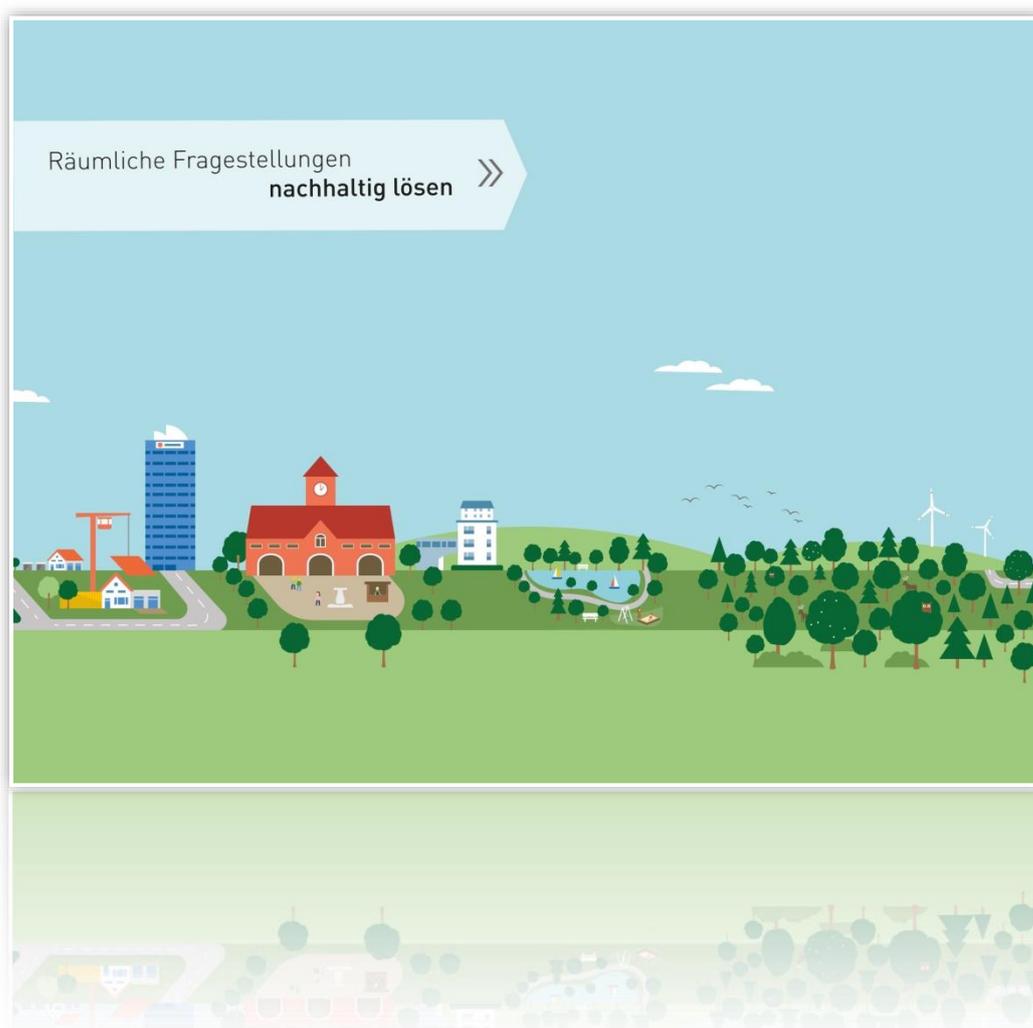




# Kommunale Wärmeplanung Inselgemeinde Langeoog



**Herausgeber:**

Inselgemeinde Langeoog

Hauptstraße 28

26465 Langeoog

Autoren**IP SYSCON GmbH**

Tiestestraße 16-18

30171 Hannover



Wärmeplan Landkreis Wittmund:

Dr. Dorothea Ludwig

M.Sc.-Ing. Anja Tegeler

M.Sc. Janine Wagenfeld

M.Eng. Eike Bronn

Anpassungen Wärmeplan Kommunen:

M.Sc. Lucas Bender

**EKP Energie. Klima. Plan. GmbH**

Senator Wagner Weg 4

49088 Osnabrück



Dipl.-Geogr. Anja Neuwöhner

Dipl.-Ing. Detlef Vagelpohl M. A.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>7</b>
<b>I Einführung</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Zielvorstellungen</b> .....	<b>8</b>
1.1 Internationale und nationale Klimaschutzziele .....	8
1.2 Anpassungen der kommunalen Wärmeplanung des Landkreises Wittmund .....	9
1.3 Ausgangssituation Klimaschutz.....	9
<b>2 Aufbau</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Methoden</b> .....	<b>10</b>
3.1 Bestandsanalyse .....	10
3.1.1 Energie- und Treibhausgasbilanz .....	10
3.1.2 Gebäudescharfe Erfassung und Aufbereitung des Wärmebedarfs 15	
3.2 Potenzialanalyse und Klimaschuttszenario .....	17
<b>II Bestandsanalyse</b> .....	<b>21</b>
<b>4 Die Inselgemeinde Langeoog im Überblick</b> .....	<b>21</b>
4.1 Beschreibung der Inselgemeinde Langeoog.....	21
4.1.1 Aktuelle Wohnstatistik .....	22
<b>5 Energie- und Treibhausgasbilanz</b> .....	<b>24</b>
5.1 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen Ist-Zustand.....	24
5.2 Endenergiebedarf Ist-Zustand.....	24
5.3 Bereitstellung Endenergie Ist-Zustand.....	25
5.4 Treibhausgasbilanzierung Ist-Zustand .....	26
<b>6 Erfassung und räumliche Darstellung des aktuellen Energieverbrauchs auf Straßenebene</b> .....	<b>27</b>
6.1 Darstellung in den Geodaten .....	27
6.2 Leitungsgebundene                      und                      nicht-leitungsgebundene Energieträger .....	29

