzeuganzahl bis 2050 entnommen werden.

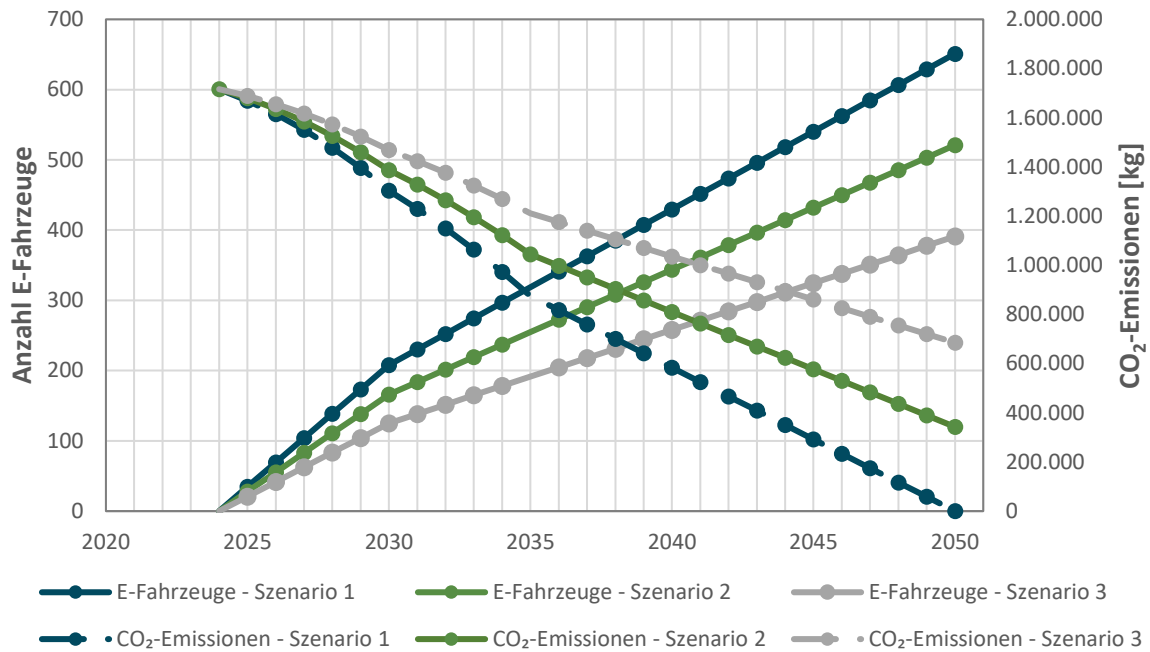


Abbildung 4-20: Entwicklung der PKW-CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050

4.6.2 AUSWERTUNG DER UMFRAGE

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

Von den 417 beheizten Wohngebäuden im Quartier haben 66 an der Umfrage teilgenommen, was einer Beteiligungsquote von 16 % entspricht. Da die Beteiligung zu gering war, können keine repräsentativen Aussagen über das gesamte Quartier gemacht werden. Abbildung 4-21 zeigt die Anzahl der Fahrzeuge, die laut der Umfrageteilnehmer pro Haushalt genutzt werden.

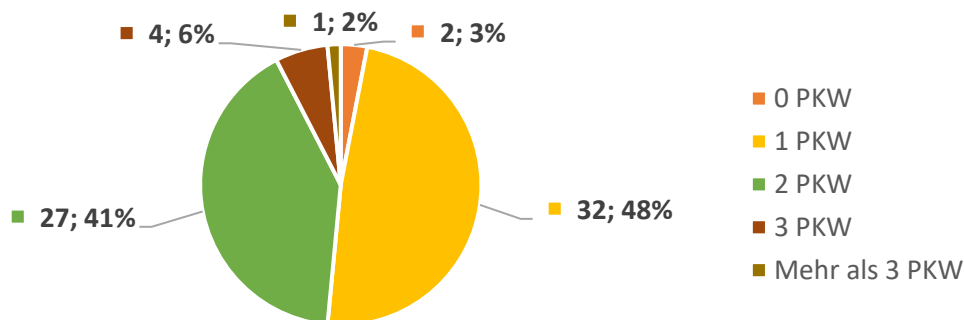


Abbildung 4-21: Verteilung der Fahrzeuganzahl in den Haushalten der Umfrageteilnehmer

Laut Umfrage besitzen 32 Haushalte (48 %) ein Fahrzeug, 27 Haushalte (41 %) haben zwei Fahrzeuge, vier Haushalte (6 %) besitzen drei Fahrzeuge und ein Haushalt (2 %) verfügt über mehr als drei Fahrzeuge. Zwei Haushalte besitzen keine Fahrzeuge (3%). Diese Verteilung zeigt, dass viele Haushalte mehrere Fahrzeuge nutzen, was auf eine hohe Abhängigkeit vom Individualverkehr hinweist.

