

Quartierskonzept Satrup Ortskern

Abschlussbericht zur Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes

Satrup

Im Auftrag von: **Gemeinde Mittelangeln**

Ansprechpartner_in: Britta Lang, Bürgermeisterin der Gemeinde Mittelangeln

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

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

PLAN-G
An de Diek 6d, 24855 Bollingstedt

Bearbeitung: Dipl. Ing. Ralf Schobries

Stand: 05.09.2024

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

Gefördert durch:



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	7
Abkürzungsverzeichnis	8
KfW Checkliste Energetische Stadtsanierung	10
1 Zusammenfassung	11
2 Einführung	12
2.1 Das Quartier Satrup Ortskern	12
2.2 Vorhandene Stadtentwicklungs- und wohnwirtschaftliche Konzepte	14
2.2.1 Vorbereitende Untersuchung & Integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept ...	14
2.2.2 Landschaftsplan	22
2.2.3 Flächennutzungsplan	23
2.2.4 Bebauungspläne	24
2.3 Vorhandene Grünflächen und retentionsflächen	24
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 Nicht-Wohngebäude und öffentliche Liegenschaften	30
3.2.3 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Sektor)	31
3.3 Bestandsaufnahme: Heizungsbestand	31
3.4 Bestandsaufnahme: Energiebedarf	32
3.4.1 Quartierslastprofile Wärme	32
3.4.2 Quartierslastprofil Strom.....	33
3.4.3 Mobilität	33
3.5 Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	35
3.5.1 Energie- und CO ₂ -Bilanz Wärme.....	36
3.5.2 Energie- und CO ₂ -Bilanz Strom.....	38
3.5.3 Energie- Und CO ₂ -Bilanz Mobilität	39
4 Energie- und CO₂-Minderungspotenziale	40
4.1 Potenziale für erneuerbare elektrische Energien.....	41
4.1.1 Wind	41
4.1.2 Photovoltaik	42
4.1.3 Biogas	46

4.2	Potenziale für erneuerbare thermische Energie	46
4.2.1	Luft-Wärmepumpe	46
4.2.2	Geothermie	47
4.2.3	Grundwasser-Wärmepumpe	50
4.2.4	Abwärme-Wärmepumpe.....	50
4.2.5	Biomethan Blockheizkraftwerk	50
4.2.6	Biomasse.....	50
4.2.7	Solarthermie	51
4.2.8	Photovoltaisch-Thermische Kollektoren	51
4.3	Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung.....	52
4.3.1	Fördermöglichkeiten im BEG.....	53
4.3.2	Mustersanierungen	55
4.4	Dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen	61
4.4.1	Vollkostenvergleich	62
4.4.2	Emissionen dezentraler Wärmeversorgungs-lösungen.....	64
4.5	Minderungspotenziale durch zentrale Wärmeversorgung	65
4.5.1	Erzeugungskonzept der BEVS	67
4.5.2	Fördermöglichkeiten	70
4.5.3	Klimaverträglichkeit.....	72
4.5.4	Mögliche Betreibermodelle.....	74
4.6	Mobilität	75
4.6.1	Individueller Personenkraftverkehr	75
4.6.2	Auswertung der Umfrage	77
4.6.3	Carsharing.....	78
4.6.4	Unterstützung des Rad- und Fußverkehrs.....	79
4.6.5	Errichten öffentlicher Ladestationen	81
4.6.6	Öffentlicher Personennahverkehr.....	81
5	Umsetzung.....	83
5.1	Öffentlichkeitsarbeit.....	83
5.1.1	Aufklärung und Unterstützung der Bewohner_innen.....	83
5.1.2	Unterstützung der Energieversorger.....	84
5.1.3	Bausteine der Öffentlichkeitsarbeit	85
5.2	Controlling-Konzept.....	86
5.2.1	Gebäudesanierung & Heizungsaustausch	86
5.2.2	Wärmenetz	86
5.2.3	Strom	87

5.2.4	Mobilität.....	87
5.3	Umsetzungshemmnisse.....	87
5.3.1	Energetische Sanierung.....	87
5.3.2	Wärmenetz.....	89
5.3.3	Strom.....	90
5.3.4	Mobilität.....	90
5.3.5	Allgemeine Hemmnisse.....	91
5.4	Sanierungsmanagement.....	91
5.5	Umsetzungsplan.....	92
6	Literaturverzeichnis.....	95

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1:	Das Quartier Satrup Ortskern im Gemeindegebiet Mittelangeln	12
Abbildung 2-2:	Apotheke in der Schleswiger Straße.....	13
Abbildung 2-3:	Überblick über die verschiedenen Nutzungen und ihre Standorte im Ort Satrup (BCS Gruppe, 2022)	15
Abbildung 2-4:	Gebäudezustand der verschiedenen Strukturen in Satrup (BCS Gruppe, 2022)...	16
Abbildung 2-5:	Untersuchte Flächen im öffentlichen Eigentum in Satrup (BCS Gruppe, 2022)....	17
Abbildung 2-6:	Grün und Freiflächen in Satrup (BCS Gruppe, 2022).....	18
Abbildung 2-7:	Überblick über die städtebaulichen Missstände (BCS Gruppe, 2022).....	19
Abbildung 2-8:	Übersicht über die in Plan 6 enthaltenen Maßnahmen (BCS Gruppe, 2022)	20
Abbildung 2-9:	Überblick über die Grenzen des Sanierungsgebiets (BCS Gruppe, 2022)	21
Abbildung 2-10:	Ausschnitt aus dem Landschaftsplan (Schleswig-Holsteinische Landgesellschaft mbH, 1998)	22
Abbildung 2-11:	Planungsgrenzen für das neue Gebiet (Amt Mittelangeln, 2024).....	23
Abbildung 2-12:	Topographische Karte (GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG, 2024)	24
Abbildung 2-13:	Lage von klimaintensiven und geschützten Böden im Quartier sowie in dessen Umfeld (Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein, 2024)	25
Abbildung 2-14:	Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung,	26
Abbildung 2-15:	Workshop vom 15.05.2024	27
Abbildung 3-1:	Kirche St. Laurentius in Satrup	30
Abbildung 3-2:	Netzstruktur nördliches Bestandswärmenetz Satrup	31
Abbildung 3-3:	Wärmelastgang Quartier Satrup (Verbrauch)	33
Abbildung 3-4:	Stromlastgang Satrup	33
Abbildung 3-5:	Gesamtendenergie	35
Abbildung 3-6:	CO ₂ -Bilanz	35
Abbildung 3-7:	Wärmeatlas Quartier Satrup	36
Abbildung: 3-8:	Energiebedarf nach Energieträgern	37
Abbildung: 3-9:	Emissionen der Wärmeversorgung	37
Abbildung 3-10:	Strombilanz Quartier Satrup	38
Abbildung 3-11:	Primärenergieverbrauch	39
Abbildung 3-12:	CO ₂ -Emissionen	39
Abbildung 4-1:	Entwicklung des Energiebedarfs.....	40
Abbildung 4-2:	Entwicklung des CO ₂ -Ausstoßes	41
Abbildung 4-3:	Erster Entwurf Potenzialgebiete für Windenergie (Ausschnitt Mittelangeln)	42
Abbildung 4-4:	Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach.....	43
Abbildung 4-5:	Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023)	44
Abbildung 4-6:	Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet.....	45
Abbildung 4-7:	Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quelltemperatur	47
Abbildung 4-8:	Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (Anon., 2024).....	49
Abbildung 4-9:	Förderübersicht Heizungstausch und Einzelmaßnahmen.....	54
Abbildung 4-10:	Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme	63
Abbildung 4-11:	Bestandswärmenetz der BEVS mit möglichen Gebieten zur Erweiterung.....	66
Abbildung 4-12:	Standort Heizzentrale BEVS.....	67
Abbildung 4-13:	Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios	68
Abbildung 4-14:	Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios.....	69

Abbildung 4-15:	Entwicklung der PKW-CO ₂ -Emissionen bis zum Jahr 2050	76
Abbildung 4-16:	Verteilung der Fahrzeuganzahl in den Haushalten der Umfrageteilnehmer.....	77

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 Satrup nach Baualtersklassen	29
Tabelle 3-5:	Gebäudebestand im Kreis Schleswig-Flensburg nach Gebäudetypologie-SH.....	29
Tabelle 3-6:	Spezifischer Wärmedarf - Vergleich GIS-Daten Auswertung vs. Deutscher Mittelwert (BMW, 2021)	30
Tabelle 3-7:	Heizungsbestand Quartier Satrup	32
Tabelle 3-8:	Wärmebedarf nach Liegenschaften	32
Tabelle 3-9:	Personenkraftwagen der Gemeinde Mittelangeln und des Ortsteils Satrup nach Brennstofftyp	34
Tabelle 3-10:	Energieverbrauch von Personenkraftwagen des Ortsteils Satrup nach Brennstofftyp	34
Tabelle 3-11:	Gesamtendenergie- und CO ₂ -Bilanz	35
Tabelle 3-12:	<i>Verwendete CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren (Vorgabe KfW, Anlage 4 und 9 des GEG)</i>	37
Tabelle 3-13:	Energie- und CO ₂ -Bilanz der Wärmeversorgung nach Energieträger.....	37
Tabelle 3-14:	Endenergiebilanz der Stromversorgung.....	38
Tabelle 3-15:	Regenerative Erzeugungsleistung auf dem Gemeindegebiet von Satrup.....	38
Tabelle 3-16:	Emissions- und Primärenergiefaktoren verschiedener Kraftstoffe (Frischknecht, et al., 2012)	39
Tabelle 3-17:	CO ₂ -Emissionen und Primärenergieverbrauch.....	39
Tabelle 4-1:	Vergütungssätze für PV-Dachanlagen in ct/kWh	43
Tabelle 4-2:	PV-Auslegungsvarianten für verschiedene Belegungen.....	45
Tabelle 4-3:	Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate Wohngebäude	52
Tabelle 4-4:	Grunddaten - Am Gymnasium 1 – Gebäudeansicht: Ost	55
Tabelle 4-5:	Zusammenfassung der Mustersanierungen – Am Gymnasium 1	56
Tabelle 4-6:	Grunddaten – Immanuel-Kant-Straße 32 – Gebäudeansicht: Süd.....	57
Tabelle 4-7:	Zusammenfassung der Mustersanierungen – Immanuel-Kant-Straße 32	58
Tabelle 4-8:	Grunddaten - Söruper Straße 4 – Gebäudeansicht: Südost	59
Tabelle 4-9:	Zusammenfassung der Mustersanierungen – Söruper Straße 4.....	60
Tabelle 4-10:	<i>Parameter zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme</i>	62
Tabelle 4-11:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen der individuellen Lösungen	64
Tabelle 4-12:	CO ₂ -Emission für die erzeugte Wärme	72
Tabelle 4-13:	Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz.....	73
Tabelle 4-14:	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	73
Tabelle 4-15:	Anzahl PKW nach Kraftstofftyp	75
Tabelle 4-16:	Interesse an Elektrofahrzeugen.....	78
Tabelle 4-17:	Vergleich der CO ₂ -Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (UBA, 2021).....	81
Tabelle 5-1:	Umsetzungsplan - Wärme	92
Tabelle 5-2:	Umsetzungsplan - Strom	93
Tabelle 5-3:	Umsetzungsplan - Mobilität & Städteplanung	94

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

°C	Grad Celsius
a	Jahr
Abs.	Absatz
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BEG	Bundeförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundeförderung für effiziente Wärmenetze
BGA	Biogasanlage
BGW	Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bzw.	beziehungsweise
C.A.R.M.E.N	Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
ca.	circa
CH₄	Methan
cm	Centimeter
CO₂	Kohlenstoffdioxid
COP	Coefficient of Performance
Ct	Cent
DN	Diamètre Nominal (Nenndurchmesser)
E	Elektro
e.V.	Eingetragener Verein
EE	Enerneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetzes
EFH	Einfamilienhaus
el.	elektrisch
EM	Einzelmaßnahme
Eng.	Engineering
F&E	Forschung und Entwicklung
ff	fortfolgend
g	Gramm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GKO	Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen
GWh	Gigawattstunden
h	Stunde
ha	Hektar
i.d.R.	in der Regel
ifeu	Institutes für Energie- und Umweltforschung
iSFP	individueller Sanierungsfahrplan
K	Kelvin
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
kWp	Kilowatt peak
kWth	Kilowatt thermisch
L	Liter
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LEP	Landesentwicklungsplan
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
max.	maximal
min.	minimal
Mio.	Millionen
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
MWp	Megawatt peak
MWth	Megawatt thermisch
N2O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
Nr.	Nummer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pers.	Personen
Pkm	Personenkilometer
PKW	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaisch-thermisch
SH	Schleswig-Holstein
Str.	Straße
t	Tonne
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
W	Watt
WG	Wohngebäude
WKA	Windkraftanlage
WNS	Wärmenetzsysteme
z.B.	zum Beispiel

KFW CHECKLISTE ENERGETISCHE STADTSANIERUNG

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

Zu berücksichtigende Aspekte	Kapitel
Betrachtung der für das Quartier maßgeblichen Energieverbrauchssektoren (insbes. komm. Einrichtungen, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie, private Haushalte) (Ausgangsanalyse).	3, 4
Beachtung von Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepten, integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten oder wohnwirtschaftlichen Konzepten bzw. von integrierten Konzepten auf Quartiersebene	2.2
Beachtung der baukulturellen Zielstellungen unter besonderer Berücksichtigung von Denkmälern, erhaltenswerter Bausubstanz und Stadtbildqualität	2.1, 2.2
Aussagen zu Energieeffizienzpotenzialen und deren Realisierung im Bereich der quartiersbezogenen Mobilität	3.4.3, 4.6, 5
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, 4
Gesamtenergiebilanz des Quartiers (Vergleich Ausgangspunkt und Zielaussage)	3, 4.3, 4.5.3
Bezugnahme auf Klimaschutzziele der Bundesregierung und energetische Zielsetzungen auf kommunaler Ebene	1, 2.1, 4.5.3
konkreter Maßnahmenkatalog unter Berücksichtigung quartiersbezogener Wechselwirkungen	5.5
Analyse möglicher Umsetzungshemmnisse und deren Überwindungsmöglichkeiten	5.3
Aussagen zu Kosten, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Investitionsmaßnahmen	4
Einbeziehung betroffener Akteure bzw. Öffentlichkeit in die Aktionspläne/Handlungskonzepte	2.5, 5.1
Maßnahmen zur organisatorischen Umsetzung des Sanierungskonzepts (Zeitplan, Prioritätensetzung, Mobilisierung der Akteure und Verantwortlichkeiten)	5.5
Maßnahmen der Erfolgskontrolle und zum Monitoring	5.2

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Ausgangssituation für die Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung im Ortskern von Satrup ist vielversprechend. Die Beteiligung der Anwohner_innen bei Öffentlichkeitsveranstaltungen hat 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. 52,3 GWh pro Jahr und ein Strombedarf von ca. 23,4 GWh pro Jahr ermittelt. Die DöllingHareico Fleisch- und Wurstwaren GmbH & Co. KG gehört zu den größten Energieverbrauchern im Quartier. Das Unternehmen zeigte sich während der Datenerfassung kooperativ, jedoch besteht kein Interesse an einer zentralen Energieversorgung, da sie ihre Energie eigenständig erzeugen und unvermeidbare Abwärme selbst nutzen möchten.

Die Ertüchtigung der Gebäudehüllen der Wohngebäude im Quartier sorgt bei einer moderaten Sanierungsrate von 2 % pro Jahr bis 2050 zu einer Reduzierung von bis zu 41 % des Endenergiebedarfs für die Wärmeversorgung. Die in der Studie aufgezeigten Mustersanierungen machen nicht nur den ökologischen, sondern auch den wirtschaftlichen Vorteil der Sanierung der Gebäudehüllen deutlich. Investitionen in die energetische Sanierung der Gebäudehülle mit statischen Amortisationszeiten von wenigen Jahren sind ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Um die angestrebte Sanierungsrate von 2 % pro Jahr zu erreichen, müssen die Bürger_innen angeleitet 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. Die Wärmeversorgung kann durch die Umgestaltung des Wärmenetzes und die Einbindung von regenerativ erzeugtem Strom nachhaltiger gestaltet werden. Durch die in der Studie aufgezeigten Handlungsoptionen ergeben sich auch für Haushalte, die außerhalb des Wärmenetzgebietes liegen, Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion. Entsprechend gedämmte Gebäude im Außenbereich können mit den verschiedenen dargestellten Heizsystemen ausgestattet werden. Größtes Hemmnis sind derzeit die hohen Kosten.

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

2 EINFÜHRUNG

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

Besondere Berücksichtigung finden dabei die Klimaschutzziele der Bundesregierung, die eine drastische Reduzierung der Treibhausgasemissionen und eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien vorsehen. Diese nationalen Ziele stehen im Einklang mit den kommunalen Energiezielen, die ebenfalls auf eine nachhaltige und umweltschonende Energieversorgung abzielen. Das Quartierskonzept für Satrup ist somit nicht nur ein Schritt in Richtung lokaler Energieautarkie, sondern auch ein Beitrag zur Erreichung übergeordneter Klimaschutzziele.

2.1 DAS QUARTIER SATRUP ORTSKERN

Der Ortsteil Satrup liegt in der Gemeinde Mittelangeln im Kreis Schleswig-Flensburg in Schleswig-Holstein. Die Gemeinde gehört zum Amt Mittelangeln, das aus 3 Gemeinden besteht. Die Gemeinde hat eine Fläche von 4.498 ha und ist Heimat für knapp 5.450 Bürger_innen. Das Gemeindegebiet von Mittelangeln liegt im Landschaftsraum Angeln und grenzt im Westen an die Schleswigsche Geest. Die nördliche Gemeindegrenze bildet der Flusslauf der Treene. Die Lage und die Grenzen des Ortsteils Satrup sind im Ortskern in Abbildung 2-1 dargestellt.

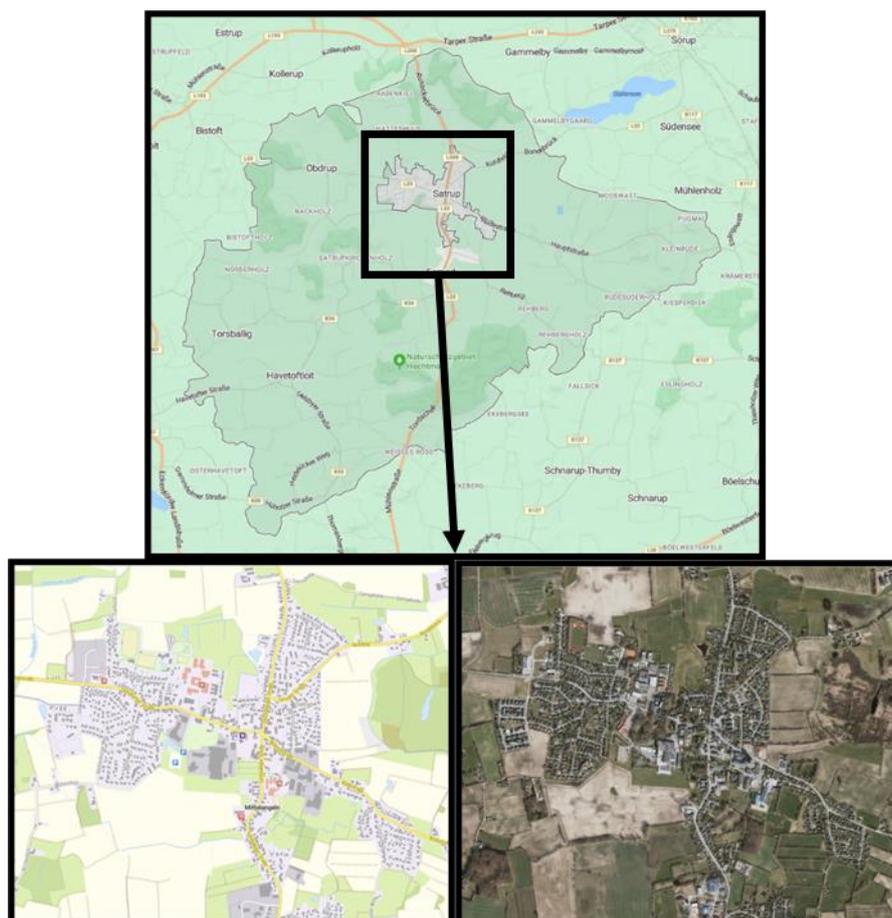


Abbildung 2-1: Das Quartier Satrup Ortskern im Gemeindegebiet Mittelangeln

Die Erschließung der Gemeinde für den motorisierten Individualverkehr erfolgt über die in Ost-West-Richtung verlaufende Landstraße 23 zwischen dem Anschluss an die Bundesstraße 201 im Südosten und der Landesstraße 193 nach Großsolt und der Autobahn A7 im weiteren Verlauf im Westen. Die Entfernung nach Flensburg und Schleswig beträgt ca. 20 Autominuten.

Das zu untersuchende Gebiet umfasst den Ortskern von Satrup und ist städtebaulich geprägt durch Einfamilienhäuser mit vereinzelt Mehrfamilienhäusern. Weiter befinden sich in zentraler Lage Betriebe des Einzel- und Großhandels, produzierendes Gewerbe sowie mehrere landwirtschaftliche und weitere mittelständische Betriebe. Die Gemeinde verfügt über ein umfassendes Schulangebot mit Grundschule, Gemeinschaftsschule und Gymnasium sowie eine dänische Schule und eine Volkshochschule. Weiter gibt es Kindergärten und Altwohnanlagen im Quartier. Für die Bewohner_innen stehen in der Gemeinde zahlreiche sportliche Aktivitäten sowie Wander-, Rad- und Reitwege zur Verfügung.

Derzeit werden 74 % der Primärheizungen im Quartier mit fossilen Brennstoffen betrieben. Davon werden 46 % mit Erdgas und 28 % mit Heizöl betrieben. Zusätzlich gibt es im Quartier ein Wärmenetz, an das rund 16 % der Gebäude angeschlossen sind. Die restlichen 10 % entfallen auf alternative Primärheizungen wie Pelletheizungen oder Wärmepumpen. Zusätzlich gab der Schornsteinfeger an, dass ca. die Hälfte aller Haushalte über einen Ofen/Kamin verfügt.

Die Gebäudestruktur des Quartiers weist sich primär durch Gebäude mit einer Wohneinheit aus. Mit ca. 12 % macht der historische Dorfkern mit einem Baujahr vor 1950 einen nicht unerheblichen Anteil des gesamten Gebäudebestands aus. Hier besteht ein großes Potenzial bei der energetischen Gebäudesanierung, da Gebäude dieser Baualtersklassen meist nur teilweise, bis gar nicht energetisch saniert bzw. gedämmt sind. Der größte Anteil des Gebäudebestands wurde mit 31 % zwischen 1990 und 2015 errichtet.

Innerhalb des Quartiers befinden sich mehrere ortsbildprägende Baudenkmale gemäß der Denkmalliste des Landesamtes für Denkmalpflege Schleswig-Holstein. Als „Sachgesamtheiten“ sind die Alte Schule (Flensburger Straße 4) und das ehem. Rektorat Satrup (Flensburger Straße 6) aufgeführt sowie die Kirche St. Laurentius mit Ausstattung und umgebenden Kirchhof. Darüber hinaus steht das Wohn- und Geschäftshaus (Flensburger Straße 8) sowie die Apotheke (Schleswiger Straße 1) als „bauliche Anlage“ ebenfalls unter Denkmalschutz.



Abbildung 2-2: Apotheke in der Schleswiger Straße

ZIELSETZUNG

Ziel des Quartierskonzeptes ist es, den Weg für eine 100 % erneuerbare Energieversorgung in Satrup zu ebnen. Durch die Erstellung eines Quartierskonzeptes wird die Gemeinde Mittelangeln 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 soll verschiedene Bausteine wie eine Ist-Analyse, eine Potenzialanalyse, eine Energie- und CO₂-Bilanz, einen Umsetzungsplan, eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der zu entwickelnden Sanierungsmaßnahmen sowie insbesondere einen im Dialog mit den Einwohner_innen des Quartiers durchgeführten Untersuchungsprozess umfassen.

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.

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

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

2.2 VORHANDENE STADTENTWICKLUNGS- UND WOHNWIRTSCHAFTLICHE KONZEPTE

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

- Vorbereitende Untersuchung & Integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept
- Landschaftsplan Satrup
- Flächennutzungsplan
- Bebauungspläne

2.2.1 VORBEREITENDE UNTERSUCHUNG & INTEGRIERTES STÄDTEBAULICHES ENTWICKLUNGSKONZEPT

Die Pläne beschreiben eine vorbereitende Untersuchung (VU) mit einem Integriertem städtebaulichen Entwicklungskonzept (IEK) in der Gemeinde Mittelangeln. Es werden Maßnahmen für die Zukunftsgestaltung von verschiedenen Gebäuden und Einrichtungen aufgelistet, darunter Feuerwehrgerätehäuser und Sportanlagen. Es werden auch Pläne zur Sanierung von Schulen, Kindergärten und Freizeiteinrichtungen sowie Straßenumbauten vorgestellt. Insgesamt gibt das Dokument einen umfassenden Überblick über das städtebauliche Konzept der Gemeinde Mittelangeln, um eine positive Entwicklung in Bezug auf Infrastruktur, Freizeitangebote und Lebensqualität zu fördern.

Plan 1: Nutzungen (außer Wohnen)

Dieser Plan beschreibt die Nutzungen (außer Wohnen) in Satrup in der Gemeinde Mittelangeln. Es werden verschiedene Einrichtungen und Gebäude aufgelistet, die für die Einwohner von Bedeutung sein können, darunter Ärzteversorgung, Schulen, Kitas, Verwaltungseinrichtungen, kulturelle Einrichtungen, Sportplätze, Spielplätze und Gewerbe/Industrie. Der Plan ist Abbildung 2-3 zu entnehmen.