<b>7 Gebäudescharfe Erfassung und Aufbereitung des Wärmebedarfs .....</b>	<b>30</b>
7.1 Ergebnisse .....	30
<b>III Potenzialanalyse .....</b>	<b>34</b>
<b>8 Statistische Raumanalyse .....</b>	<b>34</b>
<b>9 Potenzielle Erneuerbarer Energieerzeugung .....</b>	<b>36</b>
<b>9.1 Solar .....</b>	<b>36</b>
9.1.1 Methodik der GIS-Analyse .....	36
9.1.2 Ergebnisse .....	37
<b>9.2 Windkraft.....</b>	<b>39</b>
9.2.1 Methodik der GIS-Analyse .....	39
9.2.2 Ergebnis der Potenzialanalyse für Windkraft .....	40
<b>9.3 Wasserkraft .....</b>	<b>43</b>
<b>9.4 Geothermie und Umweltwärme .....</b>	<b>43</b>
9.4.1 Erdwärmesonden .....	43
9.4.2 Erdwärmekollektoren .....	45
9.4.3 Geothermiepotenzialanalyse .....	45
9.4.4 Berechnung der potenziellen Wärmeerträge für Erdwärmesonden und -kollektoren.....	49
9.4.5 Ergebnis der Geothermiepotenzialanalyse .....	50
<b>9.5 Biomasse und KWK-Technologie .....</b>	<b>53</b>
9.5.1 Methodik der GIS-gestützten Analyse .....	53
9.5.2 Ergebnisse .....	54
<b>9.6 Abwasserwärme.....</b>	<b>55</b>
<b>9.7 Industrielle Abwärme .....</b>	<b>56</b>
9.7.1 Einordnung der Betriebe im Landkreis Wittmund im Niedersächsischen Vergleich .....	56
9.7.2 Methodik der Abwärmeerfassung .....	57
9.7.3 Ergebnisse .....	59
<b>9.8 Räumlicher Abgleich zwischen Potenzial und Bedarf .....</b>	<b>59</b>
9.8.1 Geothermie.....	59

9.8.2 Solarthermie .....	61
<b>10 Einsparpotenziale .....</b>	<b>65</b>
<b>10.1 Strom .....</b>	<b>66</b>
<b>10.2 Wärme .....</b>	<b>66</b>
10.2.1 Einsparpotenzial statistische Analyse .....	66
10.2.2 Einsparpotenzial GIS-Analyse .....	68
<b>IV Szenario.....</b>	<b>71</b>
<b>11 Klimaschutzszenarien für die Inselgemeinde Langeoog</b>	<b>71</b>
<b>11.1 Trendszenario .....</b>	<b>71</b>
<b>11.2 Klimaschutzszenario .....</b>	<b>73</b>
11.2.1 Klimaschutzszenario der Endenergie (gesamt) .....	74
11.2.2 Klimaschutzszenario der THG-Emissionen (gesamt) .....	75
11.2.3 Vergleich Klimaschutz- und Trendszenario .....	76
<b>11.3 Klimaschutz- und Wärmestrategien.....</b>	<b>77</b>
11.3.1 Klimaschutzstrategie Strom .....	77
11.3.2 Klimaschutzstrategie Wärme .....	80
<b>V Verstetigungsstrategie .....</b>	<b>85</b>
<b>12 Verstetigungsstrategie .....</b>	<b>85</b>
<b>13 Maßnahmenentwicklung.....</b>	<b>86</b>
<b>13.1 Maßnahmenkatalog .....</b>	<b>86</b>
<b>13.2 Darstellung der räumlich empfohlenen Versorgungslösung .</b>	<b>87</b>
<b>13.3 Ausweisung von Fokusgebieten .....</b>	<b>90</b>
<b>13.4 Adaptierung der Ergebnisse in die Raumordnung .....</b>	<b>92</b>
13.4.1 Grundsatz zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen	92
13.4.2 Solarenergienutzung auf und an Bauwerken .....	92
13.4.3 Solarenergienutzung auf Freiflächen .....	92
13.4.4 Photovoltaik-Freiflächenanlagen .....	93
13.4.5 Solarthermie-Freiflächenanlagen .....	93

13.4.6	Erdwärmennutzung (oberflächennahe Geothermie) .....	94
13.4.7	Abwärmepotenziale .....	94
13.4.8	Begrünung auf und an Bauwerken .....	94
<b>14</b>	<b>Monitoring- und Controlling-Konzept.....</b>	<b>95</b>
<b>15</b>	<b>Kommunikationsstrategie .....</b>	<b>97</b>
15.1	Klimaschutzmanagement .....	97
15.2	Netzwerkmanagement .....	97
15.3	Vorbildfunktion der Verwaltung .....	98
15.4	Öffentlichkeitsarbeit und zielgruppen- Ansprache .....	spezifische 99
<b>VI</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>102</b>
<b>16</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>103</b>
16.1	Anlagenband Überblick .....	103
16.2	Maßnahmen .....	104
16.3	Steckbriefe der Fokusgebiete .....	111
16.4	Quellenverzeichnis .....	117
16.5	Verzeichnis der Abbildungen .....	122
16.6	Verzeichnis der Tabellen .....	124
16.7	Verzeichnis der Abkürzungen .....	125
16.8	Verzeichnis der Geodaten.....	129
16.8.1	Datenliste.....	129
16.8.2	Metadaten .....	130

# Vorwort

# I Einführung

## 1 Zielvorstellungen

### 1.1 Internationale und nationale Klimaschutzziele

Sowohl auf globaler Ebene (Pariser Abkommen, 2015) als auch auf europäischer Ebene (European Green Deal, 2019) wird das gemeinsame Ziel verfolgt, bis zum Jahr 2045 bzw. 2050 weitestgehend klimaneutral zu werden. Es geht darum, dem von Menschen verursachten Anteil der globalen Erwärmung entgegenzuwirken. Damit soll erreicht werden, die stattfindende globale Erderwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen.