Die aus der Umfrage errechnete durchschnittliche zurückgelegte Fahrdistanz eines Fahrzeuges liegt bei 11.790 km pro Jahr. Auch wenn dieser Wert unter dem Durchschnitt liegt, deutet diese Fahrdistanz darauf hin, dass die Bewohner von Achtrup auf ihre Fahrzeuge angewiesen sind. Dies könnte auf lange

Arbeitswege, Besorgungen, Freizeitaktivitäten oder mangelnde Alternativen im öffentlichen Nahverkehr hinweisen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, sowohl die bestehende Infrastruktur zu optimieren als auch nachhaltige Mobilitätsalternativen zu fördern. Eine Möglichkeit zur Optimierung stellt die Umstellung auf Elektrofahrzeuge da.

Von den befragten Haushalten gaben 7 Haushalte an, bereits ein Elektroauto zu besitzen. Demgegenüber stehen 59 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 4-25 zu entnehmen.

Tabelle 4-25: Interesse an Elektrofahrzeugen

Anschaffung E-Auto	Anzahl der Haushalte
Ja	2
Nein	39
Vielleicht	23
Keine Angabe	2

Die Ergebnisse zeigen, dass von befragten Haushalten in Achtrup zwei Haushalte aktuell bereit sind, ein Elektrofahrzeug anzuschaffen. Im Gegensatz dazu lehnen 23 Haushalte den Kauf eines E-Autos ab, während immerhin 23 Haushalte noch unentschlossen sind und eventuell eine Anschaffung in Betrachtung ziehen. Diese Daten verdeutlichen, dass ein gewisses Potential 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 Anteil der Unentschlossenen, dass gezielte Maßnahmen und Anreize möglicherweise zu einem Anstieg der Akzeptanz führen könnten. Angesichts der durchschnittlichen Fahrdistanz der Bewohner wird die Notwendigkeit für effiziente und nachhaltige Verkehrslösungen deutlich. Im Folgenden werden mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Mobilität in Achtrup detaillierter betrachtet.

4.6.3 CARSHARING

Carsharing ist ein bereits etabliertes Angebot im urbanen Raum. Hier ist der Parkraum knapp und alltägliche Wege können in der Regel mit kurz getakteten öffentlichen Verkehrsmitteln, zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Dementsprechend kann die Pkw-Nutzung die Ausnahme darstellen und ist zudem in vielen Fällen flexibel planbar (geringer Gleichzeitigkeitsfaktor). Wenige Fahrzeuge sind daher in der Lage, einen großen Teil der motorisierten Mobilitätsbedürfnisse der Stadtbewohner abzudecken. Anders im ländlichen Raum: Hier ist die Zahl der privaten Stellplätze bezogen auf die Einwohnerzahl deutlich höher und die Wege des täglichen Bedarfs, z.B. zum Arbeitsplatz oder zur nächsten Einkaufsmöglichkeit, sind deutlich länger. Gleichzeitig ist die Taktung des öffentlichen Verkehrs deutlich geringer. Dementsprechend liegt die Nutzung des Pkw nahe und ist für viele Einwohner das alltägliche Verkehrsmittel. Um die Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen, wäre demnach eine höhere Anzahl an Fahrzeugen notwendig. Dennoch besitzen Haushalte in Deutschland Zweit- oder sogar Drittautos, die nur wenig genutzt werden. Hier kann die Nutzung von Carsharing-Angeboten auch im ländlichen Raum sinnvoll sein und zur CO₂-Reduktion beitragen.

Ein mögliches, in Schleswig-Holstein beliebtes, Modell ist das Dörpsmobil. Beim Dörpsmobil handelt es sich um ein Carsharing Angebot für elektrische Fahrzeuge. Das Modell ist zum ersten Mal 2016 in der Gemeinde Klixbüll (Kreis Nordfriesland) 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, 2023).

Da im ländlichen Raum kleinere Lösungen angemessener sind, bietet sich eine stationsbasierte Nutzung an. Dies bedeutet, dass das Fahrzeug nach Nutzung wieder an seine Ladestation angeschlossen wird. Bevor sich jedoch für ein Dörpsmobil entschieden wird, muss zunächst der Mobilitätsbedarf erfasst werden. Dazu müssen Menschen aus der Gemeinde befragt werden, die häufig in ihrer Mobilität eingeschränkt und regelmäßig auf andere Mobilitätsangebote angewiesen sind. Zu diesen Menschengruppen gehören z.B. Schüler_innen, Pendler_innen, ältere Menschen, Menschen mit Behinderung, Familien und Alleinerziehende ohne Fahrzeug und Vereine. Festgestellt werden muss:

- an welchen Tagen und in welchen Zeitfenstern ein Fahrzeug benötigt wird,
- für welche Fahrten Fahrer_innen benötigt werden,
- wie viele Menschen mitfahren,
- bei welchen Fahrten Dinge transportiert werden müssten.