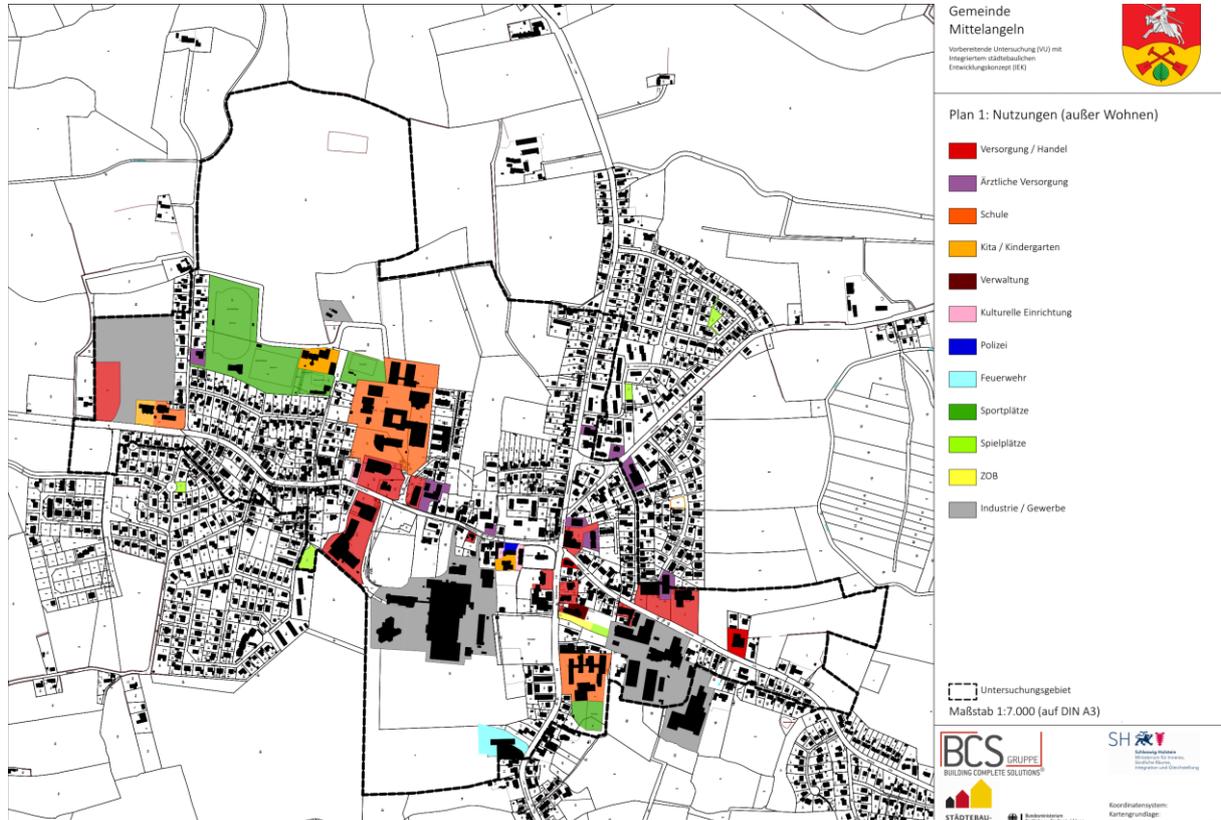


Abbildung 2-3: Überblick über die verschiedenen Nutzungen und ihre Standorte im Ort Satrup (BCS Gruppe, 2022)

Plan 2: Gebäudezustand

Plan 2 bietet eine detaillierte Darstellung des Gebäudezustands im Gebiet der Gemeinde Mittelangeln. Der Plan klassifiziert die Gebäude in verschiedene Kategorien, die von "Neubau / neuwertig" (Kategorie 1) bis hin zu "größeren Schwächen" (Kategorie 5) reichen. Diese Kategorisierung ermöglicht einen Überblick über den allgemeinen Zustand der Gebäude in der Gemeinde. Plan 2 ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

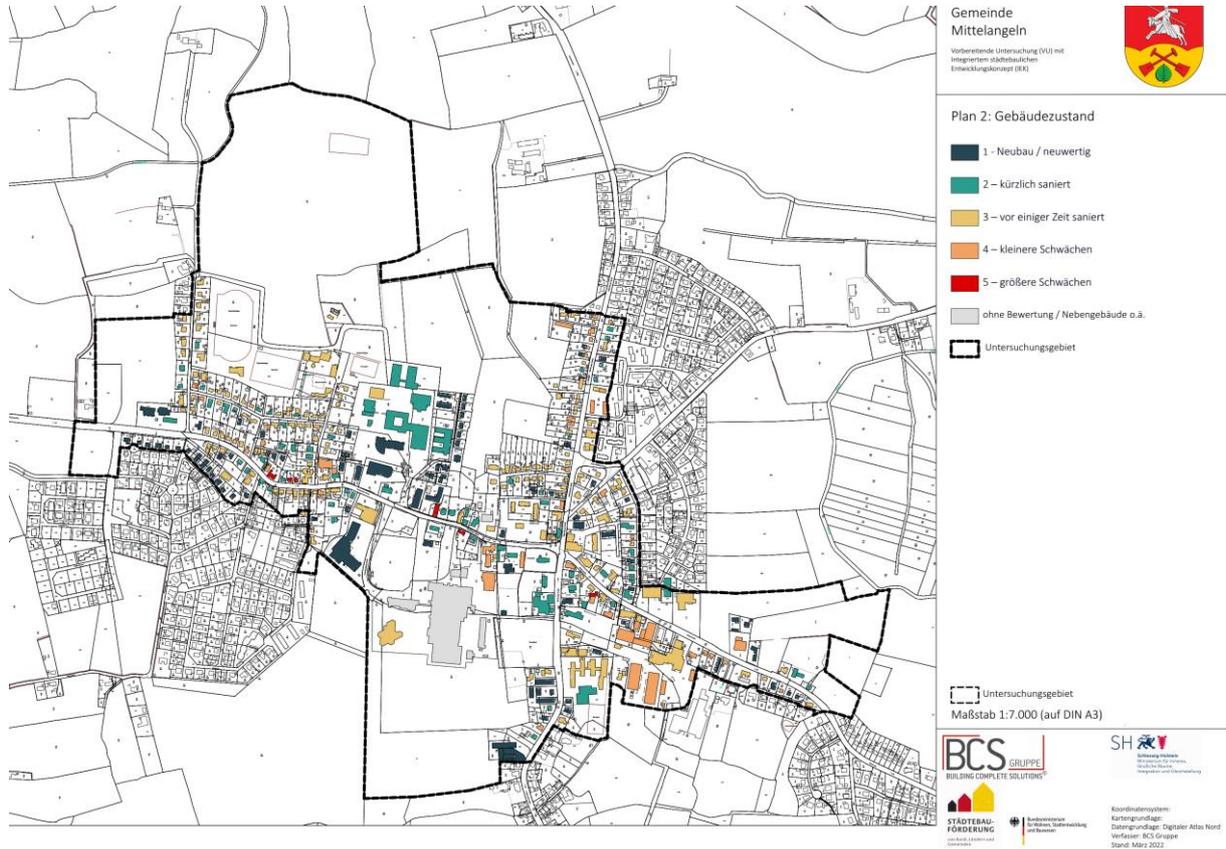


Abbildung 2-4: Gebäudezustand der verschiedenen Strukturen in Satrup (BCS Gruppe, 2022)

Plan 3: Flächen im öffentlichen Raum

Plan 3 gibt Auskunft über Flächen im öffentlichen Eigentum des Ortes Satrup in der Gemeinde Mittelangeln, einschließlich der bebauten und unbebauten Flächen der Gemeinde und der Schulverbandsflächen. Außerdem werden die Flächen der Gemeindestraße, der Landesstraße und der Kirchengemeinde Satrup aufgelistet. Die Gesamtgröße des Untersuchungsgebietes wird mit 1.322.428 m² angegeben. Abbildung 2-5 enthält den Plan 3.

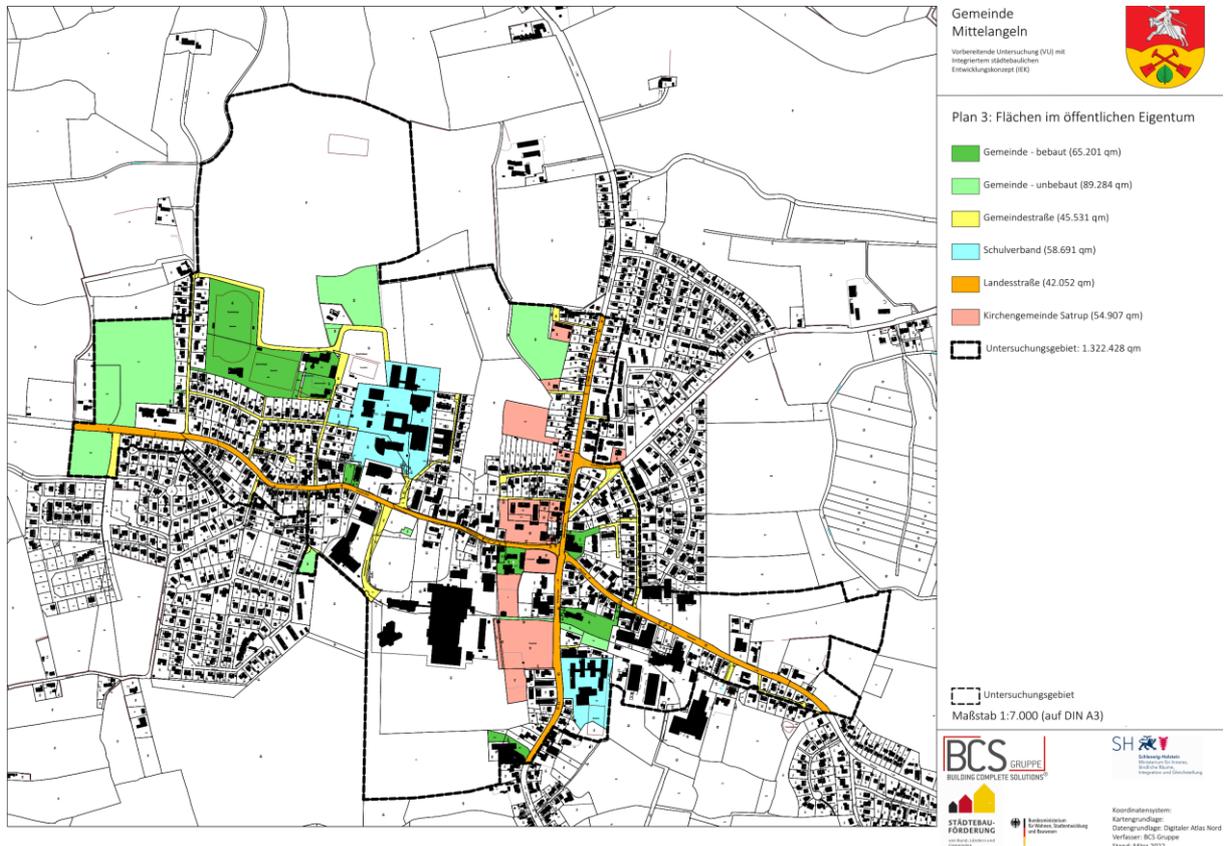


Abbildung 2-5: Untersuchte Flächen im öffentlichen Eigentum in Satrup (BCS Gruppe, 2022)

Plan 4: Grün- und Freiflächen

Plan 4 ist in Abbildung 2-6 dargestellt und zeigt die geplanten bzw. vorhandenen Grünflächen, Parks, Spielplätze und den Dorfplatz innerhalb des Ortes. Insbesondere wird ein potenzieller Park aufgeführt. Der Plan dient dazu, einen Überblick über die grünen und öffentlichen Flächen für Erholung und Freizeitgestaltung in der Gemeinde zu geben.

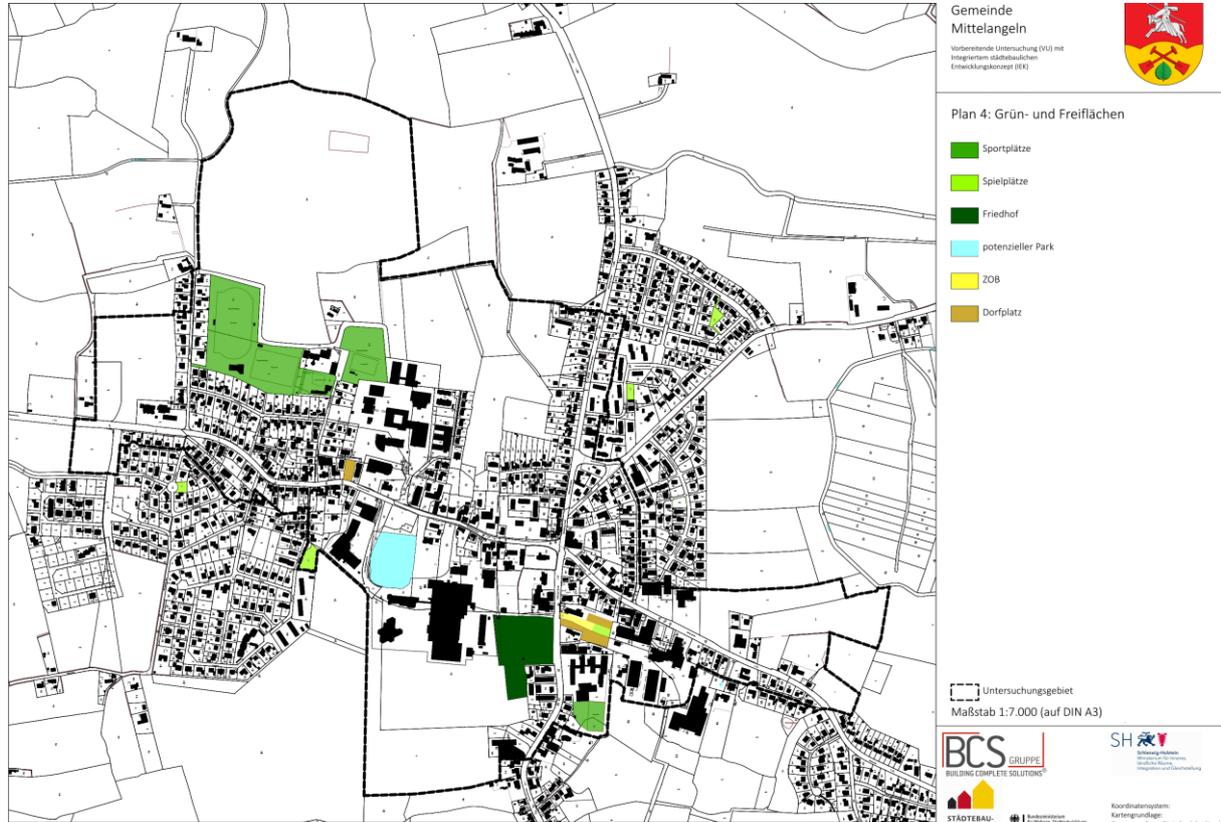


Abbildung 2-6: Grün und Freiflächen in Satrup (BCS Gruppe, 2022)

Plan 5: Städtebauliche Missstände

Plan 5 zeigt Gebäude, die mehr oder weniger große Schwachstellen aufweisen. Es werden Einrichtungen wie das Schwimmbad und das Sportlerheim genannt, die sich in einem schlechten Zustand befinden und sanierungsbedürftig sind. Auch das Rektorhaus, das Dorfmuseum, das Feuerwehrgerätehaus und die "Alte Schule" / Pavillon werden erwähnt und als sanierungsbedürftig bezeichnet. Es wird auf den Mangel an Räumlichkeiten für kulturelle Veranstaltungen und Bewegungsräume sowie auf dessen Sanierungsbedarf hingewiesen. Darüber hinaus enthält der Plan Informationen über fehlende öffentliche Grünflächen, unzureichende Rad- und Fußwege sowie Kapazitätsengpässe bei Kindertagesstätten.

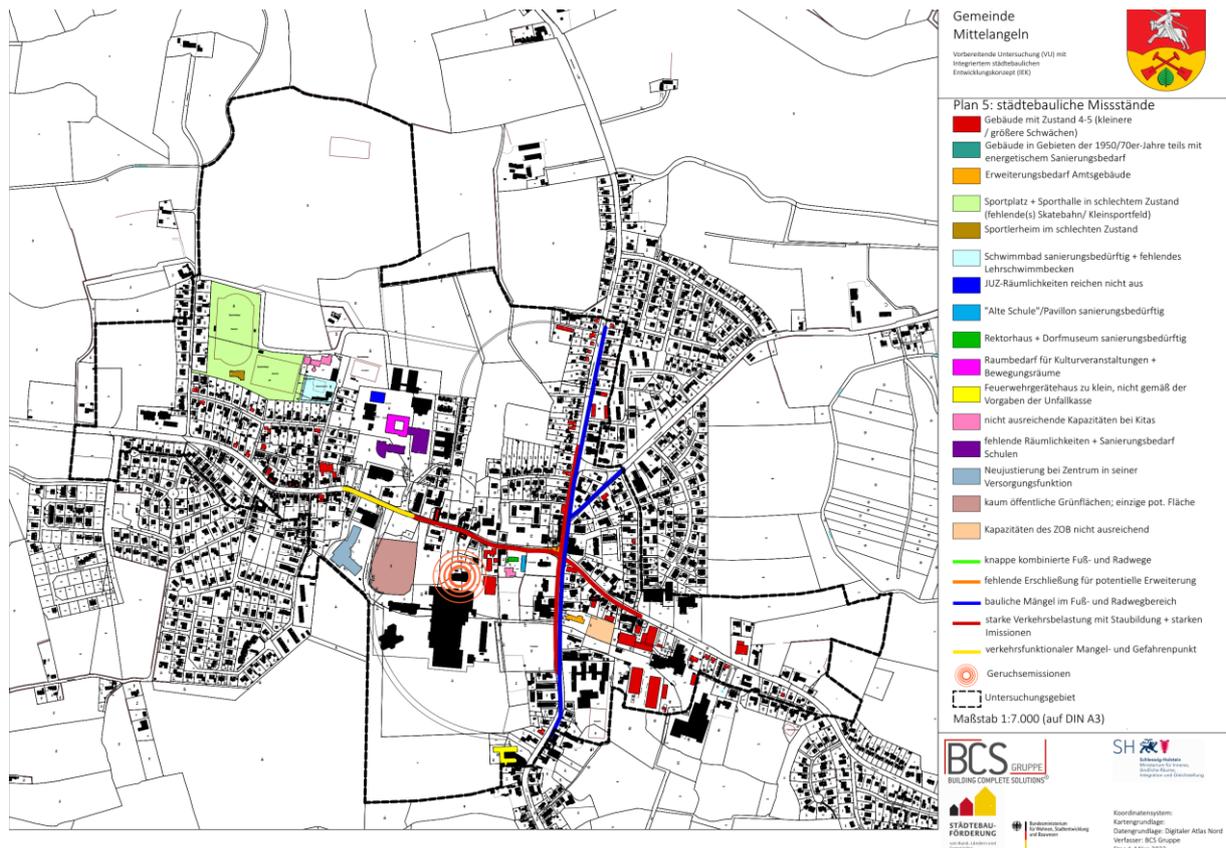


Abbildung 2-7: Überblick über die städtebaulichen Missstände (BCS Gruppe, 2022)

Plan 6: Maßnahmen

Plan 6 zeigt verschiedene bauliche Maßnahmen und Projekte zur Verbesserung der Infrastruktur und Lebensqualität des Ortes. Diese Maßnahmen sind auf der Karte durch nummerierte und farblich hervorgehobene Bereiche markiert, wobei grüne Flächen und orange Linien die Projektstandorte und Planungen kennzeichnen. Das Untersuchungsgebiet, in dem die meisten der geplanten Maßnahmen stattfinden sollen, ist durch eine gestrichelte Linie abgegrenzt und umfasst den zentralen Bereich von Satrup. Plan 6 ist in Abbildung 2-8 dargestellt.

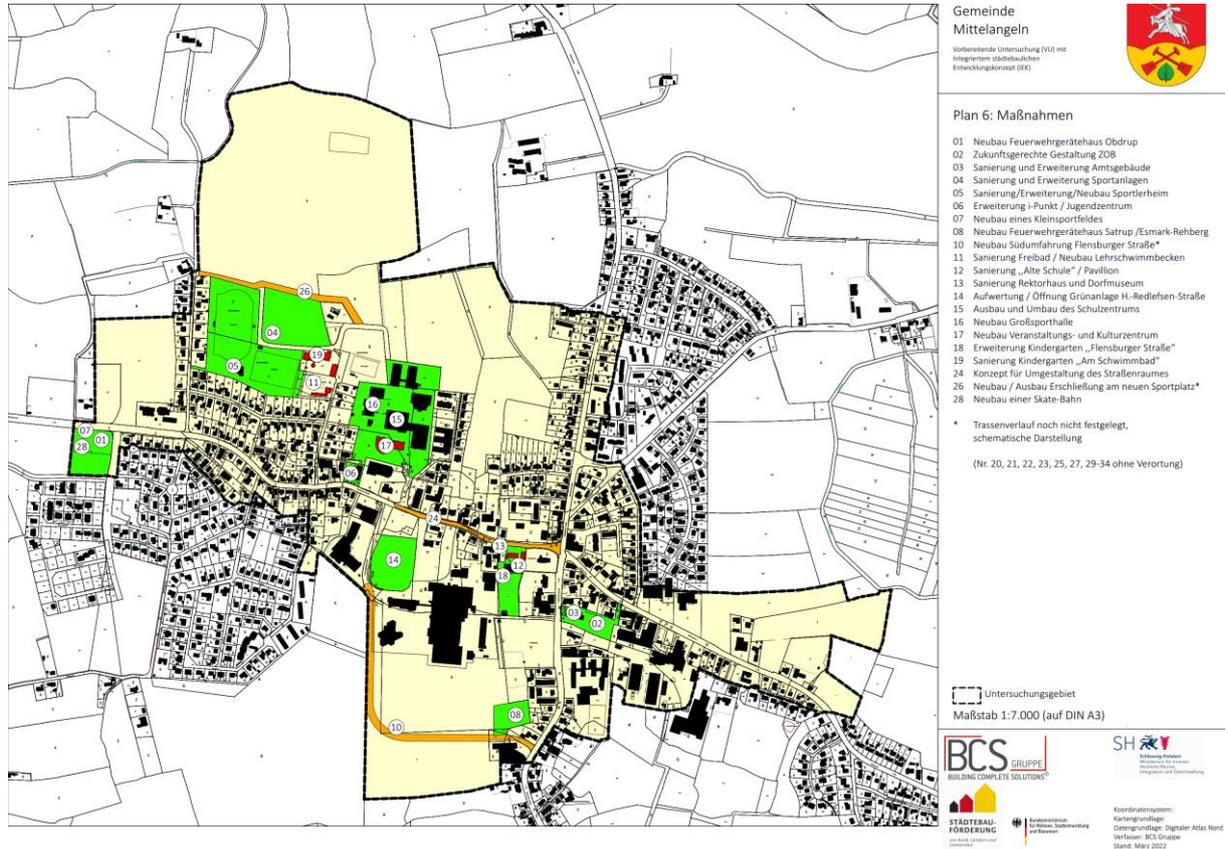


Abbildung 2-8: Übersicht über die in Plan 6 enthaltenen Maßnahmen (BCS Gruppe, 2022)

Plan 7: Vorgeschlagenes Sanierungsgebiet

Plan 7 zeigt das vorgeschlagene Sanierungsgebiet und ist der Abbildung 2-9 zu entnehmen. Die Karte bietet einen Überblick über die betroffene Fläche und die Grenzen des Sanierungsgebiets.

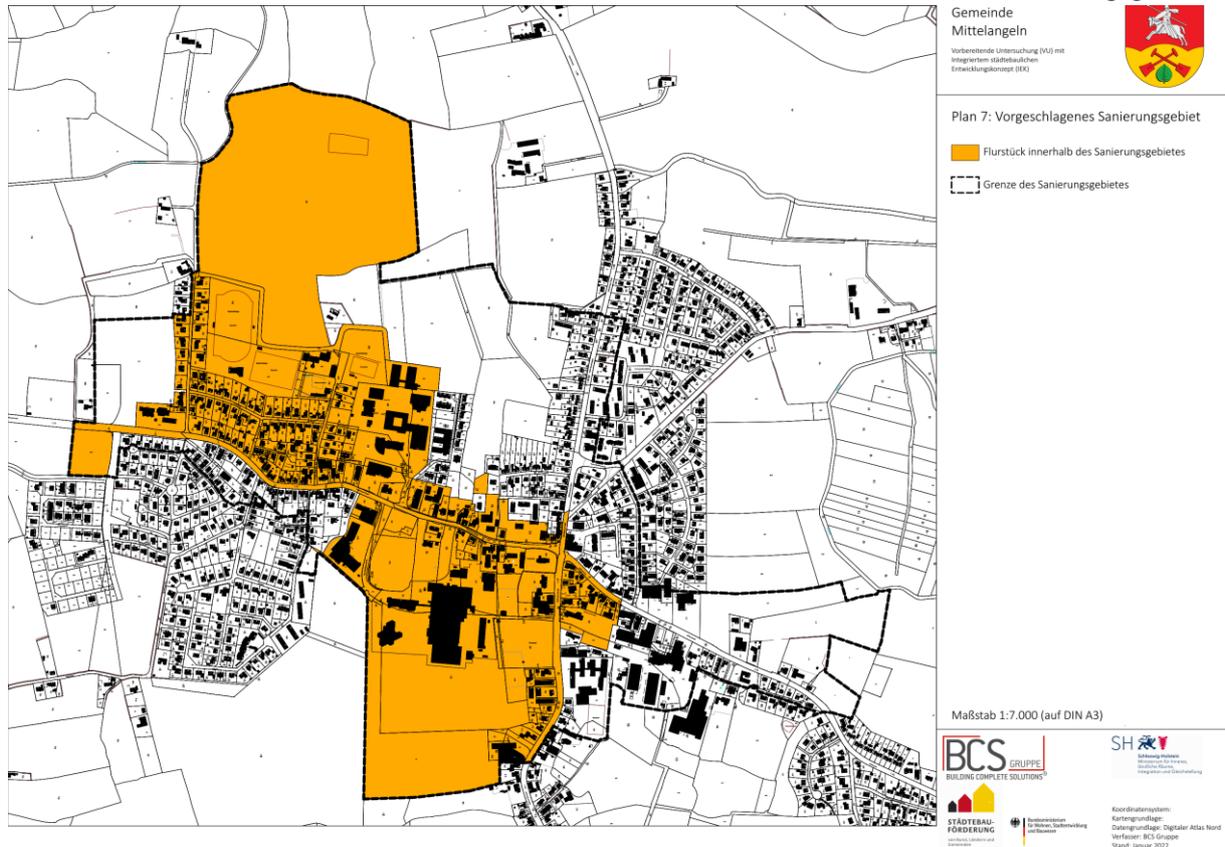


Abbildung 2-9: Überblick über die Grenzen des Sanierungsgebiets (BCS Gruppe, 2022)

2.2.2 LANDSCHAFTSPLAN

Der Landschaftsplan Satrup enthält die Bewertung des Gesamtzustands von Natur und Landschaft der Gemeinde. Der Plan umfasst eine Zusammenfassung der vorhandenen Gesetzgebung und Vorgaben, definiert Ziele für den Naturschutz, den Landschaftsschutz und die Landschaftspflege und gibt Empfehlungen für die Umsetzung dieser Ziele.

Der Landschaftsplan beinhaltet weiterhin eine detaillierte Beschreibung der verschiedenen Lebensräume innerhalb der Gemeinde und beschreibt die darin beheimatete Flora und Fauna. Darüber hinaus gibt er Aufschluss über Gebiete mit besonderen Landschafts- und Naturwerten, ausgewiesene Schutzgebiete und Schutz- und Pflegemaßnahmen. Außerdem beinhaltet der Landschaftsplan Vorschläge für die Förderung und Entwicklung des umliegenden Landschaftsraums, wie beispielsweise die Schaffung von neuen Freiräumen oder die Anlage von Grünflächen.

Der Plan Entwicklung (1998) des Landschaftsplans Satrup zeigt für das Quartier neben den bestehenden Wohn-, Misch- und Gewerbegebieten geplante Gewerbegebiete, Siedlungserweiterungsflächen sowie Flächen für Baumpflanzungen, Flächen für mögliche Rückhaltebecken und Flächen, deren Bodenversiegelung langfristig zu entsiegeln sind.

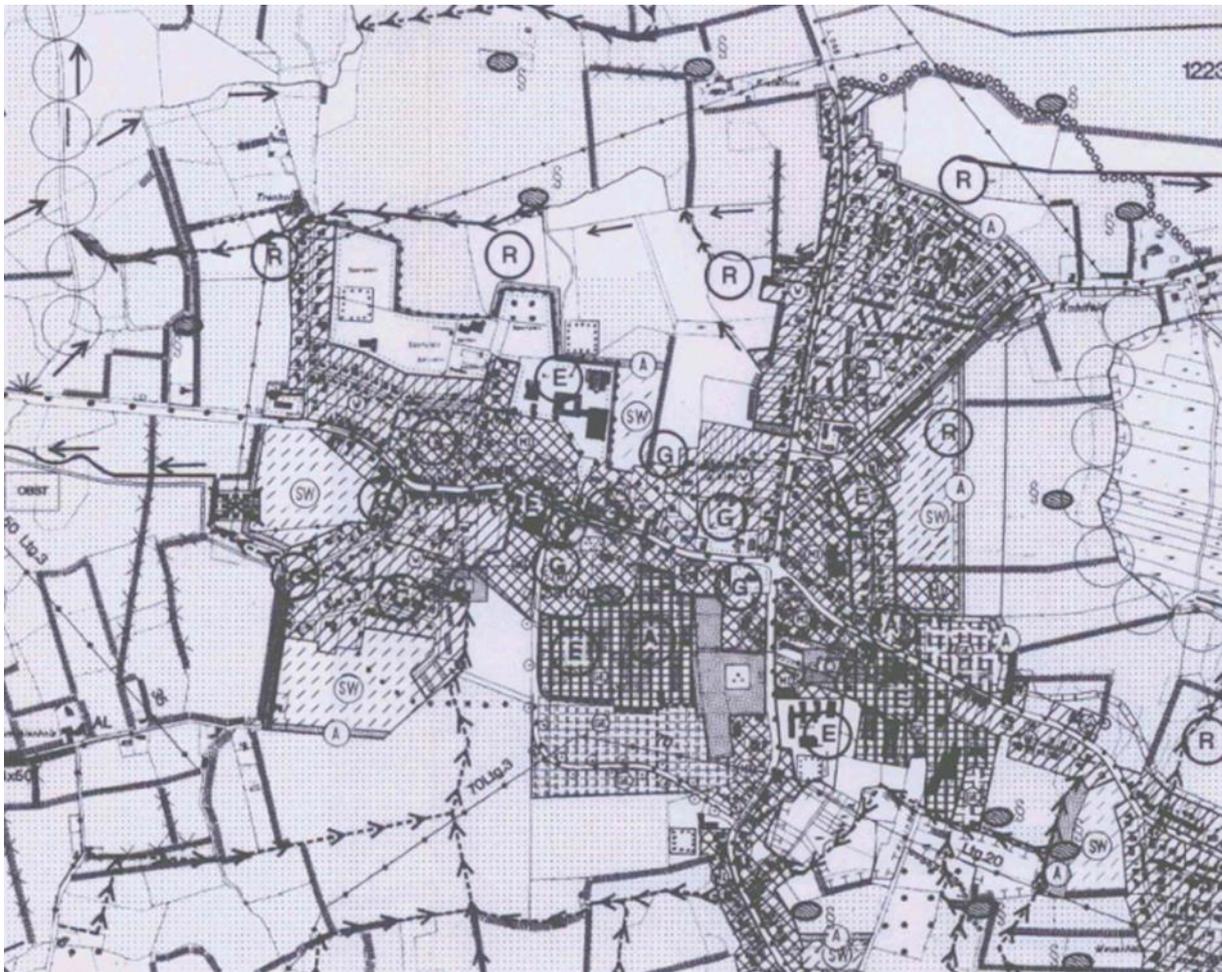


Abbildung 2-10: Ausschnitt aus dem Landschaftsplan (Schleswig-Holsteinische Landgesellschaft mbH, 1998)

2.2.3 FLÄCHENNUTZUNGSPLAN

Die Gemeinde Mittelangeln hat beschlossen, für das Gebiet südlich der Flensburger Straße (L23) und des Firmengeländes Dölling-Hareico Fleisch- und Wurstwaren GmbH & CoKG, westlich der Schleswiger Straße (L22), Höhe Bauhof Satrup, sowie westlich angrenzend an landwirtschaftlich genutzte Flächen die 18. Änderung des Flächennutzungsplanes aufzustellen. Durch die Änderung wurden die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die Ausweisung eines neuen Gebiets geschaffen. Eine Übersicht über die Planungsgrenzen des Gebiets sind Abbildung 2-11 zu entnehmen. Die Veröffentlichung des Entwurfs musste aufgrund eines Verfahrensfehlers wiederholt werden.