Auf nationaler Ebene hat die Bundesregierung den Weg zur Klimaneutralität im Klimaschutzgesetz 2019 normiert. Im Vergleich zu 1990 sollen in Deutschland bis zum Jahr 2050 mindestens 80 bis 95 Prozent weniger Treibhausgase (THG) emittiert werden. In dem sogenannten deutschen „Klimaschutzplan 2050“ sind darüber hinaus notwendige Emissionsminderungen für die Sektoren „private Haushalte“, „Industrie sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ und „Mobilität“ festgelegt.

In Reaktion auf das Urteil des Bundesverfassungsgerichtes und mit Blick auf das neue europäische Klimaziel 2030 legt die Bundesregierung im Mai 2021 ein Klimaschutzgesetz 2021 vor, in dem die Klimaschutzziele nochmals angehoben wurden und das Zieljahr der Klimaneutralität auf 2045 gesetzt wurde.

Die Bundesregierung sieht Klimaschutz als gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Ergänzend zu den legislativen Instrumenten fördert das Bundesumweltministerium daher seit 2008 zahlreiche Projekte im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative. Projekte sollen dazu dienen, bestehende Hemmnisse und Informationsdefizite abzubauen, Energie effizienter zu nutzen und dadurch Emissionen zu mindern. Finanziert wird diese Initiative aus Haushaltsmitteln und seit 2012 aus dem Energie- und Klimafonds (Sondervermögen aus allen Erlösen des Emissionshandels für Klimaschutzmaßnahmen in Deutschland).

Ein wichtiger Impuls wird innerhalb der nationalen Klimaschutzinitiative durch Förderung von Konzepten zum Klimaschutz und zur kommunalen Wärmeplanung auf regionaler Ebene gesetzt. Hiermit lassen sich lokale Potenziale und Perspektiven ermitteln und zu konkreten Maßnahmen zusammenstellen, die dann zur Steigerung der Energieeffizienz und intensiveren Nutzung regenerativer Energien führen (PTJ 2014).

Das Land Niedersachsen hat am 09.12.2020 ein eigenes Klimagesetz verabschiedet. Darin wird unter anderem festgelegt, bis zum Jahr 2050 klimaneutral zu werden. Eine Aktualisierung Ende 2023 verschärfte dieses Ziel noch einmal und setzte eine Klimaneutralität bis 2045 an. Da der Wärmebereich einen bedeutenden Teil der Emissionen ausmacht, wurden für diesen Ziele gesetzt und mit dem Wärmeplan ein strategisches Planungsinstrument gesetzlich implementiert, um diese Ziele zu erreichen (vgl. NKlimaG § 20).

Vor dem Hintergrund bestehender energie- und klimapolitischer Zielsetzungen haben Kommunen bei der Realisierung eine besondere Bedeutung. Die Gemeinden und Landkreise üben im Bereich Klimaschutz und Energieeffizienz eine Vorbildfunktion für ihre EinwohnerInnen aus und können die Rahmenbedingungen für die auf ihrer Gemarkung verursachten Treibhausgas-Emissionen maßgeblich mitgestalten.

## 1.2 Anpassungen der kommunalen Wärmeplanung des Landkreises Wittmund

Das hier vorliegende Konzept orientiert sich an der Erreichung der Klimaschutzziele und den Vorgaben zu kommunalen Wärmeplänen. Es baut dabei auf dem für den gesamten Landkreis vorliegendem Wärmeplan von 2022 auf und überträgt diesen auf die Kommunen im Landkreis. Dabei wurden teilweise die Ergebnisse des bisherigen Konzepts übernommen, teilweise neue Kommunenscharfe Auswertungen und Ergebnisse erhoben und ausgewertet. Im weiteren Verlauf wurden außerdem Maßnahmen für die kommunale Wärmeplanung ausgewiesen.

Der Entwicklung lokaler Klimaschutzziele für die Inselgemeinde Langeoog wurden als Rahmenbedingungen die Energie- und THG-Bilanzierung (vgl. Kapitel 0), die sektorspezifischen Potenzialermittlungen (vgl. Kapitel 9) sowie das Maßnahmenprogramm zugrunde gelegt. Im Rahmen der Konzepterarbeitung wurden Annahmen getroffen und damit die Reduktionsziele der Inselgemeinde Langeoog gesetzt (vgl. auch Kapitel 10). Die flankierenden Maßnahmen zur Zielerreichung wurden zu einem Katalog zusammengestellt. Der Katalog bietet eine grobe zeitliche Richtschnur im Bereich der Maßnahmen mit kurzfristig und mittelfristig geplantem Beginn. Aufgrund der Strukturen in der Inselgemeinde Langeoog können die THG-Emissionen nicht beliebig minimiert werden. Klimaschutzziele müssen sich daher in einem realistischen Rahmen bewegen, da man vor Ort nur einen Teil der übergeordneten Klimaschutzziele selbst beeinflussen kann. Die Ziele sollten dennoch das maximal Mögliche anstreben.