Im Folgenden werden Betreibermodelle, anfallende Kosten und Einnahmen sowie mögliche Förderungen detaillierter beleuchtet. Zur Einsehung des kompletten Informationsmaterials wird an dieser Stelle auf den Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum verwiesen (Dörpsmobil SH, 2023). Dieser enthält alle weiteren wichtigen Informationen zur Bedarfsermittlung, zur Auswahl eines Betreibermodells, zur Umsetzungsplanung oder zum Betrieb.

4.6.3.1 Betreibermodell

Für die Umsetzung eines Dörpsmobil gibt es drei mögliche Betreibermodelle:

- Gemeindlich / Vereinsbasiert
- Informell / Privat
- Gewerblich

Die jeweiligen Betreibermodelle bieten allesamt Vor- und Nachteile, welche im Folgenden genauer erläutert werden.

Gemeindlich / Vereinsbasiert:

Beim gemeindlichen Betrieb übernimmt die Gemeinde die Trägerschaft des Dörpsmobils. Viele Kommunen besitzen Fahrzeuge, die außerhalb der Dienstzeiten ungenutzt bleiben, oder möchten ihre Flotte modernisieren, können die Kosten jedoch nicht allein tragen. Carsharing kann hier Abhilfe schaffen, indem Fahrzeuge besser ausgelastet und teilweise refinanziert werden. Nutzungsmöglichkeiten umfassen Gemeindemitarbeiter während dienstfreier Zeiten, Fahrdienste für mobilitätseingeschränkte Personen oder die Bereitstellung für Bürger und Vereine gegen Gebühr.

Dieses Modell ist einfach zu organisieren, da die Grundauslastung durch die Gemeinde sichergestellt ist. Zudem können Nutzungsgebühren flexibel festgelegt und die Kosten auf mehrere Parteien verteilt werden, was den Umstieg auf Elektrofahrzeuge erleichtern könnte. Einschränkungen bestehen jedoch durch begrenzte Verfügbarkeit, Nutzungsgrenzen bei gewerblicher Vermietung und den festen Standort des Fahrzeugs. Zudem muss die Organisation, etwa das Buchungssystem oder ehrenamtliche Fahrdienste, selbst übernommen werden.

Beim vereinsbasierten Betrieb übernimmt ein bestehender oder neu gegründeter Verein die Organisation. Mitglieder – darunter Privatpersonen, Gewerbetreibende oder die Gemeinde – teilen

sich das Fahrzeug und tragen gemeinsam die Kosten. Das Carsharing wird innerhalb des Vereins geregelt, und neben der privaten Nutzung kann das Auto auch für ehrenamtliche Fahrdienste bereitgestellt werden.

Ein Vorteil dieses Modells ist die gemeinschaftliche Entscheidungsfreiheit über Nutzungsfenster, Gebühren und den Standort des Fahrzeugs. Zudem gibt es keine steuerlichen Einschränkungen in der Nutzung. Allerdings ist auch hier die Verfügbarkeit zeitlich begrenzt, es gibt Einschränkungen für gewerbliche Vermietung, und die Organisation ehrenamtlicher Fahrer erfordert zusätzlichen Aufwand.

Informell / Privat:

Beim informellen oder teilgewerblichen Betrieb eines Dörpsmobils steht die flexible Nutzung und Refinanzierung privater oder unternehmerischer Fahrzeuge im Vordergrund. Privatpersonen oder Unternehmen können ihr Fahrzeug gegen eine Gebühr oder als freiwilligen Fahrdienst teilen. Plattformen wie Drivy.de oder Snappcar.de erleichtern die Organisation durch Buchungs- und Abrechnungssysteme, übernehmen aber eine Provision.

Dieses Modell bietet eine einfache Umsetzung ohne Mindestauslastung und ermöglicht individuelle Preisgestaltung. Allerdings ist das Fahrzeug oft nur eingeschränkt verfügbar, die Standortwahl begrenzt und Versicherungs- sowie steuerliche Aspekte müssen beachtet werden. Während die Nutzung bestehender Plattformen den Verwaltungsaufwand senkt, können Gebühren die Rentabilität mindern.

Gewerblich:

Das gewerbliche Betreibermodell für das Dörpsmobil basiert auf der Zusammenarbeit mit einem kommerziellen Carsharing-Anbieter. Dabei kann es sich um große Unternehmen wie Flinkster, Car2Go oder DriveNow handeln, aber auch kleinere, regional tätige Anbieter kommen infrage. In vielen Fällen bestellen Gemeinden eine festgelegte Anzahl von Carsharing-Fahrzeugen bei einem Anbieter und garantieren durch die Nutzung durch Gemeindeangestellte eine Grundauslastung. Außerhalb dieser Zeiten stehen die Fahrzeuge gegen Gebühr der öffentlichen Nutzung zur Verfügung.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Modells ist das professionelle Buchungs- und Abrechnungssystem, das den Verwaltungsaufwand minimiert und den Nutzern eine einfache Handhabung ermöglicht. Zudem sind Versicherungsfragen automatisch geregelt und auch die Wartung der Fahrzeuge liegt in der Verantwortung des Anbieters. In einigen Fällen engagieren sich Ehrenamtliche als Fahrerinnen und Fahrer, was das Angebot zusätzlich stärken kann.