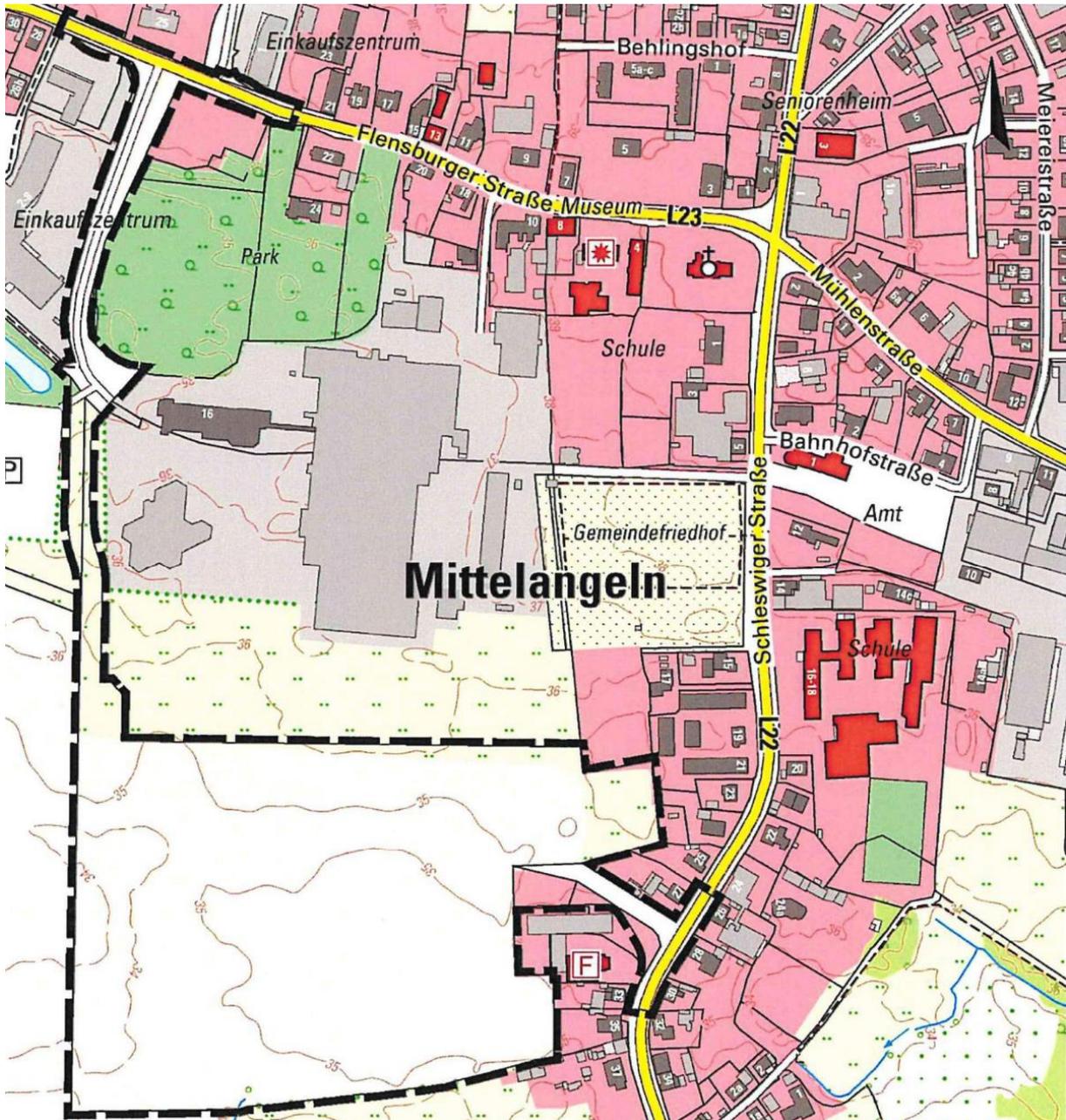


Abbildung 2-11: Planungsgrenzen für das neue Gebiet (Amt Mittelangeln, 2024)

2.2.4 BEBAUUNGSPLÄNE

Innerhalb des Quartiers „Satrup“ wurden zuletzt folgende Bebauungspläne aufgestellt:

Der Bebauungsplan Nr. 20 „Gemeindebedarfsfläche Schwienbrück“ liegt für das Gebiet südlich der Obdrupstraße, westlich des Verkehrsweges „Schwienbrück“ sowie nördlich des Verkehrsweges „Brewaiwisch“ am westlichen Rand der Ortsanlage Satrup der Gemeinde Mittelangeln vor. Dieser Plan sieht die Errichtung eines Kindergartens / einer Kindertagesstätte sowie ein Feuerwehrgerätehaus vor.

Für das Gebiet nördlich der Straße „Dennertweg“, östlich der Sportanlage der Straße „Zum Schwimmhof“, westlich der „Glücksburger Straße“ am nördlichen Ortsrand der Ortsanlage Satrup liegt der Bebauungsplan Nr. 22 vor. Die Erschließung des Plans dient der Ausweisung der „Gemeindebedarfsfläche Schulzentrum – Errichtung Oberstufenhaus“.

Die Veröffentlichung des Entwurfes des Bebauungsplans Nr. 23 beinhaltet die Installation einer PV-Freiflächenanlage im Rahmen der 18. Änderung des Flächennutzungsplanes im Gebiet Südumfahrung Flensburger Straße. Die Veröffentlichung des Planes musste wegen eines Verfahrensfehlers wiederholt werden.

2.3 VORHANDENE GRÜNFLÄCHEN UND RETENTIONSFLÄCHEN

Neben den landwirtschaftlich genutzten Flächen, die an die Ortslage Satrup grenzen, weist das Quartier folgende öffentliche Grünflächen auf: Sportplätze zwischen der Straße „Wolleshuus“ und „Zum Schwimmbad“, ein Spielplatz an der Straße „Kallestoff“ sowie Friedhofsflächen westlich der „Schleswiger Straße“. Darüber hinaus existieren private Grünflächen in Form von Hausgärten, einer Parkanlage südlich der „Flensburger Straße“ sowie weitere Flächen, die der Retention von Niederschlagswasser dienen. Vor allem die Altbäume in der Parkanlage, im Bereich des Kirchhofes und im Bereich der Gärten ehemaliger Hofanlagen dienen als Luftfilter und schattenspendend.

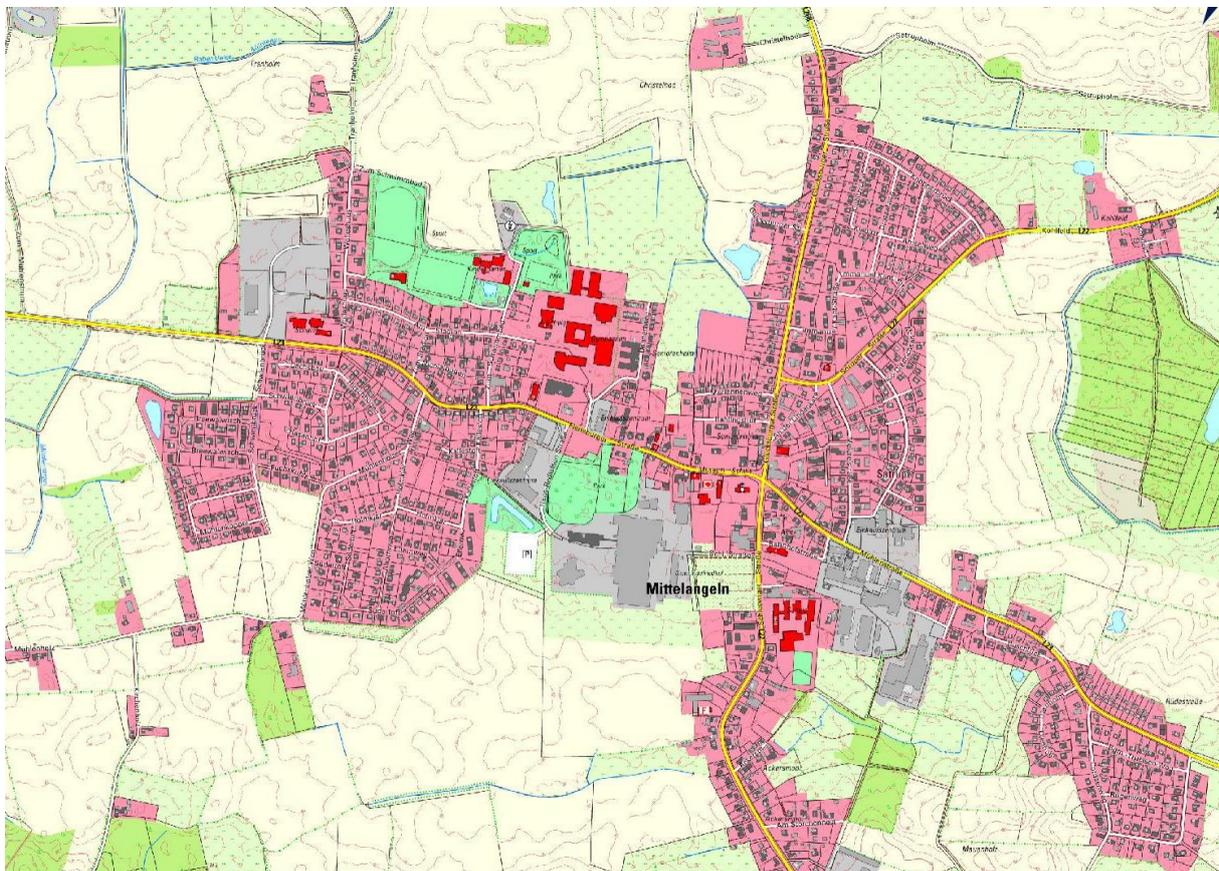


Abbildung 2-12: Topographische Karte (GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG, 2024)

Innerhalb des Quartiers liegen darüber hinaus Flächen mit „klimasensitiven Böden“, die teilweise dem Dauergrünlanderhaltungsgesetz (DGLG) unterliegen. Vor allem die Bereiche zwischen der Bebauung am „Dennertweg“ und am „Marianne Weg“ weisen Moor- und Anmoorböden auf.



Abbildung 2-13: Lage von klimaintensiven und geschützten Böden im Quartier sowie in dessen Umfeld (Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein, 2024)

2.4 METHODIK UND VORGEHENSWEISE

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

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

Neben der rein technischen und wirtschaftlichen Betrachtung gehen auch zahlreiche weitere Faktoren, wie zum Beispiel Bevölkerungsentwicklung, Trends, Verhaltensmuster sowie rückwirkende Einflüsse

unserer Arbeit mit den Bürger_innen in die komplexe Analyse und Prognose einer optimalen Lösung mit ein.

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.

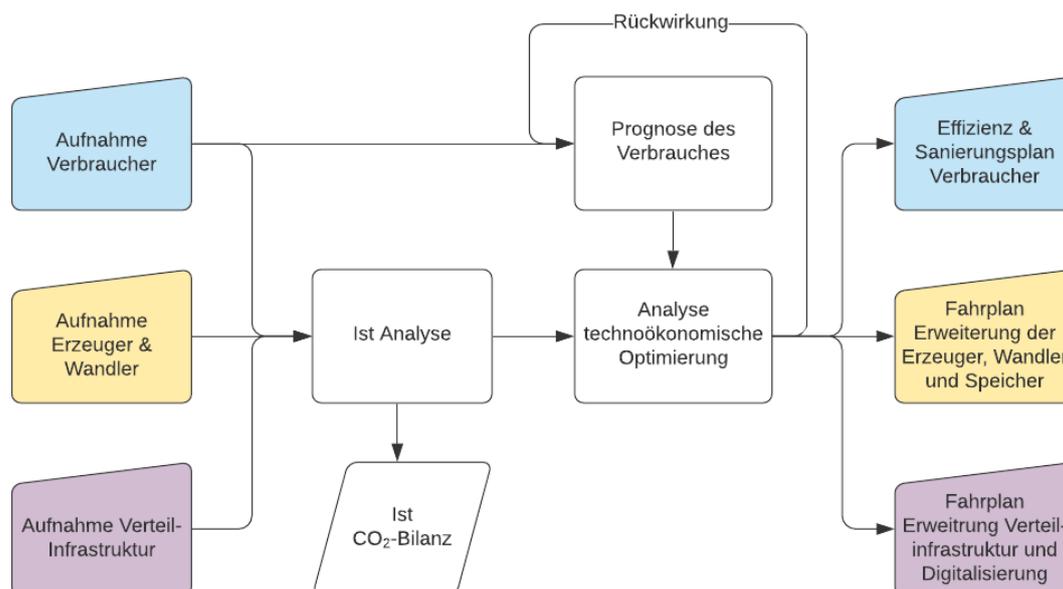


Abbildung 2-14: Prozess technoökonomische Quartiersanalyse zur emissionsfreien Versorgung, eigene Darstellung

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 fand am 25.09.2023 ein Informationsabend im Satruper Krog statt. Hier wurde den Bewohner_innen das Quartierskonzept nähergebracht und allgemein über das Konzept informiert. Außerdem wurden erste Ergebnisse der Studie vorgestellt. Wichtigstes Thema für die Teilnehmer_innen war ein mögliches Wärmenetz und die Frage nach einem konkreten Zeitplan für die Umsetzung sowie die Kosten für einen Anschluss an ein solches Netz. Das Planungsteam, ebenso wie die Vertreter_innen der Gemeinde mussten an dieser Stelle etwas bremsen und eine realistische Erwartungshaltung transportieren. Insgesamt war das Feedback zu dieser Veranstaltung positiv, mit dem Hinweis auf eine eventuell zu hohe Informationsdichte.

Eine weitere öffentliche Veranstaltung fand am 15.05.2024 in Form eines Workshops statt. Hier konnten die Anwohner_innen ihre Fragen, Anregungen und Bedenken zum Konzept und allen die Thematik betreffenden Bereichen einbringen. Es fand ein direkter Austausch zwischen dem Planungsteam, der Lenkungsgruppe und den Anwohner_innen statt. Zu den Themen „Heizungstausch & energetische Gebäudesanierung“, „Fördermöglichkeiten“, „Wärmeversorgung“ und „Rund um die Studie“ konnte sich ausgetauscht werden. Die Anwohner erhielten Input von jedem Stand und hatten die Möglichkeit, Fragen zu jedem Thema zu stellen.



Abbildung 2-15: Workshop vom 15.05.2024

Die Abschlussveranstaltung für das Quartiers hat zum Zeitpunkt der Erstellung des Endberichts noch nicht stattgefunden. Die Vorstellung der Ergebnisse wird durch das Planungsbüro am 02.09.2024 stattfinden. Hierzu wird die lediglich die Gemeindevertretung und Lenkungsgruppe geladen. Dies erfolgte in Absprache und auf Wunsch der Lenkungsgruppe.

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 Satrup. 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 sehr geringe Beteiligung von ca. 8 %.

Landingpage

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

Tabelle 2-1: Öffentlichkeitsveranstaltungen – Termine

	Veranstaltung	Datum
1.	Kick-Off	25.09.2023
2.	Informations-Abend	25.09.2023
3.	Workshop	15.05.2024
4.	Abschlussveranstaltung	02.09.2024

3 ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION IM QUARTIER

Im folgenden Kapitel wird die energetische Ausgangssituation des Quartiers dargestellt. Dazu wurden verschiedene Faktoren wie Gebäudebestand, vorhandene Heizsysteme sowie Energieverbrauch und -erzeugung herangezogen und eine Energie- und CO₂-Bilanz erstellt. Darüber hinaus wird die Vorgehensweise bei der Auswertung der Daten dargestellt.

3.1 DATENQUELLEN UND DATENGÜTE

Zur Beurteilung der erhobenen Daten und zur Sicherung der Transparenz für spätere, externe Bearbeitungen wurde die Datengüte der erhobenen Energieverbrauchsdaten errechnet. Diese Vorgehensweise greift die Empfehlungen für die gute fachliche Praxis für kommunale Energiebilanzen des Institutes für Energie- und Umweltforschung (ifeu) auf. Dabei wird zwischen vier Güteklassen unterschieden. Die Güteklassen sind wiederum mit Gewichtungsfaktoren belegt, welche gemeinsam mit dem Anteil am Gesamtenergieverbrauch eine Beurteilung der Aussagekraft der erhobenen Daten zulassen. In Satrup 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 errechnete Datengüte für den erfassten Endenergieverbrauch im Quartier Satrup beträgt ca. **78 %**. Die Berechnung der Datengüte kann in Tabelle 3-3 nachvollzogen werden. Aus Tabelle 3-3 und der Bewertung aus Tabelle 3-2 geht hervor, dass die erstellte Energiebilanz belastbar ist.

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

Daten	Quelle	Datengüte	Wertung Datengüte	Anteil am Endenergieverbrauch [%]	Datengüte anteilig [%]
Strom	SH-Netz	A	1	23,62	23,62
Stromverbrauch zu Heizzwecken	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	0,20	0,10
Kraftstoff	KBA / Hochrechnung	C	0,25	24,35	6,09
Erdgas	SH-Netz	A	1	39,01	39,01
Heizöl	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	7,11	3,55
Biogas	BEVS	A	1	3,92	3,92
Holz	BEVS	A	1	0,77	0,77
Holz	Schornsteinfeger / Hochrechnung	B	0,5	1,03	0,51
Gesamt				100,00	77,57

3.2 BESTANDSAUFNAHME: GEBÄUDEBESTAND

Der Gebäudebestand ist durch eine typische Bebauung im ländlichen Raum Schleswig-Holsteins geprägt. Eine Betrachtung des Gebäudebestandes nach Baualtersklassen zeigt, dass es sich in Satrup um ein junges Quartier handelt. Ca. 70 % der Gebäude wurden nach 1970 errichtet. Insgesamt befinden sich im Quartier 882 beheizte Gebäude.

Tabelle 3-4: Gebäudebestand im Quartier Satrup nach Baualtersklassen

	Bis 1950	1950-1970	1970-1990	1990-2015	>2015
Anzahl	107	156	225	274	120
Anteil [%]	12,13%	17,69%	25,51%	31,07%	13,61%

Im Vergleich zum Gebäudebestand in Satrup weist der statistische Gebäudebestand des Kreises Schleswig-Flensburg einen höheren Anteil an älteren Baualtersklassen nach der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein auf (vgl. Tabelle 3-5). Demnach handelt es sich bei Satrup um ein vergleichsweise junges Quartier, da der historische Gebäudebestand nur einen geringen Anteil an der Gesamtbebauung ausmacht.

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

	Bis 1950	1950-1970	1970-1990	1990-2015
Anteil [%]	33,94	21,11	29,64	15,32

3.2.1 WOHNGEBÄUDE

Im Quartier Satrup befinden sich 821 Wohnhäuser. Dies entspricht ca. 93 % des beheizten Gebäudebestands. Das Verbrauchsniveau der Wohngebäude in Satrup liegt mit 144 kWh/(m²a) leicht über dem in der Studie *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklung und Trends in Deutschland 2021* des BMWi angegebenen deutschen Durchschnittswert von 129 kWh/(m²a) (siehe Tabelle 3-6). Die Differenz beträgt 15 kWh/(m²a) und damit ca. 10 %. Die ermittelten Werte der jeweiligen Baualterklassen und die erhobenen Daten zum Wärmebedarf wurden von der angegebenen Heizperiode auf das langjährige Mittel umgerechnet, um einen repräsentativen Wert für die weiteren Berechnungen zu erhalten.

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

Datenquelle	Verbrauch [kWh/m ² a]
Mittlerer spezifische Wärmebedarf private Haushalte in DE	129
Durchschnittswert der GIS Auswertung Satrup	144

3.2.2 NICHT-WOHNGEBÄUDE UND ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN

Die Gebäude der Gemeinde haben mit ca. 3.090 MWh/a entsprechend 6 % einen geringen Anteil am thermischen Energieverbrauch im Quartier Satrup. Zu diesen Gebäuden gehören unter anderem die in Abbildung 3-1 dargestellt St. Laurentius-Kirche sowie die alte Alte Schule.



Abbildung 3-1: Kirche St. Laurentius in Satrup

Im Rahmen des Quartierskonzepts wurden in Absprache mit der Lenkungsgruppe keine öffentlichen Liegenschaften hinsichtlich ihres Sanierungszustandes näher betrachtet.

3.2.3 GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNGEN (GHD-SEKTOR)

In Satrup gibt es mehrere Gewerbetreibende, darunter der Fleisch- und Wurstwarenhersteller Hareico. Das Unternehmen verfolgt ein eigenes Energiekonzept, das die Nutzung der hauseigenen Abwärme sowie die Integration von Windkraft vorsieht. Dieses Vorhaben unterstreicht ihr Bestreben, die Energieversorgung autark und nachhaltig zu gestalten. Aufgrund dieser Strategie besteht seitens des Unternehmens kein Interesse an einer zentralen Wärmeversorgung sowie der Kooperation in einem solchen Projekt. Insgesamt wurden im Rahmen des Quartierskonzeptes 35 Gebäude erfasst, die diesem Sektor zuzuordnen sind. Der Wärmeverbrauch des gesamten GDH-Sektors beträgt 29.369 MWh/a, was einem Anteil von ca. 56 % entspricht.

3.3 BESTANDSAUFNAHME: HEIZUNGSBESTAND

In Satrup gibt es zwei Wärmenetze. Das nördliche Netz wird mit Biogas und mit Holzhackschnitzeln betrieben. Die Netzstruktur ist in Abbildung 3-2 dargestellt.



Abbildung 3-2: Netzstruktur nördliches Bestandswärmenetz Satrup

Das Netz im Süden des Stadtteils wird mit Erdgas betrieben und versorgt neben dem Ahornweg und dem Ellernweg auch Teile des Südertofts. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes werden 144 Gebäude in Satrup über die Wärmenetze versorgt. Aus den Daten des Schornsteinfegers ergeben sich die in Tabelle 3-7 dargestellten Werte für die Anzahl der Feuerungsanlagen der primären und sekundären Heizungsarten. Es zeigt sich, dass mit 405 Anlagen ein Großteil der primären Heizungsanlagen im Quartier mit Gas beheizt wird. Der zweitgrößte Anteil (246 Anlagen) wird mit Heizöl betrieben. Darüber hinaus werden im Quartier 6 Gebäude mit Holzheizungen und 81 Gebäude mit Wärmepumpen beheizt. Von den aufgeführten Adressen verfügen 415 über eine handbeschickte Biomasse-Einzelraumfeuerungsanlage (Kamin/Ofen) als sekundäre Wärmequelle.

Tabelle 3-7: Heizungsbestand Quartier Satrup

Heizungsart	Anlagenanzahl	Prozentualer Anteil Primärheizungen [%]
Öl	246	27,89
Gas	405	45,92
Biomasse (Holz)	6	0,68
Wärmenetz	144	16,33
WP	81	9,18
Holz (Ofen/Kamin)	415	-

3.4 BESTANDSAUFNAHME: ENERGIEBEDARF

Grundlage für die Simulation und Optimierung des Quartiers als einheitliches Energiekonzept, d.h. der Wärme- und Stromversorgung des Quartiers, sind die ermittelten Daten aus der Bestandsaufnahme für die Wohngebäude, die öffentlichen Liegenschaften sowie für den Sektor GHD (siehe Kapitel 3.2). Im folgenden Kapitel wird die Generierung der Wärme- und Stromlastgänge des Quartiers Satrups erläutert, die sowohl für die stündlich aufgelösten Simulationen als auch für die Trassenauslegung des Wärmenetzes verwendet werden.

3.4.1 QUARTIERSLASTPROFILE WÄRME

Die jährlich im Quartier benötigte Wärme bildet setzt sich aus dem Bedarf der Liegenschaften Wohngebäude, öffentliche Gebäude, Gewerbe und Gaststätten zusammen.

Tabelle 3-8: Wärmebedarf nach Liegenschaften

Liegenschaft	Wärmebedarf [MWh/a]	Lastprofil
Wohngebäude	18.872 MWh/a	EFH/MFH
Gaststätten	93 MWh/a	GGA
Gewerbe	28.823 MWh/a	GHA
Öffentliche Gebäude	3.541 MWh/a	GKO
Summe Satrup	51.329 MWh/a	

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 werden die jeweilige Umgebungstemperatur, die Temperaturen der vergangenen Tage sowie Feiertage berücksichtigt. Darüber hinaus kann jeder Liegenschaft ein charakteristisches Lastprofil zugeordnet werden, welches das entsprechende Nutzerverhalten abbildet:

- EFH: Einfamilienhaus
- MFH: Mehrfamilienhaus
- GGA: Gaststätten
- GKO: Gebietskörperschaften, Kreditinstitute und Versicherungen sowie Organisationen ohne Erwerbszweck, öffentliche Einrichtungen
- GHA: Handel

Die Zuordnung der Lastprofile zu den entsprechenden Liegenschaften erfolgt auf Grundlage einer Empfehlung des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW, 2006) und ist zusammen mit der dazugehörigen Wärmemenge in Tabelle 3-8 aufgeführt. Es ergibt sich der in Abbildung 3-3 dargestellte Wärmelastgang für das Quartier. Das Quartierslastprofil Wärme stellt den Status Quo (dezentrale Wärmeversorgung) dar und beinhaltet keine Wärmeverluste einer möglichen Nahwärmeversorgung. Abbildung 3-3 zeigt darüber hinaus, dass das Quartier eine Spitzenlast im Winter von ca. 21,17 MW hat.

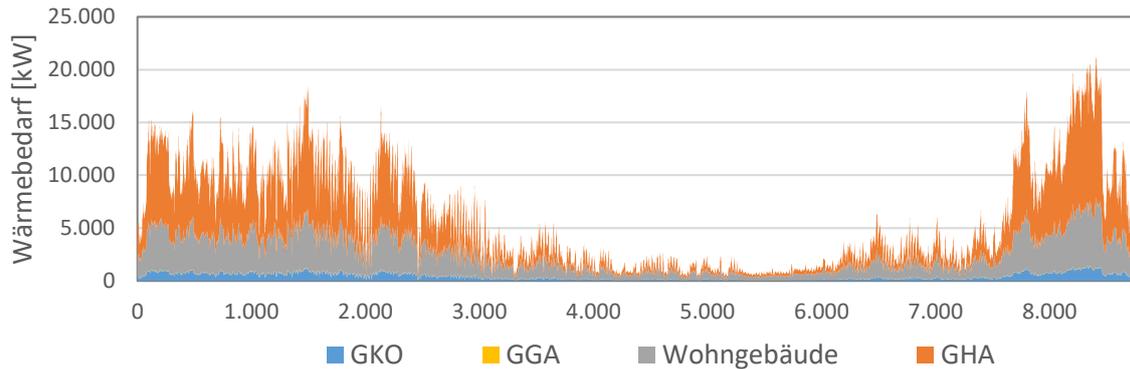


Abbildung 3-3: Wärmelastgang Quartier Satrup (Verbrauch)

3.4.2 QUARTIERSLASTPROFIL STROM

Analog zum Quartierslastprofil Wärme wird das Stromlastprofil über die ermittelte Strommenge aus der Bestandsaufnahme in Kapitel 3.2 und den Standardlastprofilen Strom der VDEW (VDEW, 1999) berechnet. Der Strombedarf in Satrup wurde mit ca. 23.350 MWh/a ermittelt. Es wurde eine Aufteilung des Stromverbrauchs der verschiedenen Liegenschaften in die Kategorien „öffentliche Gebäude“, „Wohngebäude“ und „GHD“ vorgenommen. Der berechnete Stromlastgang ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Die ermittelte maximale Leistung beträgt ca. 4.900 kW, die minimale Leistung ca. 1.000 kW.