## 1.3 Ausgangssituation Klimaschutz

Der anthropogene Klimawandel bewirkt mittelfristig vor allem häufigere und längere Hitzeperioden, Dürren, vermehrte Starkregenereignisse und Überschwemmungen sowie eine grundsätzliche Destabilisierung des Wettergeschehens. Langfristig wird der Meeresspiegel ansteigen und damit das Leben und Wirtschaften aller Menschen tiefgreifend beeinflusst. Verursacht wird der Klimawandel durch einen hohen Verbrauch an Ressourcen und damit einhergehenden Treibhausgas (THG)-Emissionen, zu dem die industrialisierten Staaten in besonderem Maße beitragen. Die folgende Grafik (Abbildung 1-1) visualisiert die Durchschnittstemperatur für Deutschland zwischen 1881 und 2017; jeder Streifen steht für ein Jahr.

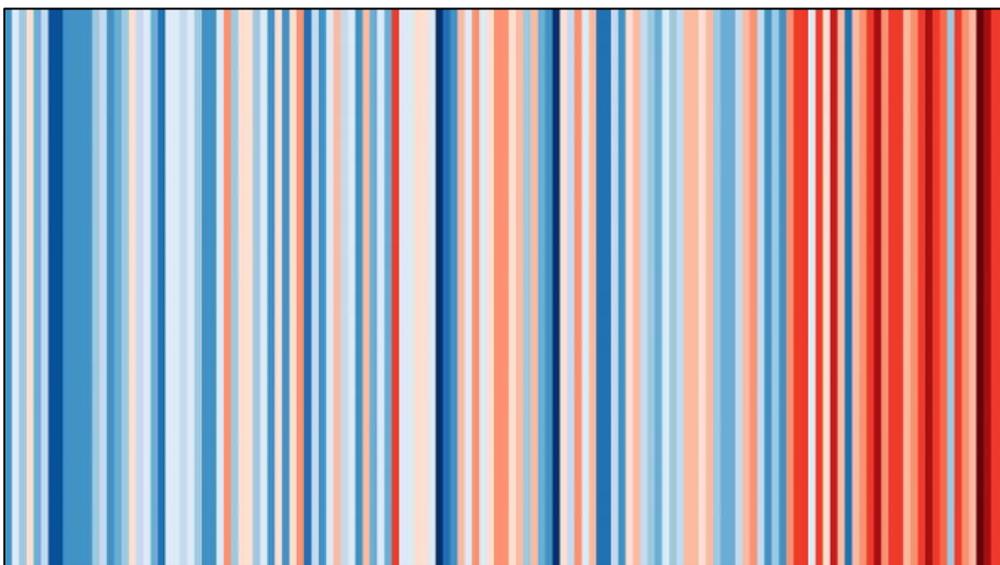


Abbildung 1-1: Mittlere Lufttemperatur Deutschlands dargestellt als Temperaturstreifen nach einer Idee von Ed Hawkins (Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD))

## 2 Aufbau

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in insgesamt sechs Abschnitte. In der Einführung werden die Zielvorstellungen dieser Arbeit sowie die angewandten Methoden vorgestellt. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse der Bestandsanalyse und der Energie- und Treibhausgasbilanz sowie der gebäudescharfen Erfassung des Wärmebedarfs für die Inselgemeinde Langeoog aufgeführt und erläutert. Abschnitt drei beschäftigt sich mit der Analyse der Potenziale zur nachhaltigen Energie- und Wärmeerzeugung, sowie der Auswertung der Ergebnisse aus der Wärmebedarfskarte. In Abschnitt vier werden Szenarien der Strom- und Wärmeversorgung vorgestellt. Der fünfte Abschnitt beschäftigt sich mit der Verstetigungsstrategie. Im letzten Abschnitt werden die Maßnahmen näher beschrieben und die Fokusgebiete beschrieben.

## 3 Methoden

Innerhalb dieses Kapitels werden die angewandten Methoden der verschiedenen Geo- und Berechnungsanalyse beschrieben.

### 3.1 Bestandsanalyse

Neben der Methodenbeschreibung zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung sind die methodische Vorgehensweise der Erfassung und räumlichen Darstellung des aktuellen Energieverbrauchs auf Straßenebene sowie die gebäudescharfe Erfassung und Aufbereitung des Wärmebedarfs erläutert.

#### 3.1.1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Der Begriff Energie- und Treibhausgasbilanz wird, abweichend von der wirtschaftswissenschaftlichen Verwendung für das Wort Bilanz, immer für einen bestimmten Zeitraum verwendet, nämlich für ein Kalenderjahr. Für ein Bilanzjahr werden alle verbrauchten und erzeugten Energien und die zugehörigen Emissionen erhoben und bilanziert. Die berechnete Endenergie ist der Anteil, der nach Erzeugungs- und Netzverlusten von der Primärenergie übrigbleibt und beim Endverbraucher ankommt.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz erfasst den jeweiligen Energieverbrauch und die Treibhausgas-Emissionen (in der Einheit CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>e)) in allen klimarelevanten Bereichen und gliedert sie nach Verursachern und Energieträgern. In einem ersten Schritt wird der Ist-Zustand für das Jahr mit bestmöglicher Datenverfügbarkeit analysiert (2019). Es ergibt sich die Darstellung des Endenergieverbrauchs und der Energieerzeugung. Dies erfolgt im Kontext der Betrachtung der lokalen Gegebenheiten und territorial. Die Darstellung erfolgt detailliert und fortschreibbar. Die erhobenen Daten sind auch in anderen Bereichen nutzbar (weitere Konzepte, Energiemanagement-Softwarelösungen wie beispielsweise ECOSPEED Region, Klimaschutz-Planer etc.).

Basis der Bilanzen und der weiteren Analyse sind die Erfassung und Dokumentation der Datenbestände zur Flächennutzung und Siedlungsstruktur, zur Demografie, zur Wirtschafts- und Beschäftigtenstruktur, zur Mobilität, zur energierelevanten Infrastruktur und zu den bestehenden Erneuerbaren Energieanlagen.