Demgegenüber stehen jedoch einige Nachteile. So ist der ländliche Raum für viele große Anbieter oft unattraktiv, da sich der Betrieb mit nur wenigen Fahrzeugen wirtschaftlich weniger lohnt. Darüber hinaus haben die Nutzerinnen und Nutzer kaum Einfluss auf die Nutzungsgestaltung, da der Anbieter die Bedingungen vorgibt. Dies betrifft sowohl die Nutzungsgrenzen als auch die Standorte der Fahrzeuge, die meist festgelegt sind. Auch bei der Auswahl der Antriebsart besteht nur ein begrenzter Einfluss. Zudem erhebt der Anbieter Entgelte zur Refinanzierung der eigenen Kosten und zur Gewinnerzielung, was die Nutzungskosten im Vergleich zu anderen Betreibermodellen erhöhen kann.

4.6.3.2 Kosten

Die Wahl des Betreibermodells hängt von dem ermittelten Bedarf ab. In Anbetracht des Betriebs und des Unterhalts ist die Vereinslösung am günstigsten. Dieses Modell kann mit einem kleineren Fahrzeug schon ab einer Auslastung von 20 Stunden pro Woche kostendeckend arbeiten. Auch das durch die Gemeinde betriebene Modell ist durch eine gegebene Grundauslastung ebenfalls mit einer Auslastung

von 20 Stunden immer möglich. Die gewerbliche Variante ist als alleiniges Standbein, wenn überhaupt, nur in der Nähe von größeren Städten wirtschaftlich betreibbar.

Unabhängig vom Betreibermodell ist ein langfristig tragfähiger Finanzierungsansatz wichtig. Zu beachten sind sowohl einmalige Investitionskosten als auch die jährlichen Betriebskosten. Zu den einmaligen Kosten gehören unter anderem die Gestaltung des Fahrzeugs, der Druck von Flyern, die Zulassung sowie die Errichtung einer möglichen Ladestation. Hinzu kommt eine Anzahlung für das Leasing, die je nach Anbieter unterschiedlich hoch ausfallen kann. Diese Kosten betragen im Schnitt ca. 3.000 €. Hinzu kommt die Anzahlung für das Leasing in Höhe von 2.000 – 7.000 € (Dörpsmobil SH, 2023).

Die jährlichen Betriebskosten setzen sich hauptsächlich aus Leasingraten, Versicherungen, Stromkosten sowie Wartungs- und Softwarekosten zusammen (Dörpsmobil SH, 2024). Diese fallen unabhängig von der tatsächlichen Nutzung des Fahrzeugs an und müssen durch Einnahmen gedeckt werden.

Tabelle 4-26: Durchschnittliche jährliche Betriebskosten eines Dörpsmobil

Position	Kosten [€]
Leasing (Auto + Batterie)	3.600
Versicherung	920
Strom	750
Software (inkl. einmalige Anschaffungskosten)	127
Wartung & Fahrzeugpflege	200
Gesamtausgaben	5.597

Um diese Kosten zu decken, gibt es verschiedene Einnahmequellen. Ein wesentlicher Bestandteil sind die Mitgliedsbeiträge des Vereins, der das Fahrzeug betreibt. Hinzu kommen Einnahmen aus der Nutzung des Fahrzeugs sowie mögliche Werbeeinnahmen durch Sponsoren (Dörpsmobil SH, 2024).

Tabelle 4-27: Durchschnittliche jährliche Einnahmen eines Dörpsmobil

Position	Betrag [€]
Vereinsbeiträge (31 Mitglieder a 4,67 €/Monat)	1.736
Fahrzeugausleihe (830 h/Jahr a 3,38 €/h)	2.805
Werbeeinnahmen (Autowerbung)	1.100
Gesamteinnahmen	5.641

Unter diesen Annahmen ergibt sich bei Betrachtung der jährlichen Einnahmen und Ausgaben eine nahezu ausgeglichene Bilanz mit einem Überschuss von 44 € pro Jahr. Diese Werte basieren auf einer Auswertung von zehn bestehenden Dörpsmobil-Projekten und dienen als Orientierung. Abweichungen sind je nach Standort, Nutzungshäufigkeit und individuellen Vertragskonditionen möglich (Dörpsmobil SH, 2024).

Die Buchung eines Fahrzeugs kann über einen Papierkalender, über eine App oder eine Internetseite erfolgen. Für die Bezahlung sind verschiedene Abrechnungsmodelle denkbar. Dazu gehören beispielsweise Vereinsbeiträge, Kilometerpauschalen, Stundenpauschalen oder Tagestarife. Kostenpunkte wie Service, Versicherung oder Ersatzteilbeschaffung sind im Preis enthalten.