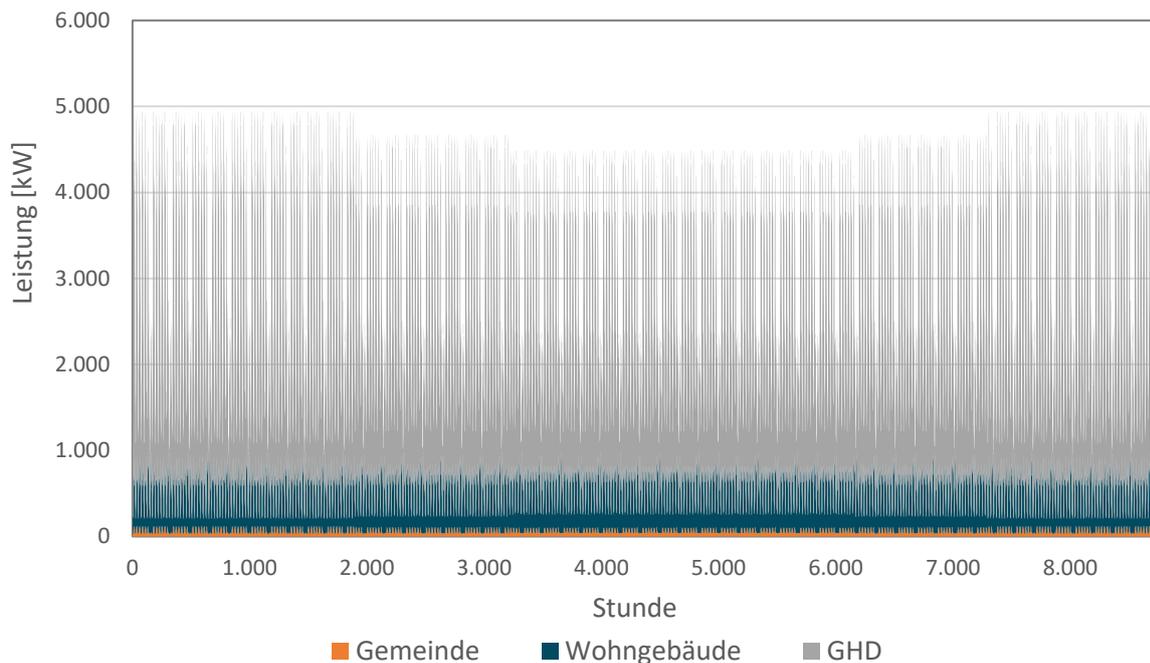


Abbildung 3-4: Stromlastgang Satrup

3.4.3 MOBILITÄT

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) gibt es zum 01. Januar 2024 3.341 zugelassene Personenkraftwagen in der Gemeinde Mittelangeln. Darüber hinaus werden 353 Krafträder und 271 Lastkraftwagen gelistet. In der Land- und Forstwirtschaft werden zusätzlich 289 Zugmaschinen aufgeführt. (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024)

Bei den PKW handelt es sich fast ausschließlich um Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Für den Landkreis Schleswig-Flensburg wird vom KBA angegeben, dass der Anteil der rein batterieelektrischen Fahrzeuge bei 3,1 % liegt – bei Hybridfahrzeugen (inkl. Plug-in-Hybrid) sind es 3,3 %. Werden die Daten des KBA (Kraftfahrt-Bundesamt, 2023) auf die Zulassungszahlen der Gemeinde runtergerechnet, ergibt

sich die folgende Fahrzeugverteilung. Um die entsprechende Anzahl für den Ortsteil Satrup zu ermitteln, wurde die Fahrzeugverteilung anhand der Einwohnerzahlen Mittelangeln (5.450) und Satrup (4.180) skaliert.

Tabelle 3-9: *Personenkraftwagen der Gemeinde Mittelangeln und des Ortsteils Satrup nach Brennstofftyp*

Fahrzeugtyp	Anteil [%]	Anzahl (Mittelangeln)	Anzahl (Saturp)
Benzin	52,7	1.760	1.350
Diesel	40,2	1.344	1.031
Sonstige (u.a. Gas)	0,7	22	17
Hybrid	3,3	111	85
Elektrisch	3,1	104	79

Der spezifische Energieverbrauch für Benzinfahrzeuge beträgt etwa 7,7 Liter pro 100 Kilometer, für Dieselfahrzeuge etwa 7,0 Liter pro 100 Kilometer (Statista, 2022). Für Hybridfahrzeuge liegt der Verbrauch bei etwa 4 Liter und 16 kWh pro 100 Kilometer und für Elektrofahrzeuge etwa 18 kWh pro 100 Kilometer. Es wird angenommen, dass Hybridfahrzeuge ca. 50 % ihrer Fahrleistung elektrisch erbringen. Zusätzlich ist die Abweichung zwischen offiziellen Angaben und realen Erfahrungswerten bei Plug-in-Hybridfahrzeugen sehr viel größer als bei Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor, weswegen ein Kraftstoffverbrauch von im Schnitt 4 Litern angenommen wird (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, 2022). Fahrzeuge, die in die Kategorie „Sonstige“ fallen, werden z.B. durch Erdgas angetrieben. Am gebräuchlichsten ist das sogenannte CNG (Compressed Natural Gas). Im Durchschnitt verbrauchen CNG-betriebene Pkw ca. 4,3 kg pro 100 km, was einem Energieverbrauch von rund 56 kWh entspricht.

Basierend auf der Annahme aus Abschnitt 4.6.1 wird eine durchschnittliche jährliche Fahrleistung von 14.310 km/a angenommen. Bei 2.562 Fahrzeugen beträgt die gesamte Fahrleistung aller Fahrzeuge somit 36.678.420 km/a. Dadurch ergibt sich für den Ortsteil Satrup folgender Energieverbrauch.

Tabelle 3-10: *Energieverbrauch von Personenkraftwagen des Ortsteils Satrup nach Brennstofftyp*

Fahrzeugtyp	Verbrauch [l/100km]	Verbrauch [kWh/100km]	Verbrauch [l/a]	Verbrauch [kWh/a]	Verbrauch kombiniert [kWh/a]
Benzin	7,7	-	1.487.525	-	13.213.463
Diesel	7,0	-	1.019.762	-	9.979.226
Sonstige (u.a. Gas)	-	56	-	136.231	136.231
Hybrid	4,0	16	24.327	97.308	335.713
Elektrisch	-	18	-	203.488	203.488

3.5 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

In diesem Abschnitt wird die Energie- und CO₂-Bilanz des Quartiers detailliert dargestellt, unterteilt in die Bereiche Wärme, Strom und Mobilität. Der Wärmeverbrauch hat mit 50.815 MWh/a den größten Anteil am gesamten Endenergieverbrauch des Quartiers, was etwa 51,83 % der Gesamtenergie ausmacht. Trotz dieses hohen Verbrauchs entfallen auf den Wärmesektor 11.911 tCO₂/a, was 37,42 % der gesamten Emissionen entspricht. Der Primärenergieverbrauch für Wärme liegt bei 54.310 MWh/a, was 42,92 % des Gesamtbedarfs darstellt. Eine übersichtliche Darstellung der Energie- und CO₂-Bilanz ist den untenstehenden Abbildungen und der Tabelle zu entnehmen.

Der Stromverbrauch ist mit 23.350 MWh/a zwar geringer als der Wärmeverbrauch und macht 23,82 % des gesamten Endenergieverbrauchs aus, trägt jedoch aufgrund des hohen Emissionsfaktors für netzbezogenen Strom den größten Anteil zur CO₂-Bilanz bei. Auf den Stromsektor entfallen 13.076 tCO₂/a, was 41,08 % der gesamten Emissionen ausmacht. Der Primärenergieverbrauch für Strom beträgt 42.030 MWh/a, was 33,22 % der Gesamtprimärenergie entspricht.

Der Mobilitätssektor weist einen Endenergieverbrauch von 23.868 MWh/a auf, was 24,35 % des Gesamtverbrauchs ausmacht. Dieser Sektor verursacht 6.846 tCO₂/a, was 21,51 % der gesamten Emissionen entspricht, und hat einen Primärenergiebedarf von 30.190 MWh/a, was 23,86 % des Gesamtverbrauchs darstellt.

Insgesamt ergibt sich für das Quartier ein Endenergieverbrauch von 98.033 MWh/a und eine CO₂-Bilanz von 31.987 tCO₂/a. Der gesamte Primärenergieverbrauch beträgt 126.530 MWh/a. Die Analyse verdeutlicht, dass der Stromsektor, trotz seines geringeren Energieverbrauchs, die höchsten CO₂-Emissionen verursacht, während der Wärmeverbrauch den größten Anteil an der Energieversorgung des Quartiers hat.

Tabelle 3-11: Gesamtendenergie- und CO₂-Bilanz

Sektor	Endenergiebilanz		CO ₂ -Bilanz		Primärenergie	
	[MWh/a]	[%]	[t/a]	[%]	[MWh]	[%]
Wärme	50.815	51,83	11.911	37,42	54.310	42,92
Strom	23.350	23,82	13.076	41,08	42.030	33,22
Mobilität	23.868	24,35	6.846	21,51	30.190	23,86
Gesamt	98.033	100,00	31.834	100,00	126.530	100,00

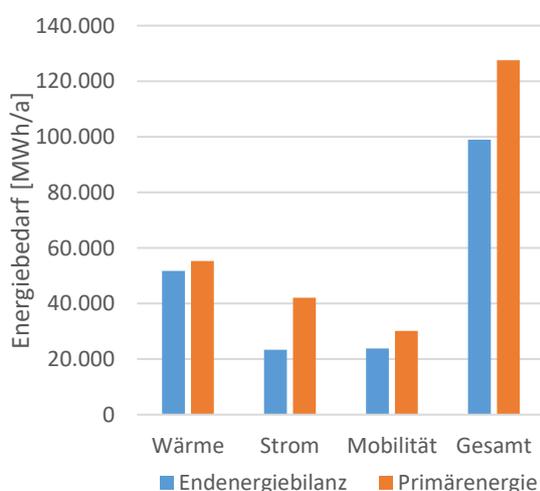


Abbildung 3-5: Gesamtendenergie

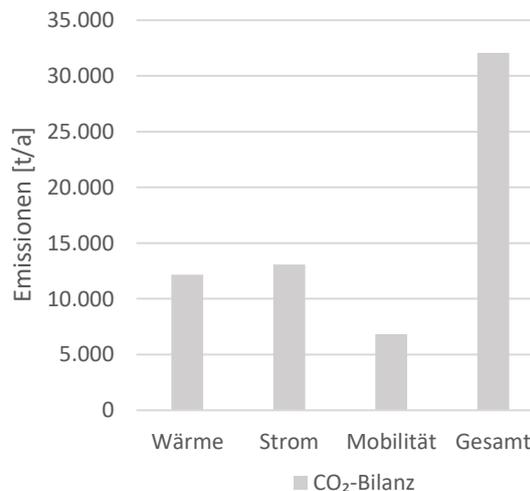


Abbildung 3-6: CO₂-Bilanz

3.5.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ WÄRME

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

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

Durch die Verwendung von Geoinformationssystem-Daten (GIS-Daten), die vom Kreis Schleswig-Flensburg zur Verfügung gestellt wurden, konnte die Bilanz ergänzt werden. Diese Daten geben Auskunft über die Grundfläche der Gebäude und deren Höhe. In der Gebäudetypologie Schleswig-Holstein finden sich Angaben zu typischen Wärmeverbräuchen pro Quadratmeter und Jahr für die verschiedenen Baualtersklassen der Gebäude. Auf dieser Basis konnten Berechnungen für einzelne Gebäude durchgeführt werden. Zur weiteren Detaillierung wurde eine Quartiersbefragung per Postwurfsendung durchgeführt. Aufgrund der geringen Rücklaufquote von ca. 8 % konnte diese jedoch nur begrenzt zur Datenschärfung beitragen.

Abbildung 3-7 zeigt den Wärmeetlas des Quartiers Satrup. 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 MWh pro Jahr und höher. Da hier absolute Zahlen dargestellt sind, lässt sich keine Aussage über die Effizienz der Gebäude tätigen.

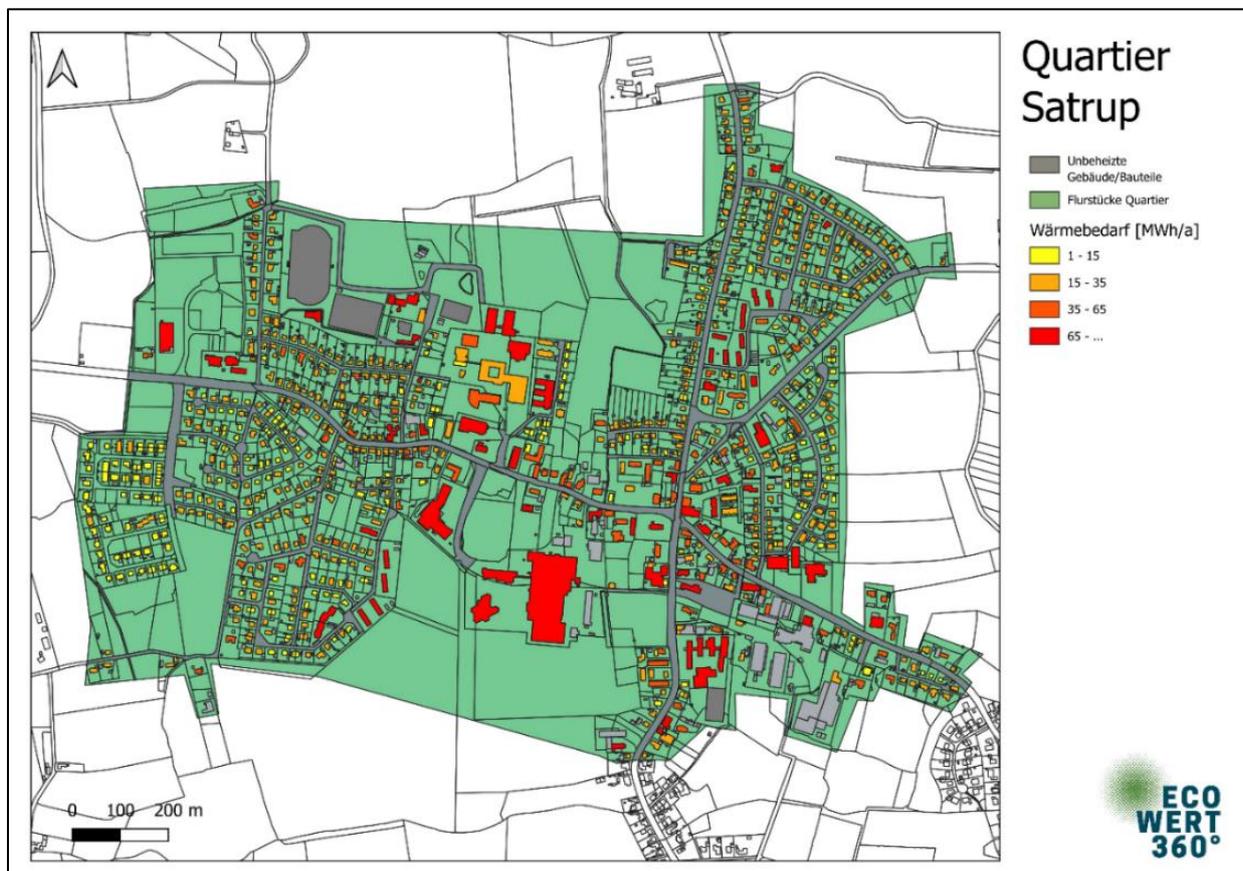


Abbildung 3-7: Wärmeetlas Quartier Satrup

VERWENDETE EMISSIONSFAKTOREN

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

Energiequelle	Emissionsfaktor [kg CO ₂ /kWh]	Primärenergiefaktor
Biogas	0,14	1,1
Heizöl	0,31	1,1
Erdgas	0,24	1,1
Biomasse	0,02	0,2
Strommix Deutschland	0,56	1,8

Die Endenergiebilanz (Tabelle 3-13) zeigt, dass Gas mit knapp 75 % für rund ein Drittel des gesamten Endenergiebedarfs verantwortlich ist. Der zweitgrößte Anteil (13,66 %) entfällt auf den Energieträger Heizöl. Darüber hinaus hat Biogas, das zur Einspeisung in das Fernwärmenetz genutzt wird, einen Anteil von 7,53 % am Endenergiebedarf. Die Anteile von Holz und Strom am Endenergiebedarf des Quartiers Satrup betragen 3,46 % bzw. 0,39 %. Die CO₂-Bilanz der Wärmeerzeugung verteilt sich ebenfalls zu ca. 75 % auf die Wärmeerzeugung mit Erdgas und zu 17,97 % auf die Erzeugung mit Heizöl. Hinzu kommt ein Anteil von 4,47 %, der durch Biogas verursacht wird. Der Anteil von Holz an der CO₂-Bilanz beträgt aufgrund des geringen Emissionsfaktors 0,29 % (vgl. Tabelle 3-12). Strom hat einen Anteil von 0,92 % an den CO₂-Emissionen. Die Differenz zwischen dem Endenergiebedarf und dem Energiebedarf in Tabelle 3-11: Gesamtendenergie- und CO₂-Bilanz ergibt sich aus der Umweltwärme, die durch Wärmepumpen als Nutzenergie bereitgestellt wird. Die Primärenergie ergibt sich aus der Verwendung der Primärenergiefaktoren nach Tabelle 3-12. Auch hier ist der Anteil von Holz aufgrund des niedrigen Faktors am geringsten.

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

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf Wärme [MWh/a]	Anteil Endenergiebedarf [%]	CO ₂ -Ausstoß Wärme [t CO ₂ /a]	Anteil CO ₂ - Ausstoß [%]	Primärenergie [MWh/a]
Öl	6.968	13,66	2.160	17,97	7.665
Erdgas	38.244	74,97	9.179	76,35	42.068
Biogas	3.840	7,53	538	4,47	4.224
Holz	1.763	3,46	35	0,29	353
Strom	198	0,39	111	0,92	356
Summe	51.013	100,00	12.022	100,00	54.666

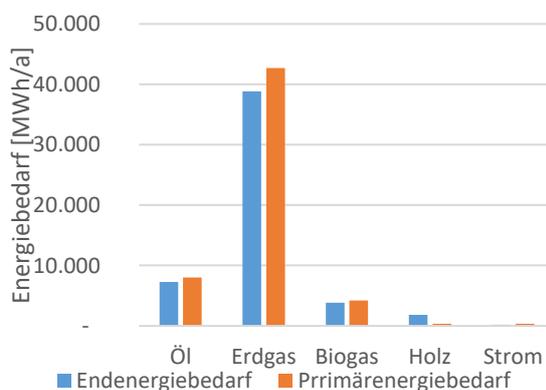


Abbildung 3-8: Energiebedarf nach Energieträgern

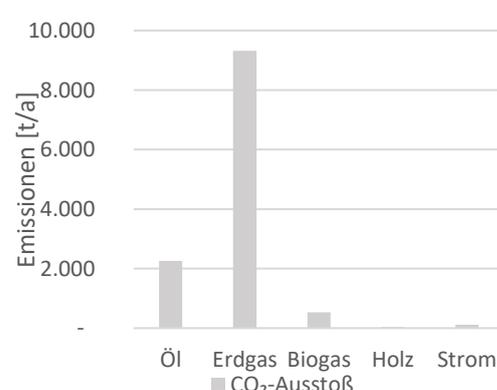


Abbildung 3-9: Emissionen der Wärmeversorgung

3.5.2 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ STROM

Die Bezugsdaten für den Strom zu Heizzwecken wurden über die Anzahl der Wärmepumpen, eine durchschnittliche Leistung aus der Umfrage, die jährlichen Vollbenutzungsstunden und eine Jahresarbeitszahl von 2,6 ermittelt. Die Bezugsdaten des allgemeinen Stromverbrauchs wurden für das Quartier Satrup vom Netzbetreiber (SH-Netz AG) zur Verfügung gestellt. Tabelle 3-14 und Abbildung 3-10 zeigen die End- und Primärenergiebilanz der Stromversorgung in absoluten und relativen Werten. Die prozentuale Verteilung bleibt aufgrund des gleichen Emissions- und Primärenergiefaktors identisch. Zusätzlich ist in Tabelle 3-14 die CO₂-Bilanz der Stromversorgung dargestellt.

Tabelle 3-14: Endenergiebilanz der Stromversorgung

Verbrauchstyp	Endenergiebedarf Strom [MWh/a]	CO ₂ -Ausstoß Strom [t CO ₂ /a]	Primärenergiebedarf [MWh]	Anteil [%]
Allgemeiner Stromverbrauch	23.143	12.960	41.657	99,11
Stromverbrauch zu Heizzwecken	207	116	373	0,89
Summe	23.350	13.076	42.030	100,00

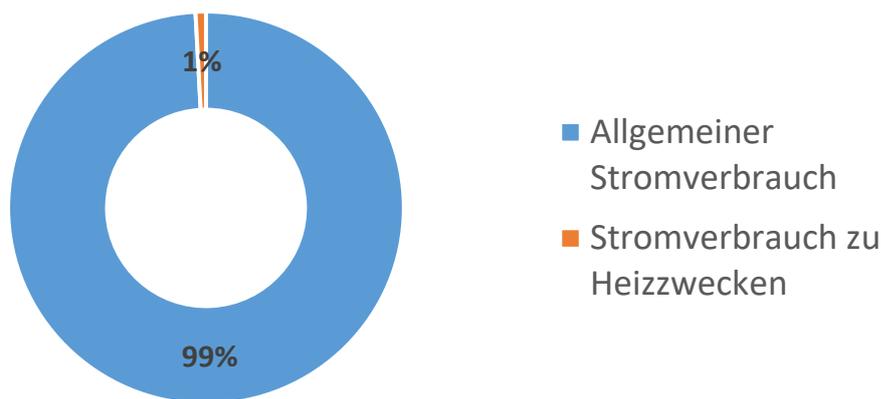


Abbildung 3-10: Strombilanz Quartier Satrup

Tabelle 3-15 stellt die regenerative Stromerzeugung auf dem Gemeindegebiet Mittelangeln dar. Diese setzt sich aus der energetischen Verwertung von Biomasse sowie von Photovoltaik- und Windstrom zusammen. Laut Marktstammdatenregister befinden sich auf dem Gemeindegebiet Mittelangeln mehrere Anlagen zur energetischen Verwertung von Biogas mit einer Gesamtleistung von 2,4 MW. Zusätzlich gibt es mehrere Anlagen zur Nutzung solarer Strahlungsenergie mit einer Nettoleistung von 5,3 MW_p und 6 Windkraftanlagen mit einer elektrischen Leistung von 1,8 MW.

Tabelle 3-15: Regenerative Erzeugungsleistung auf dem Gemeindegebiet von Satrup

Regenerativer Energieträger	Bruttoleistung [kW]	Nettoleistung [kW]
Biomasse	2.435	2.435
Solare Strahlungsenergie	5.933	5.381
Wind	1.815	1.815
Gesamtergebnis	10.183	9.631

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 3-16 dargestellten Emissions- und Primärenergiefaktoren ermittelt.

Tabelle 3-16: Emissions- und Primärenergiefaktoren verschiedener Kraftstoffe (Frischknecht, et al., 2012)

Kraftstoff	Emissionsfaktor [kg/kWh]	Primärenergiefaktor
Benzin	0,264	1,29
Diesel	0,310	1,22
Sonstige (u.a. Gas)	0,240	1,10
Hybrid	-	-
Elektrisch	0,560	1,80

Tabelle 3-17 veranschaulicht die jährlichen CO₂-Emissionen und den Primärenergieverbrauch verschiedener Fahrzeugantriebe. Fahrzeuge mit Benzin-Antrieb verursachen 3.488 tCO₂/a und verbrauchen 17.045 MWh Primärenergie. Dieselfahrzeuge stoßen 3.094 tCO₂/a aus und haben einen Primärenergieverbrauch von 12.175 MWh. Sonstige Fahrzeuge, einschließlich solcher mit Gas, haben geringere Emissionen von 33 tCO₂/a und einen Primärenergieverbrauch von 150 MWh/a. Hybride Fahrzeuge emittieren 271 tCO₂ jährlich und verbrauchen 454 MWh Primärenergie. Elektrische Fahrzeuge haben die niedrigsten Emissionen mit 114 tCO₂/a und benötigen 366 MWh/a Primärenergie. Insgesamt ergibt sich eine Summe von 6.999 tCO₂/a und ein Primärenergieverbrauch von 30.190 MWh für alle aufgeführten Fahrzeugtypen. Der Endenergiebedarf ist Tabelle 3-10 zu entnehmen.

Tabelle 3-17: CO₂-Emissionen und Primärenergieverbrauch

Kraftstoff	Emissionen [t CO ₂ /a]	Primärenergie [MWh/a]
Benzin	3.488	17.045
Diesel	3.094	12.175
Sonstige (u.a. Gas)	33	150
Hybrid	117	454
Elektrisch	114	366
Gesamt	6.846	30.190

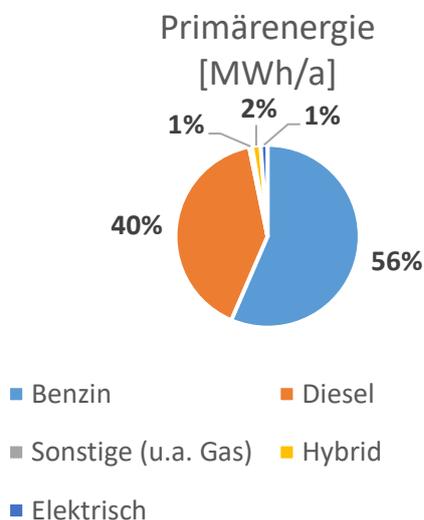


Abbildung 3-11: Primärenergieverbrauch

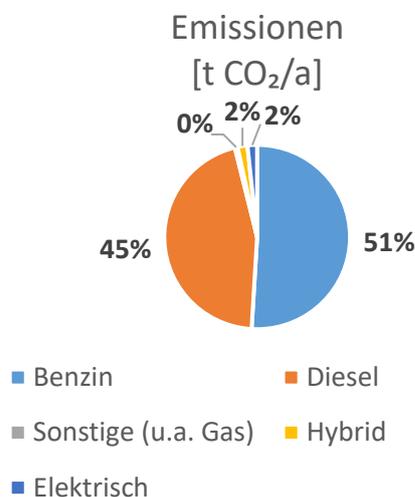


Abbildung 3-12: CO₂-Emissionen

4 ENERGIE- UND CO₂-MINDERUNGSPOTENZIALE

Der folgende Abschnitt setzt sich mit den Energie- und CO₂-Minderungspotenzialen auseinander. Unter anderem werden die Themenfelder Potenzial für erneuerbare elektrische Energien, Potenzial erneuerbarer thermischer Energien und Minderungspotenzial durch die Gebäudesanierung behandelt.

Eine Zusammenfassung der Entwicklung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit von der Umsetzung der in diesem Kapitel beschriebenen Maßnahmen ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Dabei werden lediglich die quantifizierbaren Maßnahmen abgebildet. Eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen findet sich in den entsprechenden Kapiteln. Da im Rahmen des Quartierskonzeptes keine direkten Einsparungen durch eine zentrale Wärmeversorgung berechnet wurden, ist eine Darstellung der konkreten Einsparungen dieser Maßnahme nicht möglich. Im Bereich Mobilität wurde gemäß Abschnitt 4.6 das zweite Szenario für die Darstellung gewählt. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um eine konkrete Maßnahme, sondern um eine mögliche Entwicklung der Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen im Quartier.

Abbildung 4-1 zeigt die Entwicklung des Energiebedarfs für die Maßnahmen "Sanierung Wohngebäude" und "Mobilität" für die Jahre 2024 bis 2045. Der Energiebedarf für die Sanierung von Wohngebäuden sinkt bei einer Sanierungsrate von 2 % kontinuierlich von 18.872 MWh/a im Jahr 2024 auf 12.347 MWh/a im Jahr 2045. Im Bereich Mobilität ist ebenfalls ein Rückgang zu verzeichnen, allerdings auf höherem Niveau: von 23.704 MWh/a im Jahr 2024 auf 20.779 MWh/a im Jahr 2045. Insgesamt zeigt sich in beiden Sektoren der Trend zur Reduktion des Energiebedarfs, wobei die Reduktion Gebäudesanierung einen größeren Anteil einnimmt.

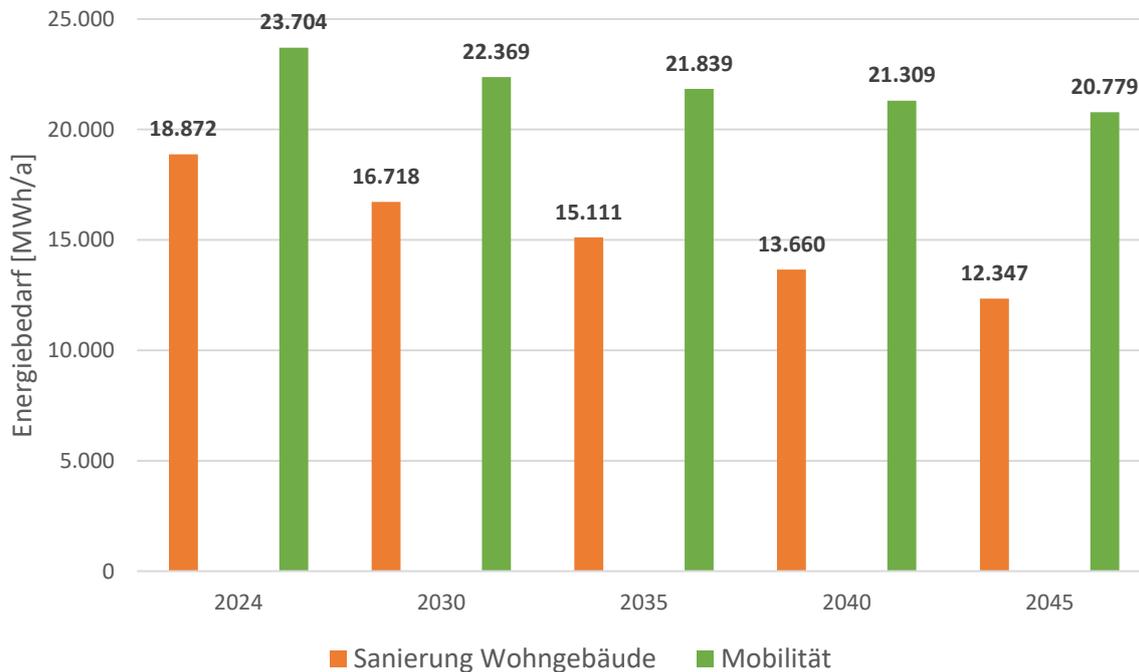


Abbildung 4-1: Entwicklung des Energiebedarfs

Abbildung 4-2 zeigt die Entwicklung des CO₂-Ausstoßes für "Sanierung Wohngebäude" und "Mobilität" von 2024 bis 2045. Die Emissionen aus der Sanierung von Wohngebäuden sinken kontinuierlich von 11.911 t/a im Jahr 2024 auf 7.793 t/a im Jahr 2045. Wie auch beim Wärmesektor sinkt im Mobilitätssektor der CO₂-Ausstoß von 6.744 t/a bis 2045 auf 2.366 t/a. Insgesamt zeigen beide Sektoren einen deutlichen Rückgang der Emissionen über den betrachteten Zeitraum.