Die THG-Bilanz wird aus der Energiebilanz und den entsprechenden Vorketten über die Anwendung des Globalen Emissions-Modells integrierter Systeme (GEMIS) erstellt (IINAS). Die Emissionen aus den vorgelagerten Energieumwandlungsketten werden nach dem

Lebenszyklusansatz (LCA-Faktoren) berücksichtigt. Das heißt, die ermittelten THG-Emissionen berücksichtigen die gesamte Vorkette, von der Gewinnung der Primärenergieträger über die Bereitstellung und ggf. nötige Umwandlungsschritte bis zum Verbrauch als Endenergie beim Kunden. Die Emissionen werden nach dem Verursacherprinzip dem Endverbraucher zugerechnet. So können für die Inselgemeinde Langeoog genau die nach der Inanspruchnahme von Ressourcen verursachten Emissionen bilanziert werden.

Da sich sowohl die Energieerzeugungsprozesse als auch der Transport und die Herstellungsprozesse mit der Zeit ändern, sind auch die Emissionsfaktoren, welche die Menge der Emissionen je erzeugter Kilowattstunde (kWh) beschreiben, zeitlich veränderlich. Aus diesem Grunde werden die Emissionsfaktoren aller Energieerzeugungsprozesse im Energiemix für verschiedene Zeiträume angegeben und regelmäßig neu berechnet. Den Veränderungen des Energiemixes in der Inselgemeinde Langeoog bis 2040 wird in den THG-Szenarien Rechnung getragen. Gravierend sind diese Veränderungen, wenn beim Ausbau der Erneuerbaren Energien Energieerzeugungsprozesse mit hohen Emissionen durch Prozesse mit geringen Emissionen ersetzt werden. Aus diesem Grund müssen der Energiemix und die damit verbundenen Emissionen für jedes Jahr neu bestimmt werden. Die THG-Bilanzierungsmethodik folgt dabei der Erstellung des „Masterplan 100 % Klimaschutz“, welche in Zusammenarbeit mit dem Planungsbüro Graw für den Landkreis Osnabrück entwickelt wurde (LK OS 2014) und für die Stadt Emden (Stadt Emden 2017) weiterentwickelt wurde.

### 3.1.1.1 Bilanzierungssystematik nach BSKO

Die aktualisierte Energie- und THG-Bilanz entspricht dem Standard nach BSKO (Bilanzierungssystematik Kommunal). BSKO ist die Empfehlung zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland, die vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) im Rahmen der Entwicklung des Klimaschutz-Planers zusammengestellt und entwickelt wurde. Es handelt sich dabei um eine endenergiebasierte Territorialbilanz mit Angabe von Datengüte und Aufteilung in die Sektoren Private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD)/Sonstiges, Industrie/Verarbeitendes Gewerbe und Kommunale Einrichtungen (ifeu 2014-1 und 2016).

Zum Vergleich zwischen Bilanzen verschiedener Jahre und für die Entwicklung der Szenarien werden die Bilanzen bereinigt. Das Wichtigste dabei ist die Witterungsbereinigung unterschiedlich temperierter Jahre. Die bereinigte Bilanz für 2019 ist zugleich die Startbilanz in der Szenarienentwicklung. Erläuterungen zur BSKO-Systematik finden sich im empfohlenen Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung (SIJ, WI, DLR 2016) und deren Ergänzungen (SIJ, WI 2016-1 und SIJ, WI 2016-2).

Mit der Endenergie- und Treibhausgasbilanz werden ferner folgende Punkte des BSKO-Standards gewahrt (vgl. ifeu 2014, S. 11 f):

- Vergleichbarkeit der Bilanzierung zwischen den Kommunen
- Konsistenz innerhalb der Methodik
- Darstellung der Prioritäten im Klimaschutz in der Bilanz: lokale Energieeinsparung und Energieeffizienz vor lokaler Erzeugung
- Vergleichbarkeit der kommunalen Bilanzen über mehrere Jahre
- Konsistenz zu anderen Bilanzierungsprinzipien auf kommunaler Ebene
- (Weitestgehende) Konsistenz zu anderen Ebenen (z. B. Bundes- und Landesebene).

### 3.1.1.2 Weitere, nicht nach BSKO bilanzierte Bereiche mit Relevanz für den Klimaschutz

In der BSKO-konformen Bilanzierung wird der (inter-)nationale Flugverkehr nicht berücksichtigt, obwohl dieser weitreichende Auswirkungen auf die Atmosphäre hat und auch von Menschen aus der Inselgemeinde Langeoog verursacht wird. Ein weiterer nicht enthaltener Bereich sind die nicht-energetischen Emissionen, die z. B. in der Landwirtschaft entstehen oder die durch den Verbrauch von Gütern hervorgerufen werden, die nicht innerhalb des Territoriums (oft sogar außerhalb Deutschlands) produziert werden, aber auch lokal beeinflussbar sind. Hier ist das Handlungsfeld der Suffizienz der entscheidende Ansatz zur Reduktion (vgl. Kapitel 4.3).

### 3.1.1.3 Bilanzdatenerfassung

Die Datenerfassung für die THG- und Endenergiebilanz orientiert sich an den Vorgaben aus dem Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung (SIJ, WI, DLR 2016) und deren Ergänzungen (SIJ, WI 2016-1, SIJ, WI 2016-2 und ifeu 2017).

Der folgenden Tabelle 3-1 ist zu entnehmen, welche Daten erhoben wurden. Für die Komplettierung der Daten wurden Standardfaktoren zur Ermittlung von Sekundärdaten verwendet. Wenn beispielsweise die benötigten Verbrauchsdaten nicht vorlagen, sondern nur die installierte Leistung der Anlagen, so wurde für die relevanten Energieträger der Energieverbrauch (kWh) über die Volllaststunden der Anlagen ermittelt, um den tatsächlichen Gegebenheiten möglichst nahe zu kommen, z. B. bei KWK-Anlagen.