4.6.3.3 Förderung

Für die Anschaffung eines Dörpsmobil sollten außerdem ein paar Möglichkeiten zur Förderung betrachtet werden. Auf Ebene der EU gibt es den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums. Umgesetzt wird dies in Schleswig-Holstein in Form des Landesprogramm Ländlicher Raum (LDLR) und LEADER-Ansatz über insgesamt 22 AktivRegionen. Förderfähig sind unter anderem die Standortausstattung (z.B. Carports), Ladesäulen sowie kleinere Marketingmaßnahmen. Der Kauf eines Elektrofahrzeugs wurde durch den Bund bis Ende 2023 gefördert (BAFA, 2025). Die Förderung ist jedoch ausgelaufen und ob und wie neue Förderungen umgesetzt werden, ist aktuell ungewiss. Leasingkosten für Elektrofahrzeuge sind meist nicht förderfähig. Auch Anträge zur Förderung der Ladeinfrastruktur werden aktuell nicht mehr durch Bund oder Land entgegengenommen (WTSH GmbH, 2025).

4.6.3.4 Potential

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.

4.6.4 UNTERSTÜTZUNG DES RADVERKEHRS

Fahrradfahren ist gesund, unkompliziert und klimafreundlich. Das Umweltbundesamt schätzt, dass die PKW-Nutzung durch das Fahrradfahren um 30 % nachlassen könnte (Umweltbundesamt, 2021). Obwohl dieser Wert eine Abschätzung für deutsche Ballungsgebiete ist und sich der Wert nicht direkt auf Achtrup 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 Achtrup 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, insbesondere das „Sonderprogramm Stadt und Land“, 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. Mit den Bundeshaushalten 2023 und 2024 wurde das „Sonderprogramm Stadt und Land“ bis 2030 verstetigt. Detaillierte Informationen zur Förderung des Radverkehrs werden vom Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. oder vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr bereitgestellt (ADFC, 2020; Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2024)

4.6.5 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur in Achtrup 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.

4.6.6 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 4-28 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 4-28: Vergleich der CO₂-Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021)

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

Für den öffentlichen Personennahverkehr lassen sich aus Tabelle 4-28 zwei wichtige Punkte ableiten. Der ÖPNV, egal ob Bahn oder Bus, verursachte 2019 die geringsten CO₂-Emissionen pro Personenkilometer. Zudem zeigt sich, dass gerade der ÖPNV ein 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. Achtrup ist in dieser Hinsicht nicht direkt handlungsfähig, kann aber Verbesserungsvorschläge erarbeiten. Darüber hinaus sollte bei zentralen Bushaltestellen die Möglichkeit geschaffen werden Fahrräder abzustellen und über mehrere Stunden stehen zu lassen.

5 UMSETZUNG

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

Die Umsetzung der Maßnahmen sollte nichtsdestotrotz vorangetrieben werden. Nachfolgend wird beschrieben, welche Bausteine probate Mittel sind, um in der Umsetzung zum 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, eine Entkopplung von Änderungen in der Zusammensetzung des Gemeinderates.

Das zweite Element der Umsetzung sind die regionalen und überregionalen Firmen, die im hohen Maße kooperieren müssen und für eine wirklich integrierte Quartiersversorgung übergeordnet gesteuert werden müssen. Diese Steuerung ist Aufgabe der Gemeindeverwaltung. 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 der Sanierungsrate meist nicht erreicht werden. 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 zeigt sich oft, dass viele bereits über energetische Sanierungen nachdenken, jedoch fehlen häufig die finanziellen Mittel oder das Wissen über Fördermöglichkeiten. Ein Ansatz wäre, die Bevölkerung kostenfrei bei der Akquise von Fördermitteln zu unterstützen. Dieses Angebot sollte breit publik gemacht werden, etwa durch Aushänge, Anzeigen oder in sozialen Medien. Berührungsängste bei der Antragstellung müssen abgebaut werden. In einer kleinen Kommune wie Achtrup kann auch ein Mund-zu-Mund-Effekt helfen, wenn erfolgreiche Antragsteller ihre Erfahrungen teilen und den Prozess entmystifizieren.

Die Darstellung der Amortisation ist ein starkes Mittel in der Öffentlichkeitsarbeit. Viele sehen nur die initialen Kosten, übersehen aber den langfristigen Nutzen. Öffentlichkeitsveranstaltungen, Informationsmaterialien oder persönliche Energieberatungen können helfen, dieses Bewusstsein zu fördern. 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 erwies sich im

Sanierungsmanagement erfahrungsgemäß als eine wirkungsvolle und gut angenommene Methode zur Erreichung der Bevölkerung. Ohne ein Sanierungsmanagement steht 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 Fragen eingegangen werden. Zu diesem Zweck können Empfehlungen ausgesprochen und Hilfestellung geleistet werden. Dadurch kann auch ein ständiger Ansprechpartner geschaffen werden, der den einzelnen Privatpersonen im möglichen Projektverlauf 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 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.