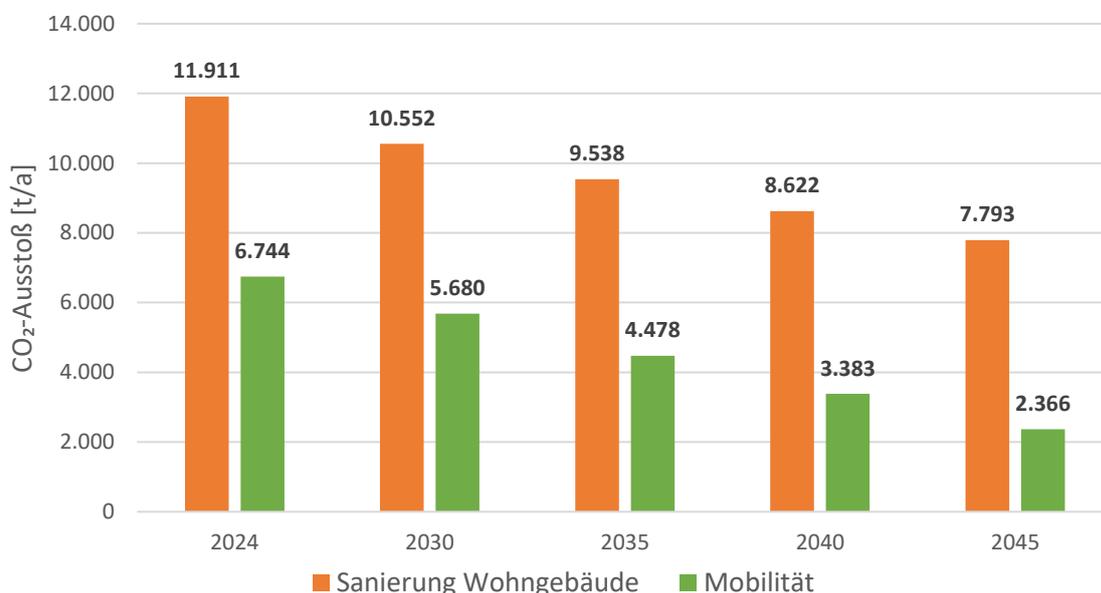


Abbildung 4-2: Entwicklung des CO₂-Ausstoßes

4.1 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE ELEKTRISCHE ENERGIEN

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

4.1.1 WIND

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

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

Der Kreis Schleswig-Flensburg wird in der Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum I aufgeführt. Diese ist im Gesetz- und Verordnungsblatt vom 31. Dezember 2020 in Kraft getreten (Ministerium für Inneres, 2022), ist jedoch seit dem 20. Februar 2024 unwirksam und dient lediglich der Information. Am 11. Juni 2024 hat die Landesregierung dem Entwurf für neue Vorhaben zur Windenergie im Landesentwicklungsplan (LEP) zugestimmt. In einem ersten Entwurf wurden hierfür Potenzialflächen für Windenergiegebiete bestimmt. Abbildung 4-3 zeigt einen Ausschnitt der „Karte Potenzialfläche Windenergie SH“, mit den in blauer Farbe ausgewiesenen Potenzialflächen. Es ist zu sehen, dass sich einige Potenzialflächen ganz oder teilweise auf dem Gemeindegebiet Mittelangelns befinden. Laut Marktstammdatenregister beläuft sich die gesamtinstallierte Leistung der 6 im Gemeindegebiet liegenden Bestands-WKA auf 1,815 MW.



Abbildung 4-3: Erster Entwurf Potenzialgebiete für Windenergie (Ausschnitt Mittelangeln)

4.1.2 PHOTOVOLTAIK

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

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

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

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

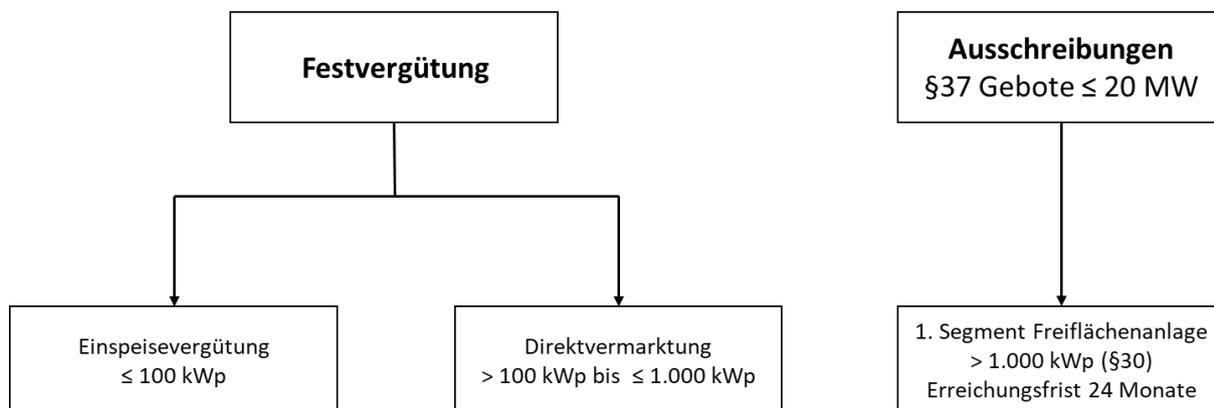


Abbildung 4-4: Vergütung nach dem EEG für Freiflächenanlagen, eigene Darstellung nach (Anon.)

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

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

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 ausgeben (Wirth, 2023).

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

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

Anlagengröße	01.08.2024 – 01.02.2025		01.02.2025 – 01.08.2025	
	Teileinspeisung	Volleinspeisung	Teileinspeisung	Volleinspeisung
Bis 10 kWp	8,43	13,13	8,34	13,00
Bis 40 kWp	7,35	11,08	7,28	10,96
Bis 100 kWp	6,08	11,08	6,02	10,96
Bis 400 kWp	6,08	9,21	6,02	9,12
Bis 1000 kWp	6,08	7,94	6,02	7,86

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

Demgegenüber sind Volleinspeisungsanlagen, die keinen Eigenverbrauch decken, sondern den gesamten erzeugten Strom direkt ins Stromnetz einspeisen. Es ist möglich eine Teil- und eine Volleinspeiseanlage gleichzeitig auf dem Dach zu betreiben.

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

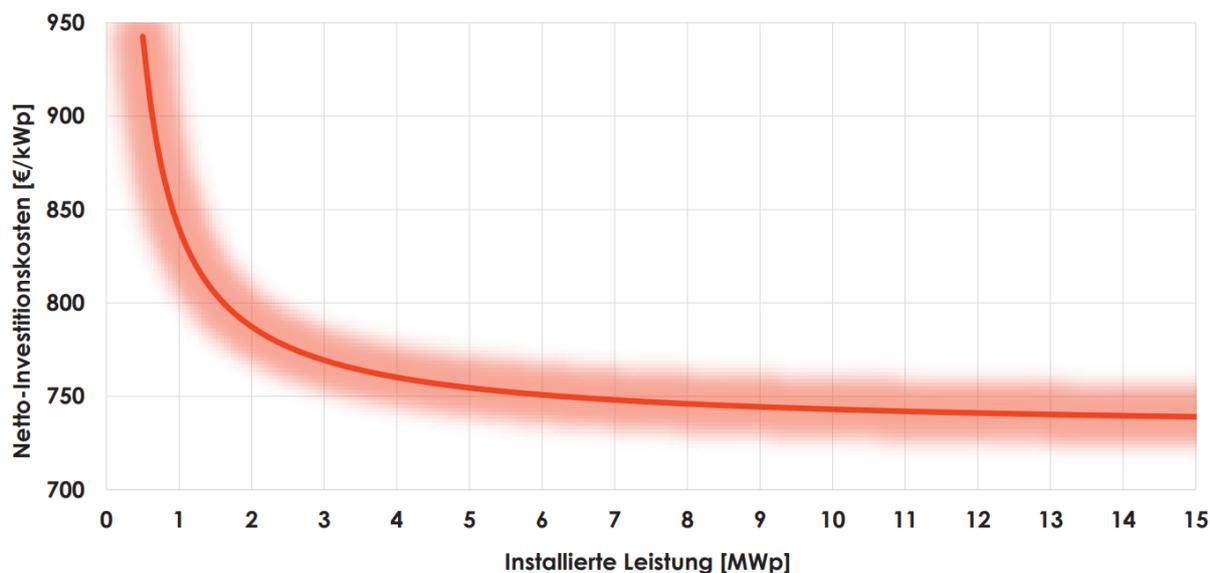


Abbildung 4-5: Spezifische Kosten von PV-Freiflächenanlagen in Abhängigkeit von der Anlagengröße (C.A.R.M.E.N. e.V., 2023)

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

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

Das Ertragspotenzial von PV-Anlagen wird über die standortspezifische Einstrahlung abgeschätzt. Für die Gemeinde Mittelangeln ist über die vergangenen Jahre (2001-2020) eine horizontale Globalstrahlung von jährlich 1.027 kWh/m² ermittelt worden (Meteonorm, 2024). Der Wert in Deutschland liegt, je nach Standort, zwischen 1.000 und 1.300 kWh/(m²-a) (wegatech, 2024).

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

Tägliche Stromproduktion

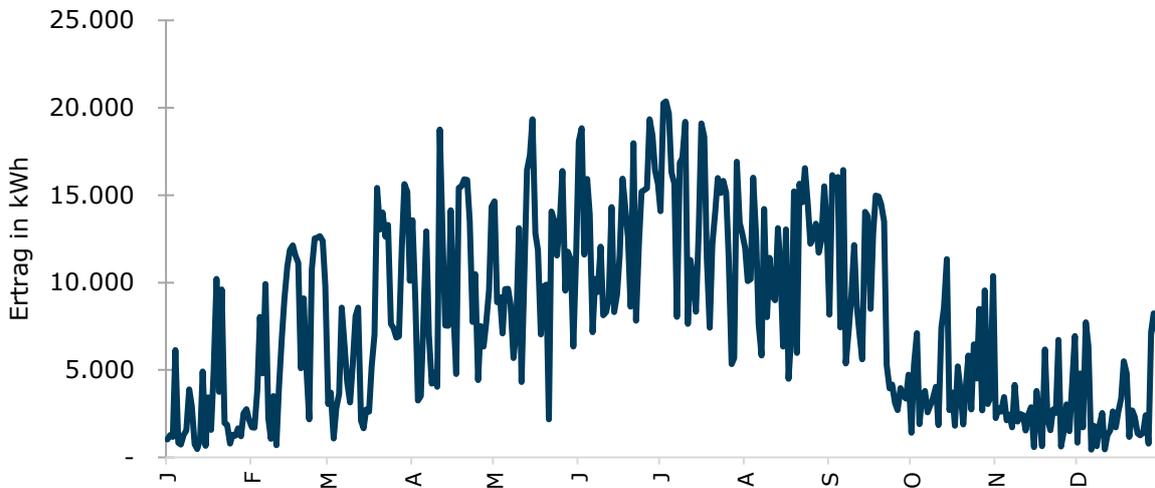


Abbildung 4-6: Tägliche Stromproduktion durch PV im Gemeindegebiet

Um die Lösung einer Installation einer PV-Anlage auf dem eigenen Dach aufzuzeigen, wird im Folgenden ein Einfamilienhaus näher beleuchtet und anhand von verschiedenen Auslegungsvarianten die Vorteile einer PV-Dachanlage mit Überschusseinspeisung aufgezeigt. Im betrachteten Beispiel wird ein jährlicher Stromverbrauch von **3.000 kWh** und ein Strompreis von **35 ct/kWh** mit **2 %** jährlicher Steigerung angenommen. Als Verbrauchsprofil wurde das VDEW Lastprofil H0 verwendet.

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

Tabelle 4-2 zeigt die Ergebnisse der verschiedenen Auslegungsvarianten für das Haus Ost-West ausgerichteter Dachfläche. Es wurden jeweils drei Auslegungen betrachtet, in denen die Anlagengröße variiert wurde, sodass eine Vollbelegung des Daches und je zwei auf den Verbrauch angepassten Belegungen betrachtet wurden. Der spezifische Anlagenpreis wurde dabei angepasst, sodass dieser den Anteil der Fixkosten in der Investition widerspiegelt, der bei jeder Anlage etwa gleich ist (z.B. Gerüststellung für Installation, elektrischer Anschluss). Zusätzlich wurde für eine Variante ein Elektrospeicher mit einer Kapazität von **6,4 kWh** betrachtet.

Tabelle 4-2: PV-Auslegungsvarianten für verschiedene Belegungen

Name und Art der PV-Anlage	Anlage [kWp]	Spez. Kosten [€/kWp]	Investition	Eigenverbrauch	Autarkie	Amortisation [a]	Gesamt-ersparnis über 20 a
Am Gymnasium 1 Ost-West-Belegung	3,5	1.500	5.220 €	42,9 %	43,2 %	10,2	5.900 €
	5,2	1.400	7.308 €	29,3 %	44,4 %	12,4	5.300 €
	11,3	1.250	14.703 €	14,1 %	47,7 %	15,3	4.950 €
5,2 kWp + Speicher	6,4 kWh	500 €/kWh	10.508 €	49,9 %	70,7 %	13,4	6.500 €

4.1.3 BIOGAS

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

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

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

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

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

4.2 POTENZIALE FÜR ERNEUERBARE THERMISCHE ENERGIE

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

4.2.1 LUFT-WÄRMPUMPE

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

Während Wärmepumpen in Haushalten 40 % der theoretisch maximal möglichen Leistungszahl erreichen, also einen Gütegrad von 40 %, erreichen moderne Großwärmepumpen Gütegrade zwischen 65 % und 70 %. Abbildung 4-7 zeigt den Verlauf der Leistungszahl einer Großwärmepumpe für verschiedene Vorlauftemperaturen. Bei einer Vorlauftemperatur von 70°C, wie sie bei Wärmenetzen der 4. Generation üblich ist, werden auch bei geringen Temperaturen Leistungszahl von ca. 3 erreicht.

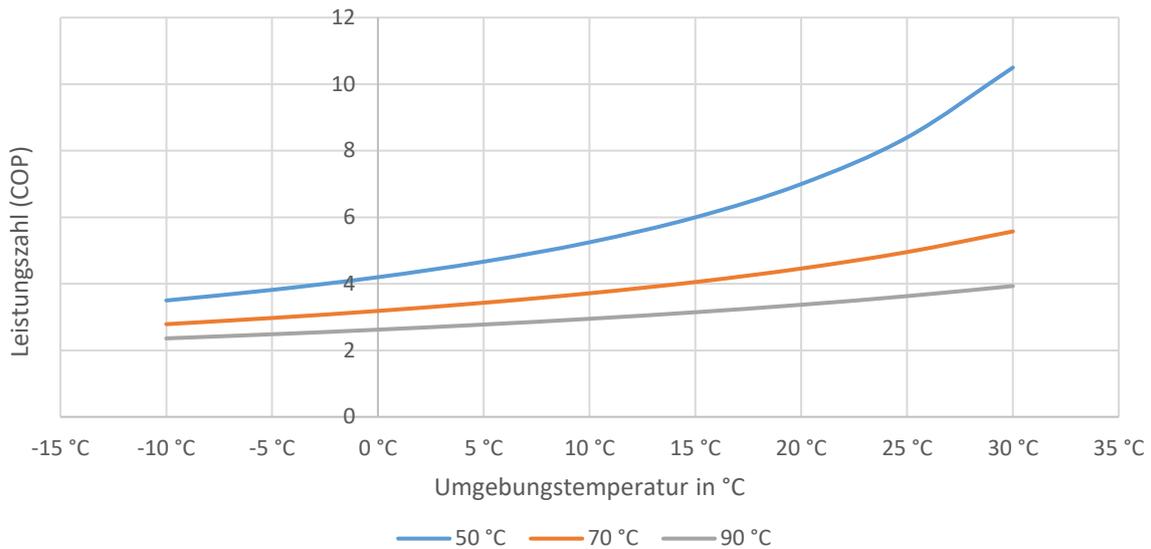


Abbildung 4-7: Darstellung der Leistungszahl einer Großwärmepumpe bei verschiedenen Vorlauftemperaturen über der Quellentemperatur

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

4.2.2 GEOTHERMIE

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

4.2.2.1 Oberflächennahe Geothermie

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

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

- **Flächenkollektoren:**
Unterhalb der Frostgrenze (etwa 1,5 m tief) werden Kunststoffrohre verlegt, welche etwa die 1,5 – 2-fache Fläche der zu 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 drei Sonderformen, welche bei einem geringen Platzangebot gebaut werden können.

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

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

Für eine genauere Betrachtung eines entsprechenden Erdwärmesondenfeldes muss zunächst ein Geothermal Response Test durchgeführt werden, welcher 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. Bei entsprechenden Voraussetzungen und in Abhängigkeit von den Investitionskosten kann die oberflächennahe Geothermie eine interessante Ergänzung für den Winter darstellen.

4.2.2.2 Tiefe Geothermie

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

Tiefe Geothermie wird in Deutschland bisher fast ausschließlich hydrothermal im Dubletteverfahren realisiert. Dabei werden zwei Bohrungen im Abstand von wenigen hundert Metern bis zu etwa drei Kilometern abgeteuft. Hydrothermal bedeutet, dass im Untergrund vorhandenes Thermalwasser zur Förderung genutzt wird. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit ist die petrothermale Geothermie, bei der durch Stimulationsmaßnahmen die Durchlässigkeitseigenschaften des Untergrundes künstlich verbessert werden und so die Zirkulation und Erwärmung eines eingebrachten Fluids ermöglicht wird. Über eine Förderbohrung wird das geothermisch nutzbare Reservoir erschlossen und über eine Reinjektionsbohrung wird das abgekühlte Wasser wieder in den Untergrund eingeleitet. An der Oberfläche wird dem Thermalwasser über Wärmetauscher die Wärme entzogen und z.B. an ein Wärmenetz abgegeben.

Die petrothermale Geothermie befindet sich derzeit noch im F&E-Stadium und wird daher in Deutschland bisher kaum genutzt. Abbildung 4-8 zeigt die Verbreitung von potenziell hydrothermal nutzbaren Sandsteinschichten. In der Umgebung von Satrup gibt es vereinzelte Bohrungen, die ein Vorkommen nachweisen könnten. Modellierungen der im Untergrund vorhandenen Gesteinsschichten lassen jedoch vermuten, dass Satrup in einem Gebiet mit Räh Sandstein liegt, der potenziell für eine hydrothermale Nutzung geeignet sein könnte.

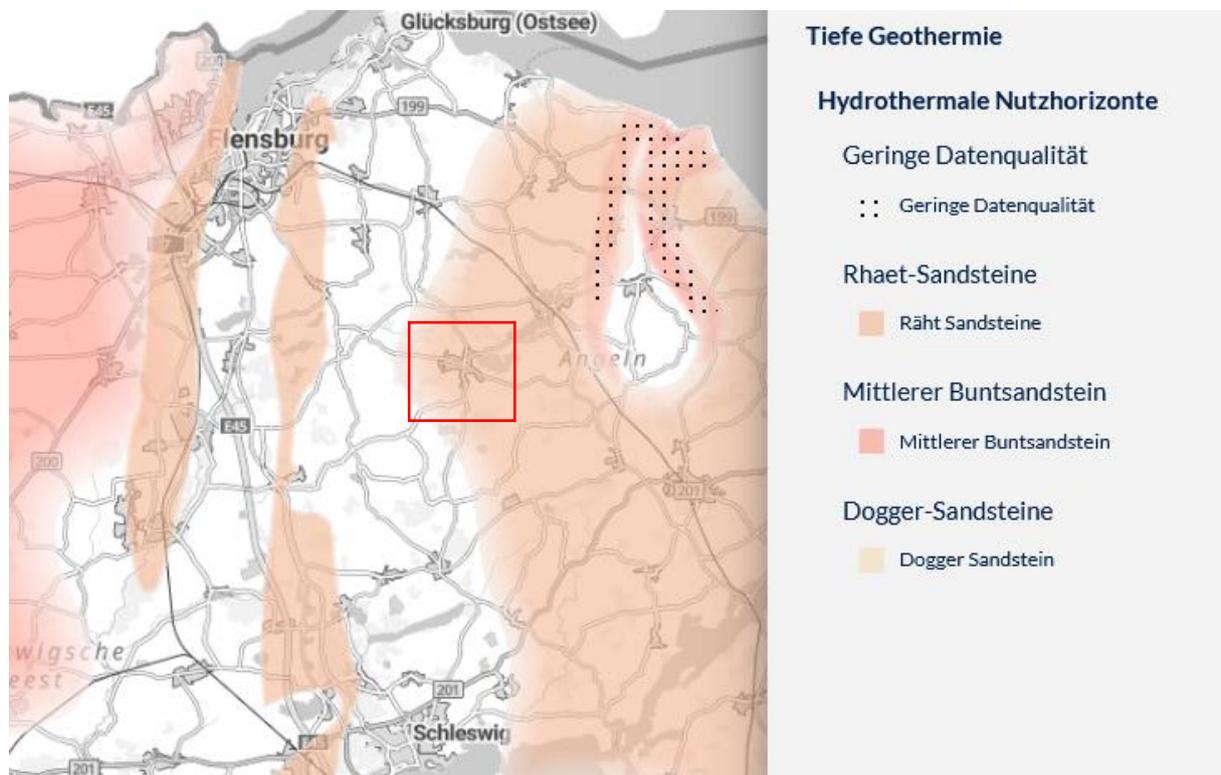


Abbildung 4-8: Verbreitung potenziell nutzbarer Gesteinsschichten (Anon., 2024)

4.2.3 GRUNDWASSER-WÄRMEPUMPE

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

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

4.2.4 ABWÄRME-WÄRMEPUMPE

Abwärme von Betrieben oder der Industrie stellt die attraktivste Wärmequelle für Wärmepumpen dar. Geringe Investitionskosten für die Erschließung dieses Potenzials sowie die tendenziell hohen Temperaturen der Abwärme sorgen für eine hohe Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlage. Dieser Ansatz wird jedoch nicht weiterverfolgt, da in der Gemeinde Mittelangeln keine Abwärmequellen identifiziert werden konnten, die nutzbare Abwärme zur Verfügung stellen.

4.2.5 BIOMETHAN BLOCKHEIZKRAFTWERK

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

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

4.2.6 BIOMASSE

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

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

4.2.7 SOLARTHERMIE

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

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

4.2.8 PHOTOVOLTAISCH-THERMISCHE KOLLEKTOREN

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

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

Es gibt erste Untersuchungen zur Anwendung von PVT-Kollektoren in kalten Nahwärmenetzen. Beispielsweise wurde für ein Neubauquartier in der Stadt Bedburg ein Konzept mit einem PVT-Feld von 4 MW_{el} und 3 MW_{th} vorgestellt (Solarthermalworld, 2021). Zur Einbindung von PVT-Anlagen in ein Wärmenetz mit höherer Vorlauftemperatur, welches auf Grund der Gebäudealtersklassen in Satrup 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. In Deutschland entfällt insgesamt ca. 36 % des gesamten Endenergieverbrauchs auf den Gebäudebereich, was diesen zu einem der größten Emittenten klimaschädlicher Gase macht (Umweltbundesamt, 2024). Im Folgenden wird das Potenzial zur Reduzierung dieser Emissionen im Quartier Satrup dargestellt.

Der Gesamtendenergiebedarf vom Quartier Satrup beträgt etwa 74,17 GWh/a (exklusive Mobilität), wovon ca. 25 % für die Bereitstellung von Wärme in privaten Wohngebäuden benötigt wird. Der Gesamtbedarf an Wärme für Wohngebäude liegt bei 18,87 GWh/a.

Der Wohngebäudebestand von Satrup liegt bezogen auf den spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche über dem deutschen Mittel. In Deutschland werden pro m² Wohnfläche ca. 129 kWh/a benötigt (siehe Tabelle 3-6). Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch im Quartier Satrup liegt bei 142 kWh/(m² a) entsprechend der nach dem GEG definierten Energieeffizienzklasse E (GEG 2023, Anlage 10 zu § 86).

Mit dem Blick auf das Ziel der Bundesregierung den Gebäudebestand Deutschlands bis 2045 nahezu klimaneutral abzubilden, ist der deutsche Durchschnitt Stand heute zu hoch. In Tabelle 4-3 ist die Entwicklung von Satrup mit Sanierungsraten von 1 %, 2 % und 5 % dargestellt. Die Sanierungsrate gibt Auskunft darüber, wie viel Prozent des Gebäudebestandes jährlich saniert wird. Aktuell wird in Deutschland mit einer Sanierungsrate von 1 % gerechnet (Ariadne-Report, 2021).

Bei einer konstanten Sanierungsrate von 1 % im Wohngebäudebereich erreicht Satrup eine Reduktion um 19 % auf ca. 15.281 GWh/a. Auch bei einer Sanierungsrate von 5 % wird der Wohngebäudebereich in Satrup im Jahr 2045 nicht klimaneutral sein. Dazu ist ein Energieträgerwechsel sowie die regenerative Wärmeerzeugung zwingend erforderlich.

Tabelle 4-3: Sensitivitätsanalyse Sanierungsrate Wohngebäude

	2024	2030	2040	2045
Sanierungsrate 1 %				
Wärmebedarf WG Satrup [MWh]	18.872	17.768	16.069	15.281
Prozentuale Einsparung [%]	0	6	15	19
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	11.911	11.214	10.142	9.645
Sanierungsrate 2 %				
Wärmebedarf WG Satrup [MWh]	18.872	16.718	13.660	12.347
Prozentuale Einsparung [%]	0	11	28	35
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	11.911	10.552	8.622	7.793
Sanierungsrate 5 %				
Wärmebedarf WG Satrup [MWh]	18.872	13.873	8.306	6.427
Prozentuale Einsparung [%]	0	26	56	66
CO ₂ Emissionen Wärme [t/a]	11.911	8.756	5.243	4.057

Die Zahlen in Tabelle 4-3 beziehen sich auf die Sanierung der Gebäudehülle. Eine Umstellung der Wärmeerzeugung ist hier nicht berücksichtigt. Die CO₂-Emissionen werden mit dem Energiemix des Status quo dargestellt und reduzieren sich durch den sinkenden Energiebedarf. Die Umstellung von fossilen Energieträgern auf regenerative Wärmeerzeugung kann bereits im Szenario mit einer Sanierungsrate von 2 % die aktiv emittierten CO₂-Emissionen gegen Null sinken lassen.

4.3.1 FÖRDERMÖGLICHKEITEN IM BEG

Am 8. September 2023 wurde vom deutschen Bundestag die Novelle des GEG sowie Eckpunkte für eine neue Förderung des 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 sie allerdings nicht über die Miete umlegen dürfen. Hierdurch wird der Anstieg der Mieten durch energetische Sanierung gedämpft.

Die maximal förderfähigen Investitionskosten betragen 30.000 € für ein Einfamilienhaus bzw. die erste Wohnung in einem Mehrfamilienhaus. Der maximale Investitionszuschuss für den Heizungstausch beträgt somit - bei einem Fördersatz von 70 % - 21.000 €. Bei Mehrfamilienhäusern erhöhen sich die förderfähigen Kosten mit jeder weiteren Wohneinheit. Bei Nichtwohngebäuden sind die förderfähigen Kosten durch die Quadratmeterzahl begrenzt.

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

Neben der Förderung des Heizungsaustausches können auch Zuschüsse für weitere Effizienzmaßnahmen wie Dämmung der Gebäudehülle, Anlagentechnik und Heizungsoptimierung beantragt werden. Die Fördersätze betragen hier weiterhin 15 % zuzüglich ggf. 5 % Bonus bei Vorliegen eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP). Die maximal förderfähigen Investitionskosten für Effizienzmaßnahmen liegen bei 60.000 € pro Wohneinheit mit individuellem Sanierungsfahrplan und bei 30.000 € ohne Sanierungsfahrplan.

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

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

Eine übersichtliche Darstellung der Förderung für den Heizungstausch in der neuen BEG ist in Abbildung 4-9 dargestellt.