Tabelle 3-1: Datenquellen Bilanz (Quelle: EKP)

Daten	Quelle
Stromverbrauch, Aufteilung nach Verbrauchsgruppen	Konzessionsdaten EWE
Erdgasverbrauch, Aufteilung nach Verbrauchsgruppen	Konzessionsdaten EWE
EE-Anlagen (PV-Dach und -Freifläche, Biogas)	Marktstammdatenregister
Windenergie	Landkreis Wittmund
Kraftwärmekopplungs- (KWK-) Anlagen	Marktstammdatenregister
Holzfeuerungsstätten	Landesinnungsverband
Wärmeerzeugung aus Holz	Berechnung
Ölfeuerungsstätten	Abschätzung über Anschlussgrad Erdgas und bekannte Verbraucher
Wärmeerzeugung aus Öl	Berechnung
Solarthermische Anlagen	Solaratlas (BAFA-Liste)
Solare Wärmeerzeugung	Berechnung
Wärmepumpen allgemein	Angabe EWE zu Wärmepumpen(-strom)

Daten	Quelle
Wärmeerzeugung Wärmepumpen	Berechnung
Bevölkerungsdaten	Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)
Katasterflächen	ALKIS-Daten des Landkreises Wittmund
Gebäude- und Wohnungs- Fortschreibung	Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)
Sozialversicherungspflichtig Be- schäftigte	Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)
Kraftfahrzeuge	Kraftfahrtbundesamt
Fahrleistungen	Abschätzung über Fahrzeugzahlen im Vergleich mit der Verkehrsstudie Emden
Modal-Split	Nicht erhoben
Güter-Zugverkehr	Abschätzung über EinwohnerInnenzahlen im Ver- gleich mit der Verkehrsstudie Emden
Güter-Schiffsverkehr	Nicht erhoben
Anzahl Nutztiere	Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)

### 3.1.1.4 Datengrundlage

Grundlage für die Erfassung und Hochrechnung der Verbräuche je Gemeinde im Landkreis waren die Verbrauchsdaten des regionalen Energieversorgungsunternehmens EWE, Daten des Landesinnungsverbandes des Schornsteinfegerhandwerks Niedersachsen (LIV) sowie Daten aus dem Marktstammdatenregister (MaStR).

Die Verbrauchsdaten für die leitungsgebundenen Energieträger Erdgas und Strom wurden vom regionalen EVUs straßenzugscharf je Gemeinde in kWh/a für das Bezugsjahr 2019 bereitgestellt. In der Datengrundlage wurden Straßen mit < 5 Verbrauchern von Seiten des EVUs mit anderen Straßen aggregiert, um Datenschutzbestimmungen gerecht zu werden. Zusätzlich wurde eine Aufteilung der Verbrauchsdaten je Gemeinde nach Sektor bereitgestellt. Hieraus fließen die Verbrauchsdaten für Strom für den Betrieb von Wärmepumpen und Speicherheizungen in die Erfassung des Wärmeverbrauchs ein.

Die Daten des LIV stellen eine weitere Datengrundlage für die Erhebung der nicht-leitungsgebundenen Energieträger dar. Die Daten des LIV stammen aus einer Erhebung in den Jahren 2012 – 2015. Sie liefern erforderliche Informationen zur installierten Leistung in kW sowie zur Anzahl der Feuerstätten je Energieträger und Gemeinde im Landkreis. Angaben zu Wärmepumpen und Speicherheizungen sind hier nicht enthalten.

Auf Daten des MaStR (Stand: 19.11.2020) wurde für die Anzahl und die installierte Leistung von Blockheizkraftwerken (BHKWs) sowie deren Jahresertrag zurückgegriffen.

Die bereitgestellten Datengrundlagen wurden umfänglich gesichtet. Für die weiterführende Erfassung und Darstellung der Verbräuche je Gemeinde waren weitere Aufbereitungsschritte erforderlich.

Tabelle 3-2: Übersicht Energieträger aus Datengrundlagen

<b>Leitungsgebunden</b>	Erdgas
	Strom (Wärmepumpen, Speicherheizungen)
<b>Nicht-leitungsgebunden</b>	Holz (Scheitholz, Hackschnitzel)
	Pellets
	Biogas & Biogene Brennstoffe (inkl. Wärmenetze)
	Öl
	Kohle
	k. A.

### 3.1.1.5 Aufbereitung der EWE-Daten

Die genannte Aggregation der Verbrauchsdaten für Erdgas erlaubte keine straßenzug-scharfe Zuteilung der Erdgasverbräuche. Um dies zu erreichen, wurde vorab allen Straßen im Landkreis anhand der Geodaten die Anzahl der zugehörigen Gebäude, unterteilt in Wohngebäude, Nichtwohngebäude (NWG) und öffentliche Gebäude, zugeordnet. Ergänzend dazu wurde der durchschnittliche Energieverbrauch je Wohngebäude, über die nicht aggregierten Straßen mit ausschließlicher Wohnbebauung errechnet. Anhand dieser Zuordnung und der errechneten Durchschnittswerte wurde eine Zuteilung der Verbrauchsdaten möglich. Sofern der Fall, wurden NWG und öffentliche Gebäude mit einem höheren Verbrauchswert bewertet und in die Zuteilung aufgenommen.