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 von enormer Relevanz. 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 wird an dieser Stelle hervorgehoben. 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. Auch hier ist die Transparenz und die Beteiligung der Bürger zu betonen.

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 Achtrup gibt es kein lokales Blatt, welches genutzt werden kann, um Informationen und Ankündigungen an die Bevölkerung zu vermitteln. Daher 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 ist ein guter Weg, um den Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen zu dokumentieren. Nach der Fertigstellung des Quartierskonzeptes sollte eine regelmäßige Erfolgskontrolle durchgeführt werden. Zu diesem Zweck 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. Ein „Kümmerer“ vor Ort sollte für die Erfolgskontrolle eingesetzt werden.

5.2.1 GEBÄUDESANIERUNG & HEIZUNGSAUSTAUSCH

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

5.2.2 WÄRMENETZ

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

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

5.2.3 STROM

Beim Controlling der verursachten CO₂-Menge über den Verbrauch von Strom kann als erster Schritt die Anzahl und Leistung der neu installierten PV-Anlagen innerhalb der Gemeinde evaluiert und im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Über den Netzbetreiber oder Smartmeter können darüber hinaus die Stromverbräuche ausgewertet werden. Diese Auswertungen können ebenfalls, mit Angabe der eingesparten CO₂-Menge im Vergleich zu den Vorjahren, veröffentlicht werden.

Bei einem bilanziellen Stromprodukt über ein potenzielles Bürgerenergiewerk kann die Anzahl der abgeschlossenen Verträge sowie die bereitgestellte Energie kommuniziert werden. Auf diese Weise kann ausgewertet werden, welcher Anteil des Strombedarfs von Achtrup bereits über das lokale Bürgerenergiewerk lokal erzeugt und verbraucht wird.

5.2.4 MOBILITÄT

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

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

5.3 UMSETZUNGHEMMNISSE

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

5.3.1 ENERGETISCHE SANIERUNG

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

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

Persönliche Hemmnisse

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

Finanzielle Hemmnisse

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

Bauliche Hemmnisse

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

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 sonstigen Hemmnissen werden alle baulichen und finanziellen Hemmnisse bei dem Betrieb und Ausbau 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 die Erweiterung des Wärmenetzes & der Erzeugungsanlagen
- Bei geringen Anschlussquoten können Kostensteigerungen bei Investitionen oder dem Energieeinkauf zu einer Unwirtschaftlichkeit des Wärmenetzes führen
- Es kommt zu keiner Einigung mit Betreibern von BGA, Wind- oder PV-Anlagen (zur Versorgung des Wärmenetzes mit Wärme bzw. EE-Strom)
- Die Errichtung eigener regenerativer Stromquellen kann auf Grund von Flächenverfügbarkeit oder anderen Faktoren nicht umgesetzt werden

Überwindungsmöglichkeiten

- Die Aufklärungsmöglichkeiten über mögliche Planungen 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.
- Schnellstmöglicher Austausch mit Flächeneigentümern und Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen in der Umgebung.
- Einbindung von Förderprogrammen und Zuschüssen
- Förderung von Eigeninitiativen, wie z.B. durch Gründung von Bürgerenergieprojekten

5.3.3 STROM

Folgende Hemmnisse sind bei der Stromversorgung in Achtrup wesentlich:

- Marktlage PV: Aktuell sind die Preise für Module niedrig, die Kosten für Dienstleister jedoch hoch
- Aktuelle Strompreisentwicklung: Für ein Bürgerenergiwerk 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 Bürgerenergiwerk: Stakeholder finden, einbinden und verantworten (koordinativer Aufwand)

5.3.4 MOBILITÄT

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

Individueller Personenkraftverkehr

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

ÖPNV

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

Carsharing (Dörpsmobil)

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

5.3.5 ALLGEMEINE HEMMNISSE

Zu allgemeinen Hemmnissen gehören die folgenden:

- Aktive Akteure vor Ort (Kümmerer vor Ort)
→ direkt am Anfang der Umsetzungsbegleitung Verantwortliche_n 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 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 Achtrup vorantreiben.




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

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

5.5 UMSETZUNGSPLAN




Im Folgenden wird ein Umsetzungsplan definiert, der die Maßnahmen, deren Priorität und die zuständigen Akteure sowie einen Zeitplan enthält. Die Priorität wird durch die Darstellung von Bäumen beschrieben, wobei drei Bäume die höchste Priorität darstellen und ein Baum die niedrigste. Die Maßnahme mit der höchsten Priorität die zentrale Wärmeversorgung. Es gilt die Fehler der Vergangenheit zu beheben und das Wärmenetz zukunftsfähig aufzustellen. Die Sanierung von Wohngebäuden sowie Einzelversorgungslösungen sind Maßnahmen mit mittlerer Priorität. Die Beratung und Begleitung bei der Umsetzung von erneuerbaren dezentralen Heizungsvarianten ist ein zentraler Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität in Achtrup. 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"> • Behebung der Defekte im Status Quo • Transformationsplan nach BEW - Modul 1 <ul style="list-style-type: none"> - Alternativ direkte investive Förderung mit KWKG • Nachverdichtung Bestandnetz • Kundenakquise • Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen • Sicherung der Wärmeversorgung über 2030 hinaus 	Genossenschaft Genossenschaft, Planungsbüro Gemeinde / Betreiber Beratungsunternehmen Genossenschaft / BGA / Gemeinde	fortlaufend 1. Halbjahr 2026 fortlaufend ab 2. Halbjahr 2026 fortlaufend fortlaufend	
2.	Dezentrale Wärmeversorgung <ul style="list-style-type: none"> • Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen • Unterstützung bei Fördermittelakquise und Umsetzung 	Planungsbüro / Gemeinde Gemeinde / 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 Gemeinde / Beratungsunternehmen	fortlaufend	