Heizungstausch (KfW)			Sanierung (BAFA)
Grundförderung	Klimageschwindigkeitsbonus	Einkommensbonus	Weitere Effizienzmaßnahmen
30%	20%	30%	20%
Alte Heizung gegen neue, klimafreundliche tauschen	Austausch von funktionstüchtigen Öl-, Kohle-, Gas-Etagen- oder Nachtspeicherheizungen sowie mehr als zwanzig Jahre alten Biomasse- und Gasheizungen	Für selbstnutzende Eigentümer_innen	Z.B. für die Dämmung der Gebäudehülle, Anlagentechnik und Heizungsoptimierung
- Für alle Wohn- und Nichtwohngebäude und alle Antragstellergruppen - Effizienz-Bonus von 5% für Wärmepumpen* und 2.500 € Zuschlag für Biomasseheizungen**	Für den frühzeitigen Austausch alter fossiler Heizungen (Nach 2028 alle 2 Jahre 3% weniger)	Erhältlich mit bis zu 40.000 € zu versteuerndem Haushaltsjahreseinkommen	15% Grundförderung + ggf. 5% bei vorhandenem Sanierungsplan (iSFP-Bonus)
Gesamtförderung			
- Maximaler kumulierter Fördersatz von 70% - Maximal förderfähigen Ausgaben bei 30.000 € für Einfamilienhäuser bzw. die erste Wohneinheit in einem Mehrparteienhaus - Bei max. 70% Förderung entsprechend 21.000 € - In einem Mehrparteienhaus erhöhen sich die maximal förderfähigen Ausgaben um jeweils 15.000 € für die zweite bis sechste sowie um jeweils 8.000 € ab der siebten Wohneinheit			- Maximaler kumulierter Fördersatz von 20% - Die maximal förderfähigen Ausgaben für weitere Effizienzmaßnahmen liegen mit Sanierungsfahrplan bei 60.000 € pro Wohneinheit und bei 30.000 € ohne Sanierungsfahrplan

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

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

Abbildung 4-9: Förderübersicht Heizungstausch und Einzelmaßnahmen

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

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

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

4.3.2 MUSTERSANIERUNGEN

Zur Identifizierung und dem Aufzeigen von typischen Sanierungsmaßnahmen wurden nach der Erfassung des Ist-Zustands im Quartier Satrup Referenzgebäude zum Aufzeigen von Mustersanierungen 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 Satrups ein Gefühl für ökonomische und ökologische Vorteile bei möglichen Sanierungen an der eigenen Immobilie entwickeln. Die Mustersanierungen umfassen jeweils drei Maßnahmen. Die Maßnahmen sind immer als Einzelmaßnahmen gerechnet.

4.3.2.1 Mustersanierung Referenzgebäude 1 – Am Gymnasium 1

In Tabelle 4-4 sind die Grunddaten des Referenzgebäudes aufgelistet. Diese können als Orientierung für die Bewohner_innen von Satrup dienen, um das Referenzgebäude mit der eigenen Immobilie vergleichen zu können. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist zu beachten, dass es sich um den Verbrauch bei individuellem Heizverhalten handelt. Der normierte spezifische Heizwärmebedarf der Immobilie errechnet sich aus den Wärmeverlusten der Gebäudehülle sowie den aufgenommenen technischen Daten der Heizungsanlage.

Tabelle 4-4: Grunddaten - Am Gymnasium 1 – Gebäudeansicht: Ost

Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1969
Baugrundfläche	80 m ²
Nutzfläche	107 m ²
Wärmeverbrauch	22.000 kWh/a
Spez. Wärmebedarf	256 kWh/(m ² a)
Wärmeversorgung	Ölheizung (18 Jahre alt)

Maßnahme 1 – Smarte Heizkörperthermostate

Der Austausch der Heizkörperthermostate ist in vielen Gebäuden eine sinnvolle Maßnahme. Diese Maßnahme umfasst den Austausch der Thermostate gegen digitale / intelligente Thermostate. Weitere vergleichbare Maßnahmen, die unter die Kategorie Optimierung der Heizungsanlage fallen sind der hydraulische Abgleich und der Austausch der Heizungspumpen. Digitale Thermostate haben den Vorteil, dass die Heizzeiten eingestellt und per App flexibel gesteuert und überwacht werden können (z.B. Nachtabsenkung). Außerdem können moderne Thermostate einen rapiden Temperaturabfall erkennen und somit das Heizen bei geöffnetem Fenster verhindern. Im Heizsystem kann außerdem unnötiges Heizen bei Nichtnutzung von Räumen o.ä. vermieden werden. In der durchgeführten Berechnung wurde eine Einsparung von 5 % angenommen. Diese kann je nach Nutzerverhalten stark variieren, so dass auch Einsparungen von mehr als 10 % oder weniger als 5 % möglich sind.

Maßnahme 2 – Einblasdämmung

Der bisher ungedämmte Wandaufbau des Gebäudes bietet durch den im Mauerwerk vorhandenen Luftspalt von ca. 6 cm die Möglichkeit einer Einblasdämmung. Hierbei wird ein Rieselfähiger Dämmstoff in diesen Zwischenraum eingeblasen. Das Einbringen der Dämmung erfolgt durch mehrere Bohrungen in den Fugen des Außenmauerwerks. Im Vergleich zu anderen Dämmmaßnahmen ist die Einblasdämmung mit verhältnismäßig geringem Kosten- und Zeitaufwand verbunden. Sie hat das Potenzial die Wärmeverluste bei diesem Gebäude, um etwa 30 % zu reduzieren. Voraussetzung für die Durchführung einer solchen Maßnahme ist die Überprüfung des Wandaufbaus durch eine fachkundige Person. Dieser Schritt ist notwendig, um mögliche Feuchtigkeitsansammlungen in den Wänden zu vermeiden. Neben der Energieeinsparung würde durch diese Maßnahme auch die Behaglichkeit und damit das Raumklima merklich verbessert.

Maßnahme 3 – Heizungstausch Luft-Wärmepumpe

Die Ölheizung hat mit 18 Jahren ihre übliche Lebensdauer noch nicht überschritten, kommt aber in ein Alter, in dem bereits über einen Austausch nachgedacht werden sollte. Da derzeit hohe Fördersätze zur Verfügung stehen, soll eine alternative Heizmöglichkeit aufgezeigt werden. Beispielhaft wurde hier eine Luftwärmepumpe betrachtet. Dabei wurde die Anschaffung der Wärmepumpe 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. Ersatzinvestitionen sind berücksichtigt. Nicht berücksichtigt sind jedoch die Kosten für eventuelle Investitionen zur Absenkung der Vorlauftemperatur (Vergrößerung der Heizflächen, Fußbodenheizung, 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 Am Gymnasium 1

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung bei M1 und M2 wurde als maximal mit 20 % angenommen. Bei der Förderung des Heizungstauschs wurde die Basisförderung und der Klimageschwindigkeitsbonus angerechnet. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet.

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Mustersanierungen – Am Gymnasium 1

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	Einsparung erstes Jahr	Amortisation	jährl. Einsparung
M1: Smarte Thermostate	740 €	110 €	630 €	5 %	130 €/a	5	325 kg/a
M2: Einblasdämmung	min: 1.200 €	min: 0 €	min: 1.200 €	30 %	700 €/a	min: 2	1.800 kg/a
	max: 3.600 €	max: 700 €	max: 2.900 €			max: 5	
	30.400 €	15.200 €	15.200 €			63 % ¹	

¹ Endenergieeinsparung

² Bezogen auf die Vollkosten über 20 Jahre

4.3.2.2 Mustersanierung Referenzgebäude 2 – Immanuel-Kant-Straße 32

In Tabelle 4-6 sind die grundlegenden Daten zu dem Referenzgebäude aufgelistet. Die Nutzfläche des Gebäudes berechnet sich aus dem simulierten Gebäudevolumen. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den Verbrauch beim individuelle Heizverhalten handelt. Der genormte spezifische Wärmebedarf der Immobilie berechnet sich aus den thermischen Verlusten der Gebäudehülle sowie den angenommenen technischen Gegebenheiten der Heizungsanlage.

Tabelle 4-6: Grunddaten – Immanuel-Kant-Straße 32 – Gebäudeansicht: Süd

Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1968
Baugrundfläche	66 m ²
Nutzfläche	96 m ²
Wärmeverbrauch	29.000 kWh/a
Spez. Wärmebedarf	280 kWh/(m ² a)
Wärmeversorgung	Ölheizung (15 Jahre alt)

Maßnahme 1 – Tausch Heizungsanlagen

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 vorhandenen Pumpen haben eine Leistung von 32 W bzw. 80 W.

Für die Berechnung der energetischen Sanierung wurden die ursprünglichen Heizungspumpen durch moderne Hocheffizienzpumpen ersetzt. Durch diese Maßnahme wird der Stromverbrauch der Heizungspumpen mehr als halbiert, was sich entsprechend in den Kosten niederschlägt. Darüber hinaus werden energetische Sanierungsmaßnahmen wie der Heizungspumpentausch auch durch das BEG mit bis zu 20 % (15 % Basisförderung plus ggf. 5 % Bonus bei Vorliegen eines individuellen Sanierungsfahrplans) gefördert. Durch diese Förderung können sich die geschätzten Amortisationszeiten entsprechend verkürzen.

Maßnahme 2 – Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Die Wände dieses Gebäudes sind ungedämmt und damit das Bauteil der thermischen Gebäudehülle mit dem größten Wärmeverlust. Bei einer nachträglichen Dämmung der Wände gibt es die Optionen, eine Dämmung von außen aufzubringen. Die Option einer Einblasdämmung ist bedingt durch den angenommenen Wandaufbau des Hauses nicht möglich. Ein WDVS wird ca. 13 cm dick sein müssen, um den von der Förderung vorgesehenen Dämmwert der Wand zu erreichen. Bei der Optik der äußersten Schicht gibt es vielerlei Optionen und Ausführungen. Es gilt bei der Dämmung immer auf den vorhandenen Wandaufbau zu achten, um eine Feuchteentwicklung innerhalb der Wand zu vermeiden. Die Entscheidung für eine Dämmung hängt maßgeblich vom Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) ab, der den Energieverlust einer Fläche ausdrückt. Gemäß des Gebäudeenergiegesetzes für Bestandsgebäude überschreitet der aktuelle U-Wert (1,1 W/(m²K)) den empfohlenen Wert ($U \leq 0.24$) deutlich.

Maßnahme 3 – Heizungstausch (Luft-Wärmepumpe)

Die Ölheizung hat mit 15 Jahren ihre übliche Lebensdauer noch nicht überschritten, kommt aber in ein Alter, in dem bereits über einen Austausch nachgedacht werden muss. Da derzeit hohe Fördersätze zur Verfügung stehen, soll eine alternative Heizmöglichkeit aufgezeigt werden. Als Beispiel wird hier eine Luftwärmepumpe betrachtet. Es ist zu beachten, dass es sich hier um eine vereinfachte Darstellung der Kosten und der Wirtschaftlichkeit handelt, da keine Kosten für Wartung und Instandhaltung oder Ersatzinvestitionen berücksichtigt wurden. Ebenso wurden hier keine Kosten für mögliche Investitionen zur Absenkung der Vorlauftemperatur (Vergrößerung der Heizflächen, Fußbodenheizung, Maßnahmen an der Gebäudehülle) berücksichtigt. 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. Niedrigere Temperaturen sind vorzuziehen. Um die Kosten einer Wärmepumpe darzustellen, wird davon ausgegangen, dass dieses Gebäude mit einer Luftwärmepumpe beheizt werden kann, wenn das Heizsystem vorhanden ist. Der Einsatz von Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden ist möglich. Eine reale technische Umsetzung muss jedoch genauer untersucht werden.

Zusammenfassung Immanuel-Kant-Straße 32

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung bei M1 und M2 wurde als maximal mit 20 % angenommen. Bei der Förderung des Heizungstauschs wurde die Basisförderung und der Klimageschwindigkeitsbonus angerechnet. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet.

Tabelle 4-7: Zusammenfassung der Mustersanierungen – Immanuel-Kant-Straße 32

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung Wärme	Einsparung erstes Jahr	Amortisation	jährl. CO ₂ Einsparung
M1: Tausch Heizungspumpen	500 €	100 €	400 €	15 % Strom	150 €/a	3	180 kg/a
M2: Einblasdämmung	min: 8.500 €	min: 1.700 €	min: 6.800 €	31 %	800 €/a	min: 8	2.100 kg/a
	max: 16.900 €	max: 3.400 €	max: 13.500 €			max: 15	
M3: Heizungstausch Luft-Wärmepumpe	32.500 €	16.300 €	16.200 €	63 % ¹	470 €/a ²	-	2.160 kg/a

¹ Endenergieeinsparung

² Bezogen auf die Vollkosten über 20 Jahre

4.3.2.3 Mustersanierung Referenzgebäude 3 – Söruper Straße 4

In Tabelle 4-8 sind die Grundlegenden Daten zu dem Referenzgebäude aufgelistet. Diese können als Orientierung für Personen in Satrup dienen, um das Referenzgebäude mit der eignen Immobilie vergleichen zu können. Die Nutzfläche des Gebäudes berechnet sich aus dem simulierten Gebäudevolumen. Bei dem angegebenen Wärmeverbrauch ist darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um den Verbrauch beim individuelle Heizverhalten handelt. Der genormte spezifische Wärmebedarf der Immobilie berechnet sich aus den thermischen Verlusten der Gebäudehülle sowie den angenommenen technischen Gegebenheiten der Heizungsanlage.

Tabelle 4-8: Grunddaten - Söruper Straße 4 – Gebäudeansicht: Südost

Grunddaten des Gebäudes	
Baujahr	1948
Baugrundfläche	100 m ²
Nutzfläche	153 m ²
Wärmeverbrauch	22.000 kWh/a
Spez. Wärmebedarf	266 kWh/(m ² a)
Wärmeversorgung	Ölheizung (18 Jahre alt)



Maßnahme 1 – Tausch Heizungspumpen

Heizungspumpen sind das Herz der Heizung. Sie fördern die erwärmte Wärmeträgerflüssigkeit zu den Heizkörpern und gleichzeitig das abgekühlte Wasser wieder zurück zum Heizkessel. Im schlimmsten Fall arbeiten Heizungspumpen auch, wenn die Heizkörper selbst gar nicht im Betrieb sind. Alte Heizungspumpen sorgen somit für einen erheblichen Anteil des Stromverbrauchs im Haushalt. Um den Stromverbrauch zu optimieren und die Betriebskosten zu senken, empfiehlt sich der Austausch durch energieeffizientere Modelle. Diese reduzieren den Stromverbrauch nicht nur durch eine kürzere Laufzeit, sondern auch durch eine Leistungsminderung. Die hier vorhandenen Pumpen haben beide eine Leistung von 60 W.

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

Zusätzlich werden Maßnahmen zur energetischen Sanierung, wie der Heizungspumpentausch, durch das BEG ebenfalls mit bis zu 20% (15% Grundförderung plus ggf. 5% Bonus bei Vorliegen eines individuellen Sanierungsfahrplans) gefördert. Durch diese Förderung könnte sich geschätzte Amortisationszeit dementsprechend verkürzen.

Maßnahme 2 – Austausch Holztür

Bei dem vorhandenen Gebäude ist als Hintertür eine klassische ältere Wohnungstür für den Innenbereich als Tür gegen einen unbeheizten Vorraum verbaut. Diese stellt eine erhebliche Schwachstelle in der thermischen Gebäudehülle dar. Der Einbau einer energieeffizienten Tür führt zu einer verbesserten Wärmedämmung, wodurch der Wärmeverlust des Gebäudes verringert werden kann. Ebenso kann durch den Tausch einer Wohnungstür durch eine richtige Haustür Zugluft vermieden werden. Dies mindert ebenfalls den Wärmeverlust und steigert das Behaglichkeitsempfinden. Die Vermeidung von Zugluft ist nicht in die Berechnung eingeflossen da diese schwer seriös zu berechnen ist. Die in der Zusammenfassung dargestellte Einsparung an Wärme und Kosten ist in der Realität also als weitaus höher anzusehen.

Maßnahme 3 – Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Die Wände dieses Gebäudes sind ungedämmt und sind damit das Bauteil der thermischen Gebäudehülle mit dem größten Wärmeverlust. Bei einer nachträglichen Dämmung der Wände gibt es die Optionen, eine Dämmung von außen aufzubringen. Die Option einer Einblasdämmung ist bedingt durch den angenommenen Wandaufbau des Hauses nicht möglich. Ein WDVS wird ca. 14 cm dick sein müssen, um den von der Förderung vorgesehenen Dämmwert der Wand zu erreichen. Bei der Optik der äußersten Schicht gibt es vielerlei Optionen und Ausführungen. Es gilt bei der Dämmung immer auf den vorhandenen Wandaufbau zu achten, um eine Feuchteentwicklung innerhalb der Wand zu vermeiden.

Die Entscheidung für eine bestimmte Dämmung hängt maßgeblich vom Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) ab, der den Energieverlust einer Fläche ausdrückt. Gemäß des Gebäudeenergiegesetzes für Bestandsgebäude überschreitet der aktuelle U-Wert (1,3 W/(m²K)) den empfohlenen Wert ($U \leq 0.24$) deutlich.

Zusammenfassung Söruper Straße 4

Nachfolgend sind die Maßnahmen in einer Übersicht wirtschaftlich und ökologisch zusammengefasst. Die Förderung allen Maßnahmen wurde als maximal mit 20 % angenommen. Die Amortisation ist dynamisch mit einer Preissteigerung des fossilen Brennstoffs berechnet.

Tabelle 4-9: Zusammenfassung der Mustersanierungen – Söruper Straße 4

	Investition	Förderung BEG	Investition mit Förderung	Energieeinsparung	jährl. Einsparung	Amortisation	jährl. Einsparung
M1	400 €	80 €	320 €	20 % Strom	200 €/a	2	240 kg/a
M2	2.000 €	400 €	1.600 €	1 % Wärme	30 €/a	34	74 kg/a
M3	min: 12.300 €	min: 2.500 €	min: 9.800 €	41 % Wärme	1.000 €/a	min: 9	2.660 kg/a
	max: 24.500 €	max: 4.900 €	max: 19.600 €			max: 16	

4.4 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNGSLSÖSUNGEN

Im folgenden Abschnitt werden verschiedene Szenarien der dezentralen Wärmeversorgung vorgestellt. Er soll als Entscheidungshilfe für Gebäude dienen, die nicht auf eine zentrale Wärmeversorgung zurückgreifen können oder wollen. Eine dezentrale Wärmeversorgung beschreibt den direkten räumlichen Zusammenhang zwischen Erzeugung und Gebäude. Das sekundärseitige Heizungssystem bleibt bei allen betrachteten Varianten gleich. Heizkörper, Rohrleitungen und Umwälzpumpen sind als Bestand anzusehen, lediglich die Wärmeerzeugung variiert.

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

ÖLHEIZUNG

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

GASHEIZUNG

Erdgas, welches aus einem deutschlandweiten Verbundnetz oder einem Speicher entnommen wird, wird über eine Verbrennungseinrichtung verbrannt. Die entstehende Wärme wird an das Heizungssystem abgegeben. Die Verbrennung verläuft deutlich sauberer als bei einer Ölheizung, dennoch werden auch hier CO₂-Emissionen freigesetzt.

HOLZPELLETKESSEL

Die Holzpellets werden in einem, sich in der Nähe der Heizungsanlage befindlichen, Vorratstank gelagert. Von dort aus werden sie meist automatisch zur Verbrennung geleitet. Die Verbrennung findet sehr sauber statt, es fällt verhältnismäßig wenig Asche an. Dennoch benötigt dieses System viel Fläche. Neben der Heizungsanlage und den Vorrat für die Pellets ist für das Betreiben ein Pufferspeicher unabdingbar. Auch der Flächenaufwand für den Anbau von Bäumen ist nicht außer Acht zu lassen. Ebenfalls wird durch das Verbrennen von Holz in kurzer Zeit CO₂ frei, welches der Baum über mehrere Jahrzehnte gebunden hat. Diese starke zeitliche Ungleichverteilung hat zur Folge, dass trotz des theoretisch neutralen CO₂-Kreislaufs die Bilanz kurz- und mittelfristig negativ ist.

HACKSCHNITZELKESSEL

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

WÄRMEPUMPE

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

SOLARTHERMIE

Solarthermieanlagen werden typischerweise auf Gebäudedächern installiert. Die Sonnenstrahlung trifft auf eine Kollektorfläche, die die Wärme an in Schlangen verlegte Rohrleitungen innerhalb des Kollektors abgibt. Die Wärme wird mittels Wärmeträgermedium zum Heizungssystem geführt und 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 die Einbindung einer Photovoltaikanlage mit Heizstab in das Heizsystem möglich. Im Vergleich zur Solarthermie wird kein Trägermedium benötigt, Komponenten wie Solarpumpe, Sicherheitseinrichtungen etc. entfallen. Dennoch benötigt ein solches System ein möglichst intelligentes Einspeisemanagement, damit einerseits kein Netzstrom für den Heizstab verwendet wird und andererseits bei Sonneneinstrahlung immer der Heizstab Vorrang vor der Einspeisung ins öffentliche Netz hat. Auch dieses System dient wie die Solarthermie nur zur Unterstützung.

4.4.1 VOLLKOSTENVERGLEICH

Die Kosten dieser individuellen Heizungssysteme stellen eine Grenze für die Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes dar, schließlich soll über ein Wärmenetz nicht nur – aus energetischer Sicht – effizienter Wärme bereitgestellt werden, sondern vor allem ein wirtschaftlicher Vorteil gegenüber individuellen Lösungen angeboten werden. Um bestimmen zu können, unter welchen Umständen die Erweiterung des bestehenden Wärmenetzes in der Gemeinde Mittelangeln sinnvoll ist, muss zunächst gezeigt werden, welche Vollkosten zu unterschreiten sind. Dazu ist zunächst ein Vollkostenvergleich der gängigsten Heizungssysteme für ein typisches Eigenheim durchgeführt worden. Die in Tabelle 4-10 getroffenen Annahmen beruhen sowohl auf begründeten Annahmen als auch auf Werten vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021) und des C.A.R.M.E.N e. V. (C.A.R.M.E.N e.V., 2022). Die Kosten für Wärmepumpen orientieren sich an aktuellen Preisen. Es wurden die aktuellen Fördersätze nach der BEG (vgl. Abschnitt 4.3.1) berücksichtigt.

Tabelle 4-10: Parameter zum Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

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

In diesem Vergleich wird davon ausgegangen, dass eine bestehende Heizung in einem Gebäude mit einem Wärmebedarf von 22.500 kWh/a durch ein alternatives Heizsystem nach GEG ersetzt wird. Abbildung 4-10 zeigt die betrachteten Varianten und die entsprechenden Vollkosten.

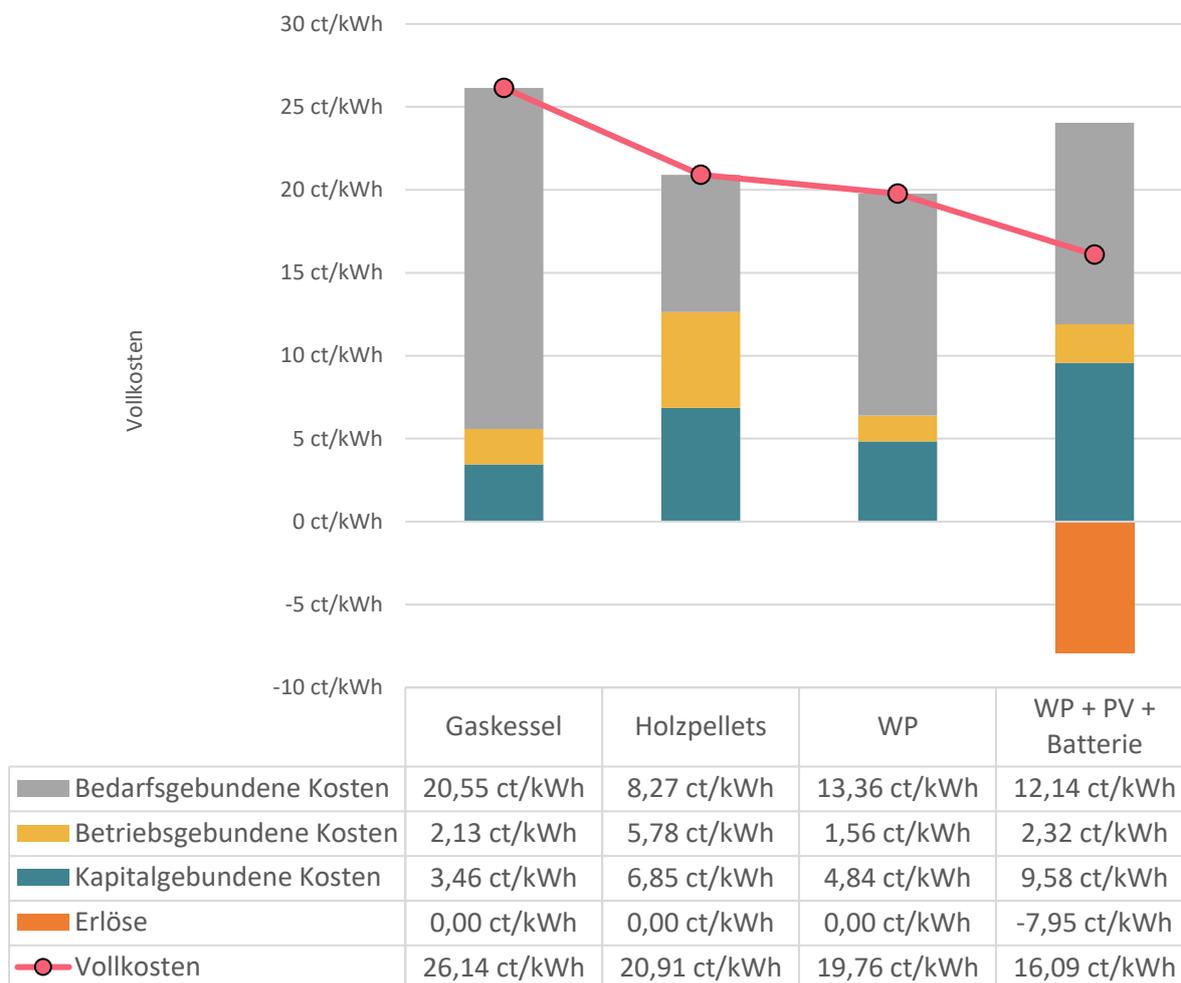


Abbildung 4-10: Vollkostenvergleich individueller Heizungssysteme

Mit **26,14 ct/kWh** stellt die **Gasheizung mit Biogas** die unwirtschaftlichste Lösung dar. Der Betrieb einer Gasheizung mit Biogas kann eine sinnvolle Lösung sein, allerdings muss der dauerhafte Bezug von mindestens 65 % Ökogas über ein Nachweissystem vertraglich gesichert werden. Da in Zukunft mit einer hohen Nachfrage bei Ökogas zu rechnen ist, muss auch mit deutlichen Preissteigerungen gerechnet werden (BMKW, 2022).

Mit einer **Pelletheizung** können ähnliche Vollkosten (**20,91 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 **19,76 ct/kWh** die zweitgünstigste Alternative dar.

Die wirtschaftlichste Lösung über die nächsten 20 Jahre ist unter den getroffenen Annahmen die Variante **Wärmepumpe + PV + Batterie** mit Vollkosten von **16,09 ct/kWh**, was im Vergleich zur Wärmepumpe ohne PV & Batterie auf die zusätzlichen Einsparungen durch die Nutzung des erzeugten Stroms im Haushaltsstrom und in der Wärmepumpe zurückzuführen ist.

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

Auf den Punkt.

- Unter Betrachtung der Aspekte Ökologie, Technologie und Wirtschaftlichkeit ist die beste Lösung zur dezentralen Wärmeversorgung die **Wärmepumpe** in Kombination mit **PV und Batteriespeicher**, ist jedoch mit insgesamt hohen Investitionskosten verbunden
- Die Kombination aus **Wärmepumpe** und **PV** ist aufgrund der saisonalen Differenz zwischen regenerativer Stromerzeugung und Wärmebedarf technisch weniger sinnvoll, hat jedoch durch die Erträge der Stromnutzung und Einspeisevergütung eine positive Auswirkung auf die Vollkosten der Wärmeabgabe
- **Gasheizungen** sind nur begrenzt für eine Neuanschaffung geeignet
- Allgemein kann die Wärmepumpe auch für **Bestandsgebäude** eine sinnvolle Lösung sein. Als Orientierungswert sollte ab einem spezifischen Wärmebedarf von über **150 kWh/(m²·a)** vorrangig eine **energetische Sanierungsmaßnahme** in Betracht gezogen werden. Es muss jedoch immer im Einzelfall die Eignung einer Wärmepumpe geprüft werden

4.4.2 EMISSIONEN DEZENTRALER WÄRMEVERSORGUNGS-LÖSUNGEN

Bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen werden alle Einzellösungen mit einem erdgasbefeuerten Gaskessel verglichen, da dieser im Bestand am häufigsten anzutreffen ist. Die Ergebnisse dieses CO₂-Vergleichs sind in Tabelle 4-11 dargestellt. Es zeigt sich, dass aufgrund der hohen anzusetzenden spezifischen CO₂-Emissionen des Netzstroms von 560 g/kWh (GEG, 2022) die Emissionen der Wärmepumpe mit 4.650 kg die geringste Einsparung von ca. 10 % gegenüber dem Gaskessel aufweisen. Durch den Einsatz der PV-Anlage können die CO₂-Emissionen der Wärmepumpe auf 4.400 kg/a reduziert werden. Beim Einsatz von Biomethan reduziert sich der Ausstoß um ca. 42 % auf 3.150 kg/a. Die geringsten Emissionen werden jedoch mit 450 kg/a von der Pelletheizung verursacht, sofern es sich um nachhaltig produzierte Pellets handelt.