### 3.1.1.6 Aufbereitung der LIV-Daten

Die Daten des LIV zu Holzfeuerstätten wurden in einem zusätzlichen Aufbereitungsschritt in die Klassen  $\leq 11$  kW (ergänzende Heizung, z.B. Kaminöfen) und  $> 11$  kW (Primärheizung, Holzhackschnitzel, Scheitholzöfen) unterteilt. Es wurde die gesamte installierte Leistung je Klasse sowie die Anzahl der Feuerstätten je Klasse errechnet.

### 3.1.1.7 Erfassung der Verbräuche nicht-leitungsgebundener Energieträger

Anhand der Erdgasverbräuche kWh/a des EVU und der installierten Leistung der Gasfeuerstätten in kW je Gemeinde aus den LIV-Daten konnte die Anzahl der Volllaststunden pro Jahr errechnet werden. Für Feuerstätten der Klasse Holz  $\leq 11$  kW wurden lediglich 300 Volllaststunden pro Jahr angenommen.

Der errechnete Mittelwert der Volllaststunden wurde in Verbindung mit der installierten Leistung je Energieträger und Gemeinde für die Berechnung der Verbräuche der nicht-leitungsgebundenen Energieträger genutzt (Gl. 1):

$$\text{Verbrauch} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right] = \text{Installierte Leistung} [\text{kW}] * \text{Volllaststunden} \left[ \frac{\text{h}}{\text{a}} \right] \quad (\text{Gl. 1})$$

### 3.1.1.8 Straßenzugscharfe Zuordnung der Verbräuche

Aus den zugeordneten Erdgasverbräuchen und den errechneten Verbrauchsdaten für nicht-leitungsgebundene Energieträger wurde der Gesamtverbrauch je Gemeinde und die prozentuale Aufteilung der einzelnen Energieträger errechnet. Die errechnete prozentuale Aufteilung wurde entsprechend auf alle Straßen pro Gemeinde angewendet, um so den Wärmeverbrauch je Straße darzustellen.

Für die Zuordnung wurde der OSM-Datensatz als Grundlage für die Straßendaten innerhalb des Gebiets verwendet.

Die Zuordnung der Verbrauchsdaten erfolgt primär anhand der Geodaten und ist beispielhaft anhand eines Kartenausschnitts Abbildung 3-1 dargestellt.

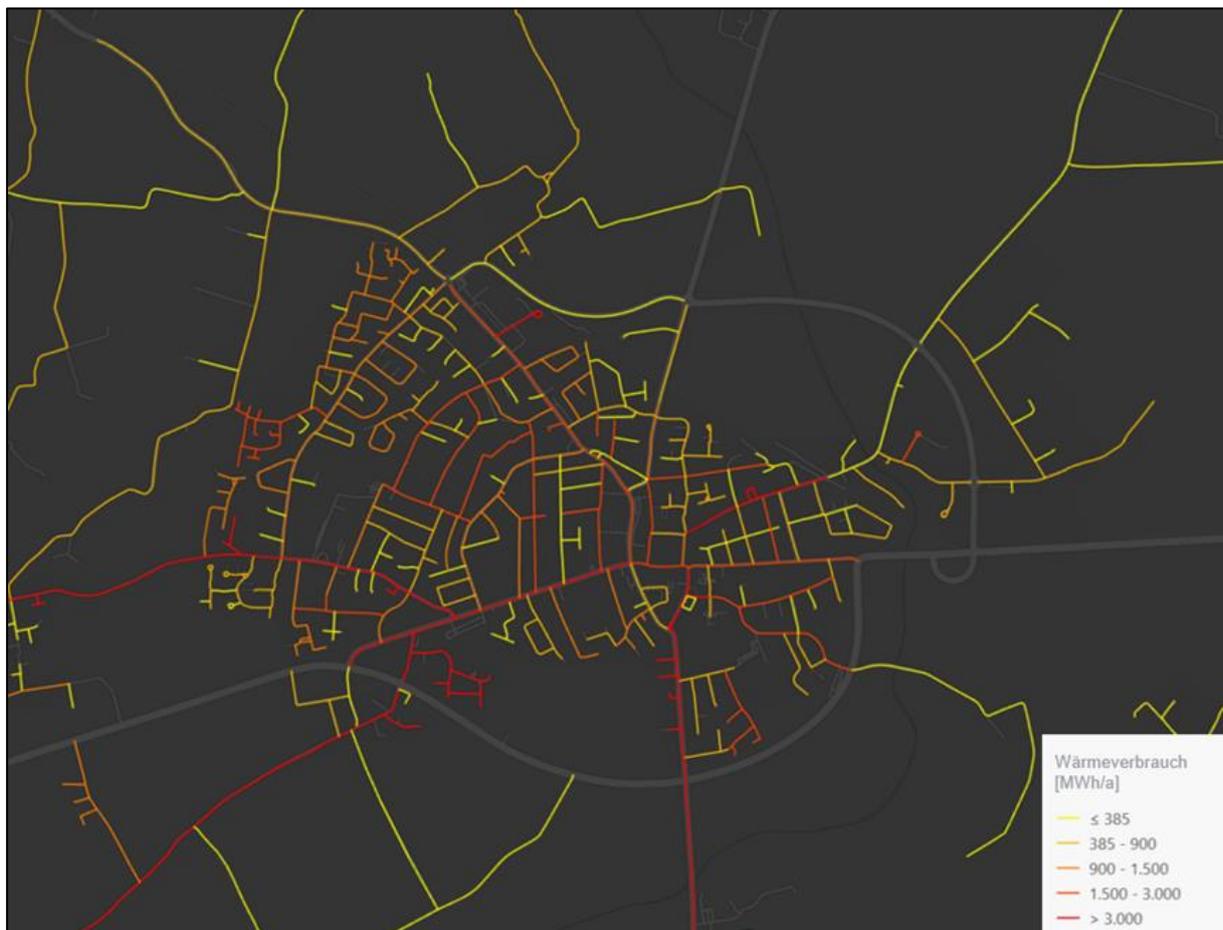


Abbildung 3-1: Zugeordneter Wärmeverbrauch in MWh/a in der Stadt Wittmund (Quelle: IP SYSCON GmbH)