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





Tabelle 5-2: Umsetzungsplan - Strom

Nr.	Maßnahme	Akteure	Zeitraum	Priorität
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, Gemeinde	2. Halbjahr 2025 ab 2. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026 – 1. Halbjahr 2028	
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	2. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026	
6.	PV-Dachanlagen & Speichertechnologien für Einzellösung <ul style="list-style-type: none"> Ergänzend zu Nummer 3 (Sanierung Wohngebäude) Unterstützung bei Eigenversorgungs-lösungen 	Planungsbüro Planungsbüro, Bauunternehmen	fortlaufend	

Die Maßnahmen im Bereich Mobilität und Städteplanung haben eine niedrige Priorität, da der Nutzen einer Umsetzung im Vergleich zu den anderen Maßnahmen und dem damit verbundenen Aufwand geringer ist. Mögliche Optionen stellen die Erweiterung des Mobilitätsangebots durch Carsharing oder die Unterstützung des Radverkehrs da.

Die Klimaanpassungsmaßnahmen zielen darauf ab, die Lebensqualität und Umweltbedingungen im Quartier zu verbessern. Eine umfangreichere Liste aller empfohlenen städtebaulichen Maßnahmen kann dem Abschnitt 2.2.6 entnommen werden.

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"> Beratung zur Errichtung privater Ladesäulen Errichtung öffentlicher Ladesäulen Aufklärungskampagnen zu Vorurteilen gegenüber der Elektromobilität 	Gemeinde / Beratungsunternehmen Gemeinde / Energieversorger Gemeinde / Beratungsunternehmen	fortlaufend ab 2. 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 2026 2. Halbjahr 2026	
9.	Radverkehr			
	<ul style="list-style-type: none"> Ausbau und Beleuchtung von Radwegen, die in und aus dem Quartier führen Serviceangebot für Fahrräder schaffen (Reparatur- und Luftpumpstationen) Errichten von Abstellmöglichkeiten für Fahrräder an zentralen Orten 	Gemeinde / Bauunternehmen Gemeinde / lokale Unternehmen Gemeinde / Bauunternehmen	2. Halbjahr 2027 1. Halbjahr 2026 1. Halbjahr 2026	
10.	Städtebauliche Maßnahmen			
	<ul style="list-style-type: none"> Entsiegelung von Flächen Pflanzung von Gehölzen, die mit Wetterextremen zurechtkommen Anlage von artenreichen Beständen 	Gemeinde / Bauunternehmen Gemeinde / lokale Unternehmen Gemeinde / lokale Unternehmen	2. Halbjahr 2027 fortlaufend fortlaufend	

6 LITERATURVERZEICHNIS

- ADFC. (2020). Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club - Förderung kommunaler Radverkehrsinfrastruktur. Abgerufen am 8. Juli 2022 von <https://www.adfc.de/artikel/foerderung-kommunaler-radverkehrsinfrastruktur>
- Amt Südtondern. (kein Datum). *Achtrup*. Von <https://www.amt-suedtondern.de/index.php?ModID=7&FID=2861.409.1&object=tx%7C2861.409.1> abgerufen
- Autokraft GmbH. (2024). *DB Regio Bus Nord*. Von <https://www.dbregiobus-nord.de/fahrplan/kursbuchtml> abgerufen
- BAFA. (2021). Informationsblatt CO2-Faktoren .
- BAFA. (2. August 2022). Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): EU Kommission genehmigt Förderung von grünen Fernwärmenetzen. (B. f. Ausfuhrkontrolle, Hrsg.) Von https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Energieeffizienz_waermenetze/20220822.html abgerufen
- BAFA. (2025). *Elektromobilität*. Von https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/Neuen_Antrag_stellen/neuen_antrag_stellen.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. (16. Dezember 2024). *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
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr. (2024). *Flächendeckende Fahrradinfrastruktur durch das Sonderprogramm „Stadt und Land“*. Von <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Radverkehr/flaechendeckende-fahradinfrastruktur-sonderprogramm-stadt-und-land.html> 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. (12. 02 2024). *Heizungsmodernisierung - ein Kostenvergleich*. Abgerufen am 10. Juni 2022 von <https://www.carmen-ev.de/2024/02/12/heizungsmodernisierung-im-einfamilienhaus-ein-kostenvergleich/>

C.A.R.M.E.N. e.V. (2023). *Freiflächen-Photovoltaikanlagen Leitfaden*. Straubing.