Tabelle 4-11: Vergleich der CO₂-Emissionen der individuellen Lösungen

Technologie Energieträger	Gaskessel		Wärmepumpe		Pelletkessel Holz
	Erdgas (Referenz)	Biomethan	Netzstrom	Netzstrom (mit PV)	
spezifische CO ₂ -Emission [g/kWh]	240	140	560	560	20
benötigte Endenergie [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

In der Gemeinde Mittelangeln sind zum Zeitpunkt des Quartierkonzeptes schon zwei Wärmenetze vorhanden. Ein Wärmenetz wird von der HanseWerk Natur GmbH und das zweite von der Biomasseenergieversorgung Satrup (BEVS) GmbH betrieben. Im Rahmen der Ermittlung des Minderungspotentials durch eine zentrale Wärmeversorgung wird die technisch mögliche Nachverdichtung des Bestandsnetzes der BEVS betrachtet. Von der Konzeptionierung einer zentralen Wärmeversorgung für das gesamte Quartier im Rahmen des Quartierskonzeptes wurde in Absprache mit der Lenkungsgruppe abgesehen. Während der Entwicklung des Quartierskonzeptes entschloss sich die BEVS einen Transformationsplan für das Bestandswärmenetz erstellen zu lassen. In diesem wird das gesamte Quartiersgebiet mit einem Fernwärmenetz auf Entwurfsplanungstiefe überplant. Der Transformationsplan soll nach den Standards der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze erstellt und gefördert werden.

Bei der zentralen Wärmeversorgung der BEVS für das Quartiers wird die benötigte Wärme für Heizung und Warmwasser in einer Heizzentrale (Heizwerk) erzeugt. Von dort wird die Wärme über ein Fernwärmenetz verteilt. Durch den Anschluss an das Wärmenetz benötigen die Bewohnenden keinen eigenen Wärmeerzeuger da dieser durch einen Wärmetauscher, die sogenannte Fernwärmeübergabestation, ersetzt wird. Diese regelt die Abgabe der Wärme aus dem Fernwärmenetz in den Heizkreis des Gebäudes.

In Abbildung 4-11 ist das bestehende Wärmenetz der BEVS dargestellt. Dieses Fernwärmenetz wurde im Rahmen des Quartierskonzeptes hinsichtlich einer möglichen Verdichtung untersucht. Dargestellt sind hier lediglich die Hauptverteilungen und Anschlussleitungen an öffentliche Gebäude. Hierdurch soll der Rückschluss auf einzelne private Anschlussnehmende vermieden werden.

Die Ergebnisse der hydraulischen Überprüfung haben gezeigt, dass die Hauptleitungen in den Straßen „Zum Schwimmbad (DN 125 - 80)“, „Am Stadion (DN 80)“ und „Zum Stadion (DN 80)“ sehr hohe Druckverluste aufweisen. Um den maximalen Netzdruck nicht zu überschreiten, müssen alle weiteren Nachverdichtungen im bestehenden Netz einzeln hydraulisch überprüft werden. Nach den in dieser Netzprüfung angestellten Berechnungen sind Nachverdichtungen in den Straßen „Dennertweg“, „Am Stadion“, „Am Gymnasium“, „Zum Schwimmbad 11 - 15“ und „Nicolaibogen“ ohne Verstärkung der Leitung möglich. Diese Gebiete sind auf Abbildung 4-11 in Grün hinterlegt. Eine Maschenbildung von „Zum Schwimmbad“ über „Am Stadion“ zur Straße „Zum Stadion“ könnte die nördlich parallel zur Straße „Am Stadion“ verlaufende DN 80-Leitung entlasten.

Quartier Satrup

- Gebäude
- Verteilung BEVS
- Gebiet für Nachverdichtung stark ausgelasteter Leitungsabschnitt
- Mögliche Leitung zur Entlastung



Abbildung 4-11: Bestandwärmenetz der BEVS mit möglichen Gebieten zur Erweiterung

4.5.1 ERZEUGUNGSKONZEPT DER BEVS

In Absatz 4.2 sind bereits verschiedene Anlagen vorgestellt worden, die bei einer nachhaltigen Wärmeversorgung zum Einsatz kommen können. Die BEVS erzeugt die Wärme mit zwei der vorgestellten Varianten zur nachhaltigen Wärmeerzeugung. Die Grundlast der Wärmeerzeugung übernimmt ein Satelliten BHKW mit einer Leistung von 600 kW_{th}, welches über eine Gasleitung von der Biogasanlage Grüne Energie Obderup GmbH gespeist wird. Weitere Erzeuger sind ein Holzhackschnitzelkessel (HHS-Kessel) mit einer Leistung von 900 kW_{th} und zwei im Schwimmbad verbaute Gaskessel mit einer Gesamtleistung von 1.285 kW. Die Gaskessel werden zur Spitzenlastabdeckung verwendet. Das BHKW und der HHS-Kessel befinden sich am Standort der Heizzentrale (siehe Abbildung 4-12).



Abbildung 4-12: Standort Heizzentrale BEVS

Für das Netz der BEVS wurden in den letzten drei Jahren im Durchschnitt 4.850 MWh/a Wärme produziert. Für diesen Zeitraum ergibt sich aus der produzierten Wärme und der abgegebenen Wärmemenge an Endkunden ein durchschnittlicher Netzverlust von 27,67 %.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Konzepte wurde in Abstimmung mit der Lenkungsgruppe nicht dargestellt. Im Rahmen des Quartierskonzeptes wurden zwei Szenarien entwickelt, wie die BEVS in Zukunft die Wärme bereitstellen kann.

SZENARIO 1: HOLZHACKSCHNITZELKESSEL

Dieses Konzept sieht vor, Wärme durch die Verbrennung von Holzhackschnitzeln (HHS) zu erzeugen und als Hauptenergiequelle in die Wärmeversorgung zu integrieren. Die Wärmebereitstellung erfolgt unabhängig von der bisherigen Versorgung durch eine Biogasanlage. Der Wärmepreis wird direkt durch die Brennstoffkosten bestimmt und ist nicht länger vom wirtschaftlichen Erfolg der Biogasanlage abhängig. Der HHS-Kessel übernimmt die Rolle der neuen Heizzentrale und ersetzt damit das bisherige Satelliten-BHKW der Biogasanlage.

Im zukünftigen Szenario wird der HHS-Kessel eine Leistung von 900 kW bereitstellen. Die Spitzenlastversorgung mit einer Leistung von 1.600 kW übernimmt dabei 8 % der jährlichen Wärmebereitstellung, während der HHS-Kessel den Großteil der Arbeit leistet.

In Abbildung 4-13 wird die Konzeptskizze dieses Szenarios schematisch dargestellt. Das Konzept beinhaltet neben dem HHS-Kessel einen Wärmespeicher und einen Gaskessel für Spitzenlasten und Redundanz.

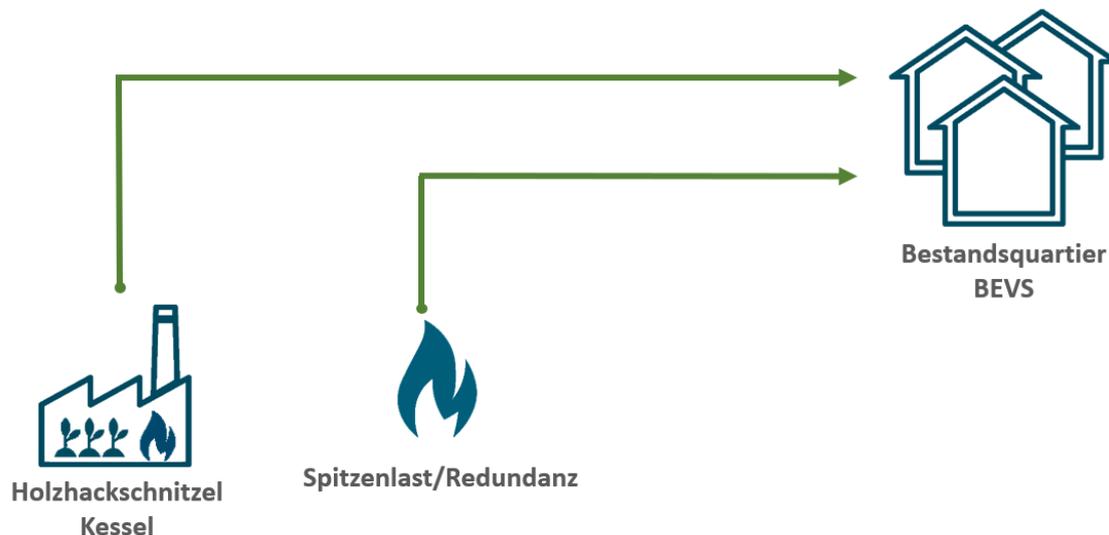


Abbildung 4-13: Konzeptskizze des ersten Erzeugungsszenarios

Nachteil dieses Anlagenkonzeptes ist die Abhängigkeit von der Brennstoffverfügbarkeit und die Lagerung der Holzhackschnitzel. Da die gesamte Wärmeversorgung auf den HHS basiert, muss eine kontinuierliche Brennstoffversorgung sichergestellt werden. Zudem muss ein geeignetes Lager für die HHS vorhanden sein, was bei Anlagen dieser Größenordnung sehr platzintensiv ist.

SZENARIO 2: HOLZHACKSCHNITZEL & WÄRMEPUMPE

Im folgenden Szenario wird der Einsatz eines HHS-Kessels (400 kW) in Kombination mit einer Wärmepumpe (450 kW) betrachtet. Ziel dieses Konzeptes ist es, die Grundlast durch die Wärmepumpe abzudecken, die mit regenerativem Strom aus Windkraft und Photovoltaik gespeist wird. Dies erfolgt über eine Direktleitung von den EE-Anlagen zur Heizzentrale.

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

Den neben der Grundlast nötigen Anteil der Wärme wird über den HHS-Kessel bereitgestellt. Zur Deckung der Spitzenlast und ebenso als Redundanz kommt auch hier ein Gaskessel zum Einsatz mit einer Leistung von 1,6 MW. Der Spitzenlastkessel würde 10 % der jährlichen Wärmearbeit übernehmen.

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

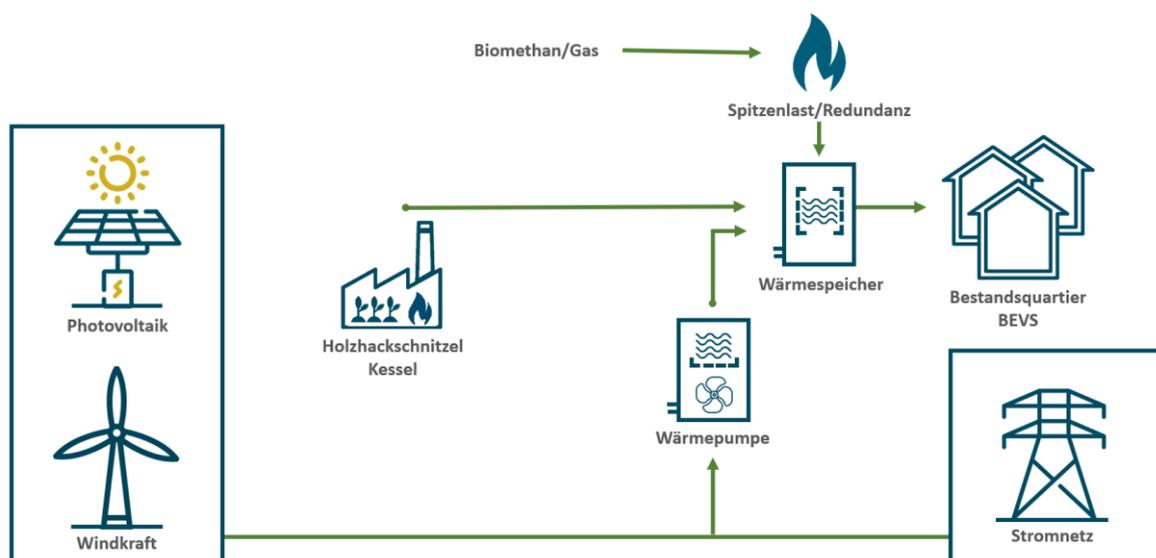


Abbildung 4-14: Konzeptskizze des zweiten Erzeugungsszenarios

4.5.2 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).

4.5.2.1 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)

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

Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien

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

Modul 2: Systemische Förderung für Neubau- und Bestandsnetze

Grundsätzlich werden in Modul 2 alle Maßnahmen gefördert, die zur Errichtung eines Wärmenetzes erforderlich sind. Voraussetzung für die Umsetzungsförderung ist die Erstellung und Vorlage einer Machbarkeitsstudie entsprechend den Anforderungen aus Modul 1. Der Antragsteller muss anhand einer Wirtschaftlichkeitslückenberechnung aufzeigen, dass die Förderung für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist. Die Fördersumme ist auf die daraus resultierende Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt und beträgt mit einer Förderung von 40 % der förderfähigen Ausgaben maximal 100.000.000 € pro Antrag. Dauert der Bau eines Wärmenetzes laut Zeitplan länger als 48 Monate, sind vierjährige Maßnahmenpakete zu definieren, die jeweils als separate Anträge in Modul 2 zu stellen sind. Eine einmalige Verlängerung des Bewilligungszeitraums über 24 Monate also auf insgesamt 72 Monate für ein Maßnahmenpaket ist möglich.

Modul 3: Einzelmaßnahmen

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

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

Modul 4: Betriebskostenförderung

Für den Betrieb von Solarthermieranlagen und Wärmepumpen kann 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 dem Bezug netzgebundener und erneuerbarer Energie. Die Vergütung für Wärme aus Netzstrom wird mit maximal 9,2 ct/kWh_{th,Umwelt} 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 Förderung ist auf 10 Jahre begrenzt.

4.5.2.2 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 eine geplante Wärmenetz-Erweiterung oder einen Neubau berücksichtigt. Der Fördersatz beträgt derzeit 40 % der Investitionskosten für den Trassenbau (Rohr- und Tiefbau), die hydraulischen Anlagenkomponenten sowie die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. 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. Pro Projekt können maximal 20 Mio. € ausgezahlt werden. Gemäß der aktuellen Fassung des KWKG kann ein Wärmenetz nur gefördert werden, wenn die Inbetriebnahme bis zum 31. Dezember 2026 erfolgt. Der verlängerte Zeitraum bis zum 31. Dezember 2029 steht noch unter dem Vorbehalt der beihilferechtlichen Genehmigung durch die Europäische Kommission.

4.5.2.3 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.

4.5.2.4 Zinsgünstige Kredite

Für die Finanzierung der nach der Förderung verbleibenden Kosten kommen bei Inanspruchnahme des BEW zinsgünstige Darlehen ohne Tilgungszuschuss in Betracht, um eine Kombination mit dem BEW zu ermöglichen. Die KfW bietet hierfür das Programm 148 „Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen“ an. Dieses kann von der Kommune nur in Anspruch genommen werden, wenn sie nicht selbst Betreiber des Wärmenetzes ist. Der Kredit aus dem KfW-Programm 202 „Energetische Stadtsanierung - Quartiersversorgung“ ist nicht mit der BEW-Förderung kombinierbar.

4.5.3 KLIMAVERTRÄGLICHKEIT

Ziel dieser Studie ist, einen möglichen Pfad zur CO₂-Neutralität der Wärmeversorgung durch das Bestandwärmenetz der BEVS aufzuzeigen. In diesem Absatz werden drei wichtige Indikatoren zur Klimaverträglichkeit in Bezug auf die konzipierte Umgestaltung der Wärmeerzeugung 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 4-12 sind die verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren und die daraus resultierenden spezifischen und absoluten CO₂-Emissionen des Wärmenetzes bei einer Sanierungsrate von 1 % bis zum Jahr 2045 dargestellt. Die Entwicklung des Emissionsfaktors für Netzstrom entspricht eigenen Annahmen und Erwartungen, wie sich der Strommix in Zukunft entwickeln könnte. Es wird davon ausgegangen, dass das Ziel der Bundesregierung, den Stromsektor bis 2035 zu dekarbonisieren, erreicht wird und der CO₂-Emissionsfaktor für Netzstrom bis dahin auf 0 g/kWh sinkt. Bis dahin wird von einer linearen Abnahme des CO₂-Äquivalents ausgegangen. Aufgrund des Einsatzes von Erdgas in allen Szenarien kann bis 2040 in keinem der Konzepte eine emissionsfreie Wärmeversorgung erreicht werden. Die spezifischen CO₂-Emissionen wurden auf Basis der im jeweiligen Szenario eingesetzten Energiemengen und der in Tabelle 3-12 angegebenen Emissionsfaktoren berechnet.

Tabelle 4-12: CO₂-Emission für die erzeugte Wärme

Energieträger		2025	2030	2035	2040	2045
Wärmeabsatz (MWh/a)		4.470	4.251	4.043	3.844	3.656
Holz [g/kWh]		20	20	20	20	20
Netzstrom [g/kWh]		509	255	0	0	0
Regenerativer Strom [g/kWh]		0	0	0	0	0
Erdgas [g/kWh]		240	240	240	240	140
Sz.1	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	37	37	37	37	29
	CO ₂ -Emission [t/a]	167	158	151	143	108
Sz.2	spez. CO ₂ -Emission [g/kWh]	130	81	32	32	21
	CO ₂ -Emission [t/a]	582	345	129	122	76

Das erste Szenario weist die geringsten CO₂-Emissionen auf. Durch den Einsatz von Holz als Energieträger können die Emissionen von Anfang an niedrig gehalten werden. Aufgrund des erwarteten Rückgangs des Emissionsfaktors für Netzstrom liegen die CO₂-Emissionen im zweiten Szenario jedoch bereits ab dem Jahr 2034 unter denen des ersten Szenarios.

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 4-13 dargestellt.

Tabelle 4-13: Anteil erneuerbarer Energie im Wärmenetz

Erzeuger	Energie	erneuerbar	nicht erneuerbar
Szenario 1 [kWh]	4.560.000	4.201.600	358.374
Anteil [%]		92,14	7,86
Szenario 2 [kWh]	4.560.000	3.635.200	924.800
Anteil [%]		79,72	20,28

PRIMÄRENERGIEFAKTOR

Der Primärenergiefaktor beschreibt das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu gegebener Endenergie. Die Primärenergie ist der rechnerisch nutzbare Energieinhalt der Energieträger, wie sie in der Natur vorkommen. Die Endenergie ist die Energie, die nach Transport-, Leitungs- und Umwandlungsverlusten vom Verbraucher genutzt wird. Der Primärenergiefaktor beinhaltet alle Faktoren der Primärenergieerzeugung mit den Vorketten der Gewinnung, Aufbereitung, Umwandlung, Transport und Verteilung der betrachteten Energieträger. Der Primärenergiefaktor wird §22 GEG berechnet. Liegt der ermittelte Wert unter 0,3, kann der Wert von 0,3 für jeden Prozentpunkt des Anteils der im Wärmenetz genutzten Wärme, der aus erneuerbaren Energien oder Abwärme erzeugt wird, um 0,001 verringert werden. Da die Leistung der Großwärmepumpe einen Wert von 500 kW übersteigt, ist gemäß §22 GEG für den netzbezogenen Strom der Primärenergiefaktor für den nicht erneuerbaren Anteil von 1,2 zu verwenden.

Tabelle 4-14 zeigt die Eingangsparameter und Ergebnisse der Berechnung des Primärenergiefaktors für die Wärmelieferung. Der niedrigste Primärenergiebedarf ergibt sich in Szenario 1, da hier der Großteil der Wärme durch Holzhackschnitzel erzeugt wird, für welche ein Primärenergiefaktor von 0,2 anzusetzen ist.

Tabelle 4-14: Berechnung des Primärenergiefaktors

	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz.1	Holz	4.201.434	0,2	840.290
	Erdgas Spitzenlast	499.595	1,1	549.550
	Wärmelieferung	4.560.000	0,305	1.389.840
	§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung		0,305	
	Energieträger	Energie [kWh]	Primärenergiefaktor	Primärenergie [kWh]
Sz.2	Holz	1.264.800	0,2	252.960
	WP-Strom	425.167	1,2	510.200
	Erdgas Spitzenlast	499.595	1,1	549.555
	Wärmelieferung	4.560.000	0,288	1.312.714
	§ 22 Primärenergiefaktor nach Kappung		0,220	

4.5.4 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

Der Betrieb, der Bau und die Planung eines Wärmenetzes sind alles Aufgaben, welche von einem Betreiber erbracht werden müssen. Im Folgenden werden mögliche Betreibermodelle erläutert, die für den Betrieb eines Wärmenetzes in Frage kommen.

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

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

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

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

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

4.6 MOBILITÄT

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

4.6.1 INDIVIDUELLER PERSONENKRAFTVERKEHR

Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamts waren zu Beginn des Jahres 2024 3.341 Personenkraftwagen innerhalb der Gemeinde Mittelangeln zugelassen, darunter 160 in gewerblicher Haltung (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Um diese Daten auf das Quartier Satrup zu übertragen, wurden diese auf Grundlage der Einwohnendenzahlen der Gemeinde Mittelangeln und Ortsteil Satrup skaliert. Von etwa 5.450 Einwohnenden in Mittelangeln leben 4.180 in Satrup.

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

Der Strombedarf und die damit einhergehenden CO₂-Emissionen von bereits vorhandenen Elektroautos sind bereits im Stromlastgang Satrups enthalten, aus diesem Grund werden im Folgenden nur Fahrzeuge betrachtet, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Das Kraftfahrt-Bundesamt gibt für den Kreis Schleswig-Flensburg an, dass es sich bei 40,2 % der zugelassenen PKW um Diesel-Fahrzeuge und bei 52,7 % um Benzin-Fahrzeuge handelt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2024). Die dadurch geschätzte Anzahl an PKW-Typen ist in Tabelle 4-15 aufgelistet.

Tabelle 4-15: Anzahl PKW nach Kraftstofftyp

Kraftstoffart	Benzin	Diesel	Hybrid	Elektro	Sonstige (u.a. Gas)	Summe
Anteil [%]	52,7	40,2	3,3	3,1	0,7	100
Anzahl Mittelangeln	1.760	1.344	111	104	22	3.341
Anzahl Satrup (skaliert)	1.350	1.031	85	79	17	2.562

Auf Grund der geringen Anzahl von Gas- und Hybrid-Fahrzeugen werden diese im Rahmen der Studie zunächst nicht weiter betrachtet, womit die 2.381 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 Benzinerverbrauch von 7,7 l/100 km hat, welcher sich in den letzten Jahren nicht signifikant reduziert hat (Statista, 2022). Für elektrische Fahrzeuge wird ein Verbrauch von 18 kWh/100 km angenommen. Die CO₂-Emissionen pro kWh Diesel wurden auf Basis des CO₂-Faktors von Heizöl (siehe Tabelle 3-12) berechnet. Die pro kWh Benzin verursachten Emissionen wurden auf Basis einer Erhebung des Umweltbundesamtes berechnet (Umweltbundesamt, 2022).

Für die Abschätzung der CO₂-Einsparungen im individuellen Personenverkehr bis zum Jahr 2050 werden 3 Mobilitätsszenarien aufgestellt:

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

Für die Berechnung der CO₂-Emissionen der batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge wird in dieser Betrachtung davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge mit Strom aus dem Stromnetz geladen werden. Der CO₂-Emissionsfaktor der einzelnen Stützjahre entspricht dabei den Werten aus Tabelle 4-12. Die Ergebnisse dieses Vergleichs werden in Abbildung 4-15 dargestellt. Neben der Entwicklung der CO₂-Emissionen kann der Abbildung die angenommenen E-Fahrzeuganzahl bis 2050 entnommen werden.

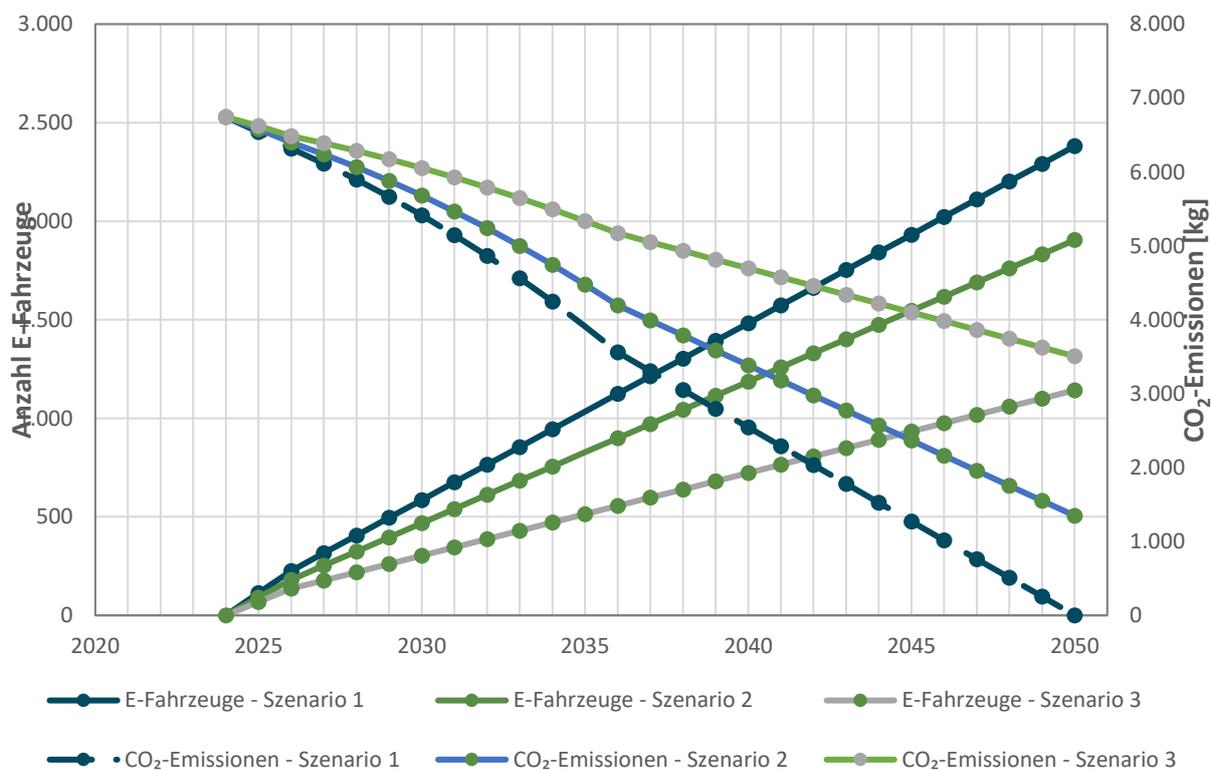


Abbildung 4-15: Entwicklung der PKW-CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050

4.6.2 AUSWERTUNG DER UMFRAGE

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

Von 884 Adressen im Quartier haben lediglich 67 an der Umfrage teilgenommen, was einer Quote von 8 % entspricht. Es ist zu beachten, dass die Beteiligung zu gering war, um fundierte oder repräsentative Aussagen über die Verteilung im gesamten Quartier zu treffen, soll hier dennoch dargestellt werden. Abbildung 4-16 zeigt die Anzahl der Haushalte in Abhängigkeit der Anzahl der Fahrzeuge, die in den jeweiligen Haushalten der Umfrageteilnehmer genutzt werden.

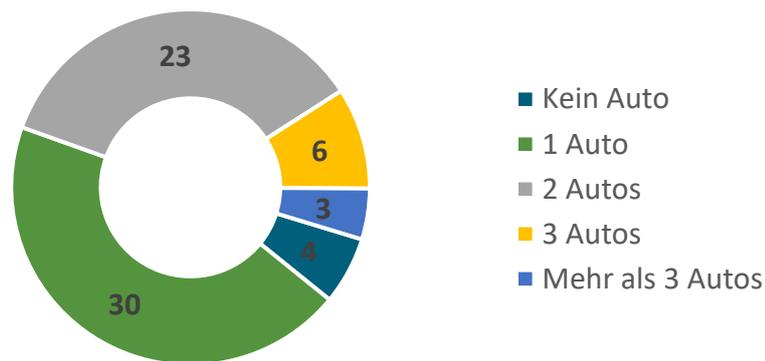


Abbildung 4-16: Verteilung der Fahrzeuganzahl in den Haushalten der Umfrageteilnehmer

Laut Umfrage besitzen 30 Haushalte (45 %) ein Fahrzeug, 23 Haushalte (35 %) haben zwei Fahrzeuge, 6 Haushalte (9 %) besitzen drei Fahrzeuge und 3 Haushalte (6 %) verfügen über mehr als drei Fahrzeuge. 4 Haushalte besitzen kein Fahrzeug. Diese Verteilung zeigt, dass viele Haushalte ein oder mehrere Fahrzeuge nutzen, was auf eine hohe Abhängigkeit vom Individualverkehr hinweist.

Die aus der Umfrage errechnete durchschnittliche zurückgelegte Fahrdistanz liegt bei 10.407 km pro Jahr. Da nur 30 % der Teilnehmenden eine Angabe zur Fahrdistanz getätigt haben, ist die Aussagekraft dieses Ergebnisses als geringer einzuordnen, als die Ergebnisse der Umfrage es ohnehin schon zulassen. Die Distanz liegt weit unter der in 4.6.1 angegebenen Fahrdistanz. Dies kann darauf hindeuten, dass die Bewohnenden des Quartiers weniger auf ihre Fahrzeuge angewiesen sind, wie es durchschnittlich im ländlichen Raums Deutschlands der Fall ist. Satrup verfügt über ein breites Angebot von Einkaufsmöglichkeiten, KiTas und Schulen. Nichtsdestotrotz sollte die Notwendigkeit sowohl die bestehende Infrastruktur zu optimieren als auch nachhaltige Mobilitätsalternativen zu fördern nicht vernachlässigt werden. Auch eine Fahrdistanz von über 10.000 km/a hat einen erheblichen Anteil am CO₂-Fußabdruck eines Individuums. Eine Möglichkeit zur Optimierung stellt die Umstellung auf Elektrofahrzeuge oder eine Verbesserung der Radinfrastruktur dar.

Von den befragten Haushalten gaben lediglich 2 Haushalte an, bereits ein Elektroauto zu besitzen. Demgegenüber stehen 64 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 4-16 zu entnehmen.

Tabelle 4-16: Interesse an Elektrofahrzeugen

Anschaffung E-Auto	Anzahl der Haushalte
Ja	0
Nein	28
Vielleicht	35
Keine Angabe	3

Die Ergebnisse zeigen, dass von den befragten Haushalten kein einziger aktuell fest entschlossen ist, ein E-Auto zu erwerben. 35 Haushalte zeigen sich unentschlossen und ziehen eine Anschaffung vielleicht in Erwägung, während 28 Haushalte sich gegen eine Anschaffung positionieren. Trotz der vorherrschenden Unsicherheit besteht ein erhebliches Potential für die Zunahme von Elektrofahrzeugen im Quartier. Die Tatsache, dass ein erheblicher Teil der Haushalte "Vielleicht" ein E-Auto anschaffen würde, könnte darauf hindeuten, dass geeignete Anreize oder Verbesserungen in der Infrastruktur das Interesse weiter steigern könnten. Angesichts der hohen durchschnittlichen Fahrdistanzen in ländlichen Regionen ist es umso wichtiger, nachhaltige und effiziente Verkehrslösungen zu entwickeln, um die Mobilität in Satrup zu optimieren. Im Folgenden werden mögliche alternative Maßnahmen detaillierter vorgestellt.

4.6.3 CARSHARING

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

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

Für die Umsetzung eines Dörpsmobil gibt es drei mögliche Betreibermodelle:

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

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

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

4.6.4 UNTERSTÜTZUNG DES RAD- UND FUßVERKEHRS

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 Satrup 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 Satrup 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 Förderprogramm „Investive und nicht-investive Maßnahmen im Rad- und Radtourismusverkehr („Ab aufs Rad-Förderrichtlinie)“ vom Land Schleswig-Holstein gefördert. Zur Unterstützung des Radverkehrs waren bis 2023 insgesamt Mittel in einer Höhe von 1,46 Milliarden € vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr zur Verfügung gestellt worden. Diese Förderung wird nun durch das oben genannte Programm bis zum Jahr 2030 weitergeführt. Detaillierte Informationen zur Förderung des Radverkehrs werden vom Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V. bereitgestellt. (ADFC, 2020)

Zufußgehen ist wohl die älteste und eine der beliebtesten Fortbewegungsarten. Fast ein Drittel aller Wege wird auf diese Weise zurückgelegt.

Doch Fußverkehr ist nicht nur eine eigenständige Verkehrsform, sondern auch ein wichtiger Bestandteil jeder anderen Mobilitätsform, da er verschiedene Verkehrsträger miteinander verbindet. Besonders bei der Förderung des Umweltverbunds, der den öffentlichen Nahverkehr (ÖPNV) und Fahrrad- und Fußverkehr umfasst, spielt das Zufußgehen eine zentrale Rolle, beispielsweise auf dem Weg zu den Haltestellen des ÖPNV. Daher sollte der Fußverkehr ein grundlegender Bestandteil jeder Mobilitätsstrategie sein. Es ist wichtig, das Zufußgehen insgesamt sicherer und attraktiver zu gestalten. Folgend werden zu diesem Zweck einige Option aufgeführt:

- **Sanierung und Ausbau von Gehwegen**
Breite, ebene und gut beleuchtete Gehwege sind wichtig, um Fußgängern ein angenehmes und sicheres Gehen zu ermöglichen.
- **Barrierefreiheit**
Gehwege und Übergänge sollten für alle Menschen gleichermaßen zugänglich sein, einschließlich Personen mit eingeschränkter Mobilität, Kinderwagen und Rollstuhlfahrern.
- **Sichere Übergänge**
Fußgängerüberwege und Ampeln sollten sicher gestaltet und gut sichtbar sein. Inseln in der Mitte von breiten Straßen können zusätzliche Sicherheit bieten.
- **Verkehrsberuhigte Zonen**
In Wohngebieten können verkehrsberuhigte Zonen eingerichtet werden, in denen die Geschwindigkeit des motorisierten Verkehrs stark reduziert ist.
- **Kampagnen für Fußgänger**
Sind sichere Übergänge und verkehrsberuhigte Zonen etabliert, kann durch Kampagnen das Bewusstsein über die Vorteile des Fußverkehrs erweitert werden. Beispielfhaft können dadurch Eltern dazu motiviert werden, ihre Kinder zu Fuß in den Kindergarten oder in die Schule zu schicken.
- **Verbesserung der Aufenthaltsqualität**
Die Schaffung von Grünflächen, Parks und Ruhebänken entlang der Fußwege kann das Gehen attraktiver machen. Zusätzlich lässt sich die Attraktivität durch regelmäßige Reinigung und Instandhaltung der Gehwege und öffentlichen Plätze für Fußgänger steigern.

Das BMDV stellt für die Förderung des Fußverkehrs im Jahr 2024 2,5 Mio. Euro für investive und nicht-investive Maßnahmen zur Verfügung. Dies dient z.B. der Unterstützung von Modellprojekten wie Straßenumgestaltungen und modellhaften Querungsanlagen (BMDV, 2024).

4.6.5 ERRICHTEN ÖFFENTLICHER LADESTATIONEN

Obwohl die Struktur im Quartier Satrup vermuten lässt, dass die überwiegende Mehrheit der Anwohnenden ihre Elektrofahrzeuge direkt am eigenen Haus aufladen kann, ist dies sicherlich nicht für alle Anwohnenden der Fall. Durch die Errichtung öffentlicher Ladesäulen an zentralen Orten in der Gemeinde wird auch den Einwohnenden ohne eigene Lademöglichkeit ein unkomplizierter Umstieg auf Elektromobilität ermöglicht. Darüber hinaus wird Besuchenden die Möglichkeit geboten, ihre Fahrzeuge direkt in der Gemeinde aufzuladen. Es sind bereits zwei Ladesäulen im Quartier Satrup vorhanden. Mit der zukünftigen Entwicklung hin zur Elektromobilität ist jedoch ein steigender Bedarf zu erwarten und die Installation weiterer Ladepunkte sinnvoll.

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

4.6.6 ÖFFENTLICHER PERSONENNAHVERKEHR

Tabelle 4-17 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 4-17: 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 %

In Bezug auf den öffentlichen Personennahverkehr können Tabelle 4-17 zwei wichtige Punkte entnommen werden. Der ÖPNV, ob Bahn oder Bus, verursachte 2019 die geringsten CO₂-Emissionen pro Personenkilometer. Außerdem zeigt sich, dass gerade der Nahverkehr mit einer Auslastung von 19 % 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. Satrup ist in dieser Hinsicht nicht direkt handlungsfähig, kann aber Verbesserungsvorschläge erarbeiten. Darüber hinaus sollte bei zentralen Bushaltestellen die Möglichkeit geschaffen werden Fahrräder abzustellen und über mehrere Stunden stehen zu lassen.

Darüber hinaus existiert im Kreis Schleswig-Flensburg das Projekt SMILE24. Das SMILE24 ist ein ÖPNV-Modellprojekt, das bis Ende 2025 läuft und als deutschlandweites Vorbild für Mobilität im ländlichen Raum dienen soll. Es ist ein Angebot an verschiedenen Verkehrsmitteln und soll die Nutzer jederzeit mobil machen, ganz ohne eigenes Auto. SMILE24 steht für Schlei-Mobilität und bedeutet innovativ, ländlich, emissionsfrei und dies 24/7. Das Projekt wird in der Schlei-Region zwischen den Kreisen Schleswig-Flensburg und Rendsburg-Eckernförde in Schleswig-Holstein durchgeführt. Das Projekt setzt sich zusammen aus elektrischen Expressbussen, welche entlang der Hauptlinien zwischen Kappeln, Schleswig und Eckernförde fahren, einem NAH.SHUTTLE-Dienst sowie einem Bikesharing- und Carsharing-Angebot.

Die Carsharing-Angebote in der Region werden erweitert und bieten eine echte Alternative zu privat genutzten Fahrzeugen, die nicht täglich im Einsatz sind. Es gibt flexible Tarife für stunden- oder tageweise Buchungen. Ein Bikesharing-Angebot von Donkey Republic kann an mehr als 50 Stationen in der Region per App ausgeliehen und zurückgegeben werden. Zudem gibt es den NAH.SHUTTLE-Service, der eine Ergänzung zu Bahn und Bus darstellt und dort verfügbar ist, wo Busse selten oder spät in der Nacht fahren (NAH.SH GmbH, 2024).

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes bezieht sich dieses Angebot jedoch noch nicht auf das Amt Mittelangeln und damit auch nicht auf den Ortskern Satrup. Mittelfristig erwägt der Kreis - je nach Auswertung der Projektergebnisse während der Laufzeit und nach Projektende im Dez 2025 - das Projekt auf weitere Gebiete im Kreis auszudehnen.

5 UMSETZUNG

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

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

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

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

5.1 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein zentraler Punkt in jedem energetischen Quartierskonzept und in der nachgelagerten Umsetzung der Maßnahmen. Die Öffentlichkeit in Form von Bewohner_innen des Quartiers, Inhaber_innen großer Liegenschaften, Unternehmen oder wohnungswirtschaftlichen Akteuren und die Gewinnung und Mitnahme dieser ist ein großer Faktor beim Erreichen der gesetzten Ziele.

Wird die Mitnahme der Bevölkerung verfehlt, kann z.B. eine ausreichende Erhöhung des Sanierungsgrad meist nicht erreicht werden. Insbesondere bei der geplanten Errichtung eines Wärmenetzes ist in Satrup die transparente und stetige Kommunikation mit der Öffentlichkeit ein Schlüssel für eine erhöhte Anschlussdichte. Auch die Abstimmung und Ermittlung von möglichen synergetischen Effekten ist hier ein zentrales Thema.

5.1.1 AUFKLÄRUNG UND UNTERSTÜTZUNG DER BEWOHNER_INNEN

Im Umgang mit der Einwohnerschaft ist es oft aufgefallen, dass viele Menschen sich mit der Thematik einer energetischen Sanierung bereits auseinandergesetzt haben, jedoch die monetären Mittel nicht ausreichen oder wenig Wissen über die bestehenden Möglichkeiten vorhanden ist.

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

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

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

Auch das Angebot einer kostenfreien oder kostenreduzierten initialen Energieberatung ist für die erfolgreiche Umsetzung der Arbeit mit der Öffentlichkeit anzusetzen. Diese Maßnahme war im Sanierungsmanagement erfahrungsgemäß eine wirkungsvolle und gut angenommene Methode zur Erreichung der Bevölkerung. Ohne ein Sanierungsmanagement steht hier jedoch die Frage der Finanzierung im Raum. Der eigentliche Zweck einer initialen Energieberatung soll die Aufklärung und das Informieren der fachfremden Personen sein. Hierbei soll die Immobilie in Augenschein genommen werden, Potenziale ermittelt und auf individuelle Fragen eingegangen werden. Hier können Empfehlungen ausgesprochen und Hilfestellung geleistet werden. Auch kann hierdurch ein permanenter Ansprechpartner abgebildet werden, welcher im möglichen Projektverlauf den einzelnen Privatpersonen zur Seite steht.

Aus den Öffentlichkeitsveranstaltungen ging hervor, dass bei Bewohnenden des Quartiers ein Anschlussbegehren an ein Fernwärmenetz vorhanden ist. Die Rolle der Personen, welche eine Umsetzung anstreben, liegt in der Fördermittelbeschaffung aber auch in der vermittelnden Rolle zwischen Privatperson und zukünftigen Anlagenbetreibern. Es geht darum Unsicherheiten aus dem Weg zu räumen und Fragen zu klären. Diese vermittelnde Rolle zwischen zentralen Akteuren und den Bewohner_innen des Quartiers muss als Aufgabe verstanden, kommuniziert und gewissenhaft ausgeführt werden.

5.1.2 UNTERSTÜTZUNG DER ENERGIEVERSORGER

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

5.1.3 BAUSTEINE DER ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

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

Lenkungsgruppe

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

Informationsveranstaltungen

Veranstaltungen für die breite Öffentlichkeit sind wichtig, um die Bevölkerung zu informieren, über Projektverläufe aufzuklären und einen Raum für Fragen, Bedenken und Kritik zu schaffen. Hier soll wieder die Transparenz und Mitnahme der Privatpersonen hervorgehoben werden.

Pressemitteilungen

Mitteilungen in der lokalen Presse sind für die Ankündigung von Veranstaltungen von großer Bedeutung. Zu Beginn des Projektes sollte die lokale Presse gesichtet und die entsprechenden Ansprechpartner_innen ermittelt werden. Im Quartier Satrup gibt es beispielsweise die Mittelangelner Rundschau. Dieses Blatt kann genutzt werden, um Informationen und Ankündigungen an die Bevölkerung zu vermitteln. Die Teilnahme an Öffentlichkeitsveranstaltungen hat gezeigt, dass jedoch auch andere Medien genutzt werden sollten, um den Informationsfluss aufrecht zu halten.

Flugblätter

Da in der heutigen Zeit viele Menschen die Zeitungen gar nicht oder nicht zur Gänze lesen ist die Verteilung von Flugblättern oder Broschüren ein effektives Mittel um die Aufmerksamkeit der Bürger_innen zu erhalten. Hier können Ankündigungen gemacht oder allgemein informiert werden. Im Rahmen des Quartierskonzepts haben sich Flugblätter als effektives Mittel bewehrt. Durch die Größe des Quartiers ist die Verteilung von Flugblättern mit einem hohen Aufwand verbunden. Das Beilegen zur Zeitung oder das Verteilen durch Zeitungsausträger_innen sollte der Weg der Wahl sein.

Beschilderung

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

Beratung

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

Soziale Medien

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

5.2 CONTROLLING-KONZEPT

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

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

5.2.1 GEBÄUDESANIERUNG & HEIZUNGSAUSTAUSSCH

Eine lückenlose Kontrolle des Sanierungsfortschritts im Quartier ist nicht einfach umzusetzen. Ein Indikator für den fortschreitenden Sanierungserfolg können u.a. die im Quartier installierten Anlagen zur Wärmeerzeugung sein. Diese können über den Schornsteinfeger erfasst und jährlich verglichen werden. Aus der Art des Brennstoffs und der Leistung der Anlagen lassen sich Rückschlüsse auf die CO₂-Einsparung durch die energetische Gebäudesanierung ziehen.

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

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

5.2.2 WÄRMENETZ

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

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

5.2.3 STROM

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

5.2.4 MOBILITÄT

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

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

5.3 UMSETZUNGHEMMNISSE

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

5.3.1 ENERGETISCHE SANIERUNG

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

Persönliche Hemmnisse

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

Finanzielle Hemmnisse

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

Bauliche Hemmnisse

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

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

Überwindungsmöglichkeiten

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

5.3.2 WÄRMENETZ

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

Persönliche Hemmnisse

- Akzeptanz
- Angst vor starken Preissteigerungen in der Zukunft (Abhängigkeit vom Betreibenden des Netzes), welche stark durch die tatsächlich hohen Preissteigerungen bei vorwiegend fossil betriebenen Netzen zu Beginn des Ukraine Konfliktes gefördert wurde
- Investitionskosten für den Anschluss an das Wärmenetz
- Vorurteile gegenüber neuen Technologien
- Fehlendes Interesse am Thema – Kein ausreichendes Verständnis für die Funktion eines Wärmenetzes und als Folge Angst um Versorgungssicherheit
- Fehlendes Umweltbewusstsein
- Unterschätzung des finanziellen Einsparpotenzials bei hoher Anschlussquote

Sonstige Hemmnisse

- Investitionskosten für die Erweiterung des Wärmenetzes
- Bei geringen Anschlussquoten können Kostensteigerungen bei Investitionen oder dem Energieeinkauf zu einer Unwirtschaftlichkeit des Wärmenetzes führen
- Es findet sich kein passender Standort für Heizzentrale (Sollte kein passender Standort in der Nähe der Gemeinde gefunden werden, kann eine lange Zuleitung die Vollkosten des Netzes erhöhen)
- Es kommt zu keiner Einigung mit Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen (zur Versorgung des Wärmenetzes mit EE-Strom).
- Die Errichtung eigener regenerativer Stromquellen kann auf Grund von Flächenverfügbarkeit oder anderen Faktoren nicht umgesetzt werden.
- Die Rohrdimensionen des Bestandsnetz lassen keine flächendeckende Erweiterung bzw. Nachverdichtung zu.
- Die Betreibergesellschaft strebt in der näheren Zukunft keine Quartiersumfassende Erweiterung des Netzes an.

Überwindungsmöglichkeiten

- Die Aufklärungsmöglichkeiten über eine mögliche Wärmenetzplanung stellt einen wichtigen Teil bei der Überwindung der vorgestellten Hemmnisse dar. Über Informationsaushänge, Kampagnen und Infoabende kann den Anwohnenden die Unsicherheit bei dem Thema genommen werden und so die Akzeptanz erhöht werden.
- Darüber hinaus kann sich die Gemeinde in einem frühen Stadium der Projektentwicklung mit öffentlichen Liegenschaften für einen Anschluss an das Wärmenetz entscheiden und sich bestenfalls an einer möglichen Betreibergesellschaft beteiligen. So wird eine entsprechende Signalwirkung innerhalb der Gemeinde erzeugt. Zusätzlich kann durch eine Beteiligung an der Betreibergesellschaft ein nachhaltiger und für die Anschlussnehmer fairer Betrieb des Wärmenetzes gewährleistet werden.

- Dafür sollte direkt mit Beginn einer Wärmenetzplanung der Austausch mit Flächeneigentümern und Betreibern von Wind- oder PV-Anlagen in der Umgebung begonnen werden.
- Einbindung von Förderprogrammen und Zuschüssen
- Erneuerung und Verstärkung des Bestandsnetzes in besonders kritischen Bereichen
- Gespräche mit alternativen Betreibern oder Energiegenossenschaften, die an einer Erweiterung interessiert sind.
- Förderung von Eigeninitiativen, wie z.B. durch Gründung von Bürgerenergieprojekten
- Erstellung eines Transformationsplans zum Aufzeigen von wirtschaftlichen und zukunftsfähigen Ausbaumöglichkeiten

5.3.3 STROM

Folgende Hemmnisse sind bei der Stromversorgung im Quartier Satrup wesentlich:

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

5.3.4 MOBILITÄT

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

Individueller Personenkraftverkehr

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

ÖPNV

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

Carsharing (Dörpsmobil)

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

5.3.5 ALLGEMEINE HEMMNISSE

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

5.4 SANIERUNGSMANAGEMENT

Das Sanierungsmanagement sollte im direkten Anschluss an die Fertigstellung dieses Konzeptes zur Begleitung der Umsetzung und detaillierten Ausarbeitung der formulierten Maßnahmen starten, um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen. Wie bereits beschrieben wird es in der näheren Zukunft kein gefördertes Sanierungsmanagement geben. Die konkrete Umsetzung der im Quartierskonzept erarbeiteten Maßnahmen ist dadurch gefährdet. Für die Umsetzung ist die Gemeinde nun auf aktive und engagierte Akteure angewiesen, die nach der Beendigung des Quartierskonzeptes weiter machen und die Dekarbonisierung der Gemeinde Mittelangeln vorantreiben.

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

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

5.5 UMSETZUNGSPLAN

Im Folgenden wird ein detaillierter Umsetzungsplan definiert, der die Maßnahmen, deren Priorität und die zuständigen Akteure sowie einen Zeitplan enthält. Die Priorität wird durch die Darstellung von Bäumen beschrieben, wobei drei Bäume die höchste Priorität darstellen und ein Baum die niedrigste. Maßnahmen im Wärmebereich werden aufgrund des hohen Einsparpotenzials ausschließlich mit der höchsten Priorität versehen. Die Sanierung von Wohngebäuden sowie die Sanierung und Nachverdichtung im bestehenden Wärmenetz sind Maßnahmen mit höchster Priorität, aber auch die Beratung und Begleitung bei der Umsetzung von erneuerbaren dezentralen Heizungsvarianten ist ein zentraler Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität in Satrup. Wesentliche Bestandteile dieser Maßnahme sind die Unterstützung bei der Fördermittelakquise und die Durchführung von Informationsveranstaltungen. Hierbei werden vor allem auch die Bewohner_innen der nicht im Ortskern liegenden Randsiedlungen auf dem Weg zur Klimaneutralität unterstützt.

Tabelle 5-1: Umsetzungsplan - Wärme

Nr.	Maßnahme	Akteure	Zeitraum	Priorität
Wärme				
1.	Zentrale Wärmeversorgung <ul style="list-style-type: none"> Sanierung der Bestandswärmenetze Umstellung der Wärmeerzeugung auf 100 % erneuerbare Wärmeerzeugung Nachverdichtung Wärmenetz Fördermittelakquise Informationsveranstaltungen und Aufklärungskampagnen zum Thema Wärmenetze 	Betreiber Betreiber Betreiber Betreiber / Beratungsunternehmen Betreiber / Gemeinde	ab 1. Halbjahr 2025 ab 2. Halbjahr 2025 ab 1. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2024 fortlaufend	
2.	Einzelversorgungslösungen <ul style="list-style-type: none"> Dezentrale Wärmeversorgungslösungen Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen Unterstützung bei Fördermittelakquise und Umsetzung 	Planungsbüro Planungsbüro / Gemeinde Eigentümer / Bauunternehmen	fortlaufend	
3.	Sanierung Wohngebäude <ul style="list-style-type: none"> Kostenlose initiale und individuelle Beratungsangebote für Bewohner_innen Unterstützung bei der Fördermittelakquise Dokumentation der Beratungen als Monitoring-Tool Informationsveranstaltungen 	Eigentümer / Bauunternehmen Eigentümer / Bauunternehmen Gemeinde / Beratungsunternehmen 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, Bauunternehmen	2. Halbjahr 2024 ab 2. Halbjahr 2024 ab 2. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2024 – 2. Halbjahr 2027	
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	1. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025 2. Halbjahr 2025	
6.	PV-Dachanlagen & Speichertechnologien für Einzellösung <ul style="list-style-type: none"> Ergänzend zu Nummer 3 Unterstützung bei Eigenversorgungs-lösungen 	Planungsbüro Planungsbüro, Bauunternehmen	fortlaufend	

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

Tabelle 5-3: Umsetzungsplan - Mobilität & Städteplanung

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

6 LITERATURVERZEICHNIS

ADFC, 2020. *Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club - Förderung kommunaler Radverkehrsinfrastruktur*, s.l.: s.n.

Amt Mittelangeln, 2024. *Bekanntmachung 18. Änderung des Flächennutzungsplanes*, Satrup: s.n.

Anon., 2023. *Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 04. Januar 2023*. s.l.:s.n.

Anon., 2024. *DA Nord*. [Online]

Available at: <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Anonym/index.html?lang=de#/>

Ariadne-Report, 2021. *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich gerechnet*, s.l.: s.n.

BAFA, 2022. *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): EU Kommission genehmigt Förderung von grünen Fernwärmenetzen*, s.l.: s.n.

BCS Gruppe, 2022. *Vorbereitende Untersuchung (VU) & Integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept (IEK)*, Mittelangeln: s.n.

BDEW, 2016. *Leitfaden - Abwicklung von Standardlastprofilen Gas*. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft.

BGW, B. d. d. G.-. u. W., 2006. *Anwendung von Standardlastprofilen zur Belieferung nicht-leistungsgemessener Kunden*. Berlin und Brüssel: wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH.

BMDV, 2018. *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - Mobilität in Deutschland*, s.l.: s.n.

BMDV, 2024. *Bundesministerium für Digitales und Verkehr - Sicherheit und Attraktivität des Fußverkehrs*. [Online]

Available at: <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Fussverkehr/fussverkehr.html>

BMKW, 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: s.n.

BMW i, 2021. *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklungen und Trends in Deutschland 2021*, s.l.: s.n.

BMWK, 2023. *Bundesministerium für Wirtschaft und Klima*. [Online]

Available at: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=6

BNetzA, 2023. *Marktstammdatenregister*. [Online]

Available at: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Startseite/>

Böhm, T. d. W. E. P., 2022. [Online]

Available at: <https://buel.bmel.de/index.php/buel/article/view/421/644>

Bundesnetzagentur, 2023. *Anzulegende Werte für Solaranlagen November 2021 bis Januar 2022*. s.l.:s.n.

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2021. *BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2021*, s.l.: s.n.

C.A.R.M.E.N e.V., 2022. *EEG 2023: Neue Vergütungssätze für Photovoltaik gelten ab 30. Juli 2022*, s.l.: s.n.

C.A.R.M.E.N e.V., 2022. *Heizungsmodernisierung - ein Kostenvergleich*, s.l.: s.n.

C.A.R.M.E.N e.V., 2023. *Freiflächen-Photovoltaikanlagen Leitfaden*, Straubing: s.n.

Dörpsmobil SH, 2020. *Ein Leitfaden für elektromobiles Carsharing im ländlichen Raum*, s.l.: s.n.

Fraunhofer ISE, 2020. *PVT - Status Quo für den Anwendermarkt*, s.l.: s.n.

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, 2022. *Neuere Plug-in Hybridfahrzeuge weichen beim Kraftstoffverbrauch noch stärker von Testzyklen ab als frühere Modelle*. [Online] Available at: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2022/presseinfo-16-Kraftstoffverbrauch-Plug-in-Hybridfahrzeuge.html>

Frischknecht, R. et al., 2012. *Primärenergiefaktoren von Energiesystemen*. s.l.:s.n.

GEG, 2022. *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)*, s.l.: s.n.

GeoBasis-DE/LVermGeo SH, BKG, 2024. [Online].

ifeu, 2014. *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*, Heidelberg: s.n.

Kleinertz, B. F. T. u. R. S., 2019. *Vergleich und Bewertung verschiedener Speicherkonzepte für Nahwärmenetze der 4. Generation*. s.l.:s.n.

Kraftfahrt-Bundesamt, 2023. s.l.: s.n.

Kraftfahrt-Bundesamt, 2024. s.l.: s.n.

Meteonorm, 2024. <https://meteonorm.com/meteonorm-version-8>. [Online].

Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein, 2024. *Umweltportal*. [Online]

Available at: https://umweltportal.schleswig-holstein.de/kartendienste;jsessionid=16458C8EDEEB9A24D83710BBDF89EBF1?lang=de&topic=thland&bgLayer=sgx_geodatenzentrum_de_de_basemapde_web_raster_grau_DE_EPSG_25832_ADV&E=539280.01&N=6060841.94&zoom=10&layers_opacity=d939045

Ministerium für Inneres, I. R. I. u. G., 2022. *Teilaufstellung des Regionalplans für den Planungsraum II. Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. [Online]

Available at: https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/L/landesplanung_raumordnung/raumordnungsplaene/raumordnungsplaene_wind/fh_teilfortschreibung_lep_wind_RP2.html#doc81d469bb-9c93-438e-aa36-fd73d7750240bodyText2

Ministerium für Inneres, I. R. I. u. G. d. L. S.-H. L., kein Datum *Regionalplans für den Planungsraum II in Schleswig-Holstein Kapitel 5.7 (Windenergie an Land)*. s.l.:s.n.

Ministerium für Umwelt, K. u. E. B.-W., 2019. *Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden*. Stuttgart: s.n.

Ministeriums für Inneres, I. R. I. u. G. u. d. M. f. E. L. U. N. u. D., 2021. *Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich.* [Online]
Available at: [Grundsätze zur Planung von großflächigen Solar-Freiflächenanlagen im Außenbereich.](#)

NAH.SH GmbH, 2024. *SMILE24.* [Online]
Available at: <https://smile24.nah.sh/>

Schleswig-Holsteinische Landgesellschaft mbH, 1998. *Amt Mittelangeln.* [Online]
Available at: <https://www.amt-mittelangeln.de/seite/323884/bauleitpl%C3%A4ne-im-verfahren.html>

Solarthermalworld, 2021. s.l.: s.n.

Statista, 2022. s.l.: s.n.

TGA-Praxis, 2022. *PVT-Wärmepumpensysteme für Mehrfamilienhäuser,* s.l.: s.n.

UBA, 2021. *Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland,* s.l.: s.n.

Uhland, T. S. J. u. V. M., 2020. *energieagentur-suedwest.* [Online]
Available at: https://www.energieagentur-suedwest.de/files/2020_05_solar_cluster_bw_pv-netzwerk_photovoltaik_in_kommunen_-_broschuere_online_final.pdf

Umweltbundesamt, 2021. *Radverkehr,* s.l.: s.n.

Umweltbundesamt, 2022. *CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe.* [Online]
Available at:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/cc_28-2022_emissionsfaktoren-brennstoffe_bf.pdf

Umweltbundesamt, 2024. *Energieeffizienz in Zahlen - Entwicklung und Trends in Deutschland 2023,* s.l.: s.n.

Umweltbundesamt, 2024. *Erneuerbare Energien in Deutschland 2023.* [Online]
Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erneuerbare-energien-in-deutschland-2023>
[Zugriff am 27 März 2023].

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

wegatech, 2024. *Photovoltaik Ertrag – Die wichtigsten Einflussfaktoren im Überblick.* [Online]
Available at: <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/ertrag/>
[Zugriff am 2022].

Wirth, D. H., 2023. *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland,* Freiburg: s.n.