ChargeFinder. (2024). Von <https://chargefinder.com/de/stromtankstelle-achtrup-achtrup-10/2pz2mr> abgerufen

DA Nord. (2024). *Amtliches Wasserwirtschaftliches Gewässerverzeichnis*. Von https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Wasserland_AWGV/index.html?lang=de#/ abgerufen

DA Nord. (2025). Von <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Anonym/index.html?lang=de#/> abgerufen

DEPI. (2023). *DEPI-Informationsblatt - Heizenergiebedarfsberechnung mit Herstellerkennwerten*. Von <https://depi.de/nginx-ada-assets/47652d27-31f0-44bc-9ec1-b0d2459f52e2> abgerufen

Destatis. (2022). *Zensus 2022 – Ergebnisse zur Bevölkerung und Wohnungen*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Von https://www.zensus2022.de/static/Zensus_Veroeffentlichung/Regionaltabelle_Gebaeude_Wohnungen.xlsx abgerufen

Dörpsmobil SH. (2023). *Ein Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum*. Abgerufen am 4. Juni 2022 von https://www.doerpsmobil-sh.de/fileadmin/user_upload/Doerpsmobil_Leitfaden_2023.pdf

Dörpsmobil SH. (2024). *Dörpsmobil Downloads*. Von Anträge, Leitfaden und Vorlagen ganz einfach herunterladen: <https://www.doerpsmobil-sh.de/downloads> abgerufen

EEG vom 8. Mai 2024. (08. 05 2024).

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 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.

Gebäude Energieberater. (10. 04 2024). *Verband klagt über schwache Sanierungsrate* . Von <https://www.geb-info.de/expertenwissen/verband-klagt-ueber-schwache-sanierungsrate> abgerufen

- GEG. (2022). *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)*.
- ifeu. (2014). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg.
- Kirchengemeinde Leck. (kein Datum). *Achtrup*. Von <http://www.kircheleck.de/seite/153577/achtrup.html> abgerufen
- Kleinertz, B. F. (2019). Vergleich und Bewertung verschiedener Speicherkonzepte für Nahwärmenetze der 4. Generation. *Vortrag im Rahmen der 11. Internationalen Energiewirtschaftstagung IEWT vom 13. – 15. Februar 2019 in Wien*.
- Kraftfahrt-Bundesamt. (2024). *Zulassungsbezirke und Gemeinden 2024*. Von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/ZulassungsbezirkeGemeinden/zulassungsbezirke_node.html abgerufen
- MEKUN SH. (2025). *Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur*. Von Umweltportal: https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste;jsessionid=A937E0D3DCB746198D4D92F7BA82AACA?lang=de&topic=thallgemein&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&E=501753.31&N=6071575.97&zoom=11&layers=744b10adc7 abgerufen
- Meteonorm. (2024). <https://meteonorm.com/meteonorm-version-8>.
- MIKWS SH. (13. 06 2024). Von Windenergienutzung (Räumliche Steuerung): https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/energie/windenergie-raeumliche-steuerung/Downloads/karte_potenzialflaechen.html?nn=9561f157-9597-43c1-912c-10292bb5f53e abgerufen
- MILIG SH. (31. 12 2020). *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II in Schleswig-Holstein Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. Von https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/L/landesplanung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene_wind/fh_teilfortschreibung_lep_wind_RP2 abgerufen
- MILIG SH. (01. 09 2021). *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich*. Von https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/S/stadtenwicklung-staedtebau/Downloads/erlass_SolarFreiflaechenanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=1 abgerufen
- Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein. (2024). *Schleswig-Holstein Umweltportal*. Von https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste;jsessionid=1A66A9F29A1CFB948C1E85570B1DA43D?lang=de&topic=thnatschutz&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&layers=b0c7bdcfc2a12dcd2015c5c986e92834&E=541031 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 Umwelt, K. u.-W. (2019). *Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden*. Stuttgart.

- sh:z. (2012). Jenny lässt wieder die Flügel kreisen.
- sh:z Schleswig-Holsteinischer Zeitungsverlag GmbH & Co. KG. (2012). *Jenny lässt wieder die Flügel kreisen*. Von <https://www.shz.de/lokales/niebuell-leck/artikel/jenny-laesst-wieder-die-fluegel-kreisen-40827174> 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/>
- Statistikamt Nord. (2024). *Regionaldaten für Achtrup*. Von <https://region.statistik-nord.de/detail/00100000000000000000/1/0/610/> 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/nachhaltig-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.

WTSH GmbH. (2025). *Förderung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge II*. Von <https://wtsh.de/de/ladeinfrastruktur-fuer-elektrofahrzeuge-2> abgerufen