### 3.1.2 Gebäudescharfe Erfassung und Aufbereitung des Wärmebedarfs

Anhand der Datengrundlage für die Gebäude wurde mittels eines entwickelten Berechnungsverfahrens nach dem Monatsbilanzverfahren, basierend auf DIN 4108, der Wärmebedarf für alle beheizten Gebäude in der Inselgemeinde Langeoog berechnet. Im Gegensatz zum Wärmeverbrauch ist der Wärmebedarf keine gemessene, sondern eine berechnete Größe. Demnach können klimatische Bedingungen, der aktuelle Sanierungsstand einzelner Gebäude oder

das individuelle Heizverhalten nur sehr bedingt bis nicht berücksichtigt werden. In der Regel liegt der berechnete jährliche Wärmebedarf über dem tatsächlichen jährlichen Wärmeverbrauch. Dennoch ist der Wärmebedarf innerhalb der Wärmeplanung eine wichtige Kenngröße. Bezogen auf die beheizte Nutzfläche des Gebäudes bietet der Wert in kWh/m<sup>2</sup>a eine Vergleichsmöglichkeit unterschiedlicher Gebäude (spezifischer Wärmebedarf). Der berechnete Wärmebedarf dient zudem als Grundlage für die strategische Planung und die Herleitung von Maßnahmen und Versorgungsoptionen.

### 3.1.2.1 Datengrundlage und Annahmen für die Berechnung

Für die Wärmebedarfsanalyse wurden die Ergebnisse der Wärmebedarfskarte Niedersachsen verwendet. Diese von der Klimaschutzagentur Niedersachsen zur Verfügung gestellte Karte Die Wärmebedarfskarte beinhaltet u. a. gebäudescharfe Informationen zum Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser der niedersächsischen Wohn- und Nichtwohngebäude im Bestand unter Berücksichtigung hierfür relevanter Gebäudeparameter und Typologiewerte. Die Methodik hierzu wird im Abschlussbericht des Projekts: Digitale Wärmebedarfskarte für Niedersachsen (IP Syscon 2023), detaillierter beschrieben.

Eingang in die Berechnung der

- Basis DLM
- ALKIS-Daten
- LoD1 Gebäudemodell
- Digitales Oberflächenmodell
- ZENSUS 2011

Die verschiedenen Datensätze wurden miteinander verschnitten, um eine vollständige Datengrundlage mit den erforderlichen Parametern für die Wärmebedarfsanalyse zu erhalten.

#### **Hinweis: Gebäudefunktion**

Die für durchgeführte Berechnungen verwendete Gebäudefunktion stammt aus den offiziellen Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS-Daten). Diese werden durch die zuständigen Katasterämter erhoben und verwaltet. Stellenweise bestehen Unstimmigkeiten zwischen der in den ALKIS-Daten erfassten Gebäudefunktion und der realen Gebäudefunktion. Dies betrifft z.B. Nichtwohngebäude, die in den offiziellen Daten als Wohngebäude geführt werden. Im Rahmen des Projekts wurden ausschließlich die Gebäudefunktionen aus den offiziellen ALKIS-Daten für die Berechnungen und Auswertungen verwendet. Es erfolgte keine manuelle Korrektur. Durch diese Unstimmigkeiten kann es zu Abweichungen in den Berechnungsergebnissen und statistischen Auswertungen kommen.

Die Wärmebedarfsberechnung für Wohn- und Nichtwohngebäude erfolgt ausgehend von folgenden Parametern:

- Gebäude-ID
- Baujahr
- Geometrie des Gebäudes
- Mittlere Dachhöhe des Gebäudes
- Gebäudefunktion (Wohngebäude / Nichtwohngebäude)

Die Berechnung des Wärmebedarfs erfolgt unter anderem unter Berücksichtigung der U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient) einzelner Bauteile, in Abhängigkeit des Bautyps und der Baualtersklasse. Typische U-Werte für Wohngebäude wurden durch das Institut Wohnen und

Umwelt (IWU) in der Studie Deutsche Wohngebäudetypologie (Loga et al. 2015) erfasst. Die verwendeten U-Werte für Nichtwohngebäude stammen aus der Systematischen Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude (BMVBS 2013) und einer weiteren Veröffentlichung des IWU (Stein & Hörner 2015) Grundsätzlich ist die Datengrundlage für Nichtwohngebäude aufgrund der sehr unterschiedlichen Bauweisen schwieriger.

Die verwendeten U-Werte berücksichtigen eine teilweise Sanierung der einzelnen Bauteile. Da der Gebäudebestand in der Wärmebedarfsanalyse nur „von außen“ über Geodaten betrachtet wird, kann der reale Sanierungsstand der Gebäude nicht berücksichtigt werden.

## 3.2 Potenzialanalyse und Klimaschutzszenario

Die Potenzialanalyse ermittelt die technisch und wirtschaftlich umsetzbaren Einsparpotenziale sowie die Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung Erneuerbarer Energien. Für die erforderliche Zielfestlegung wird ein Klimaschutzszenario (THG-Minderungen bei Umsetzung einer konsequenten Klimaschutzpolitik) erstellt. Dabei werden u. a. Ausbauraten und Sanierungszyklen und die besonderen Rahmenbedingungen berücksichtigt.

In diesem Konzept werden die lokalen Potenziale analysiert und zu einem lokalen Szenario zum Ausbau dieser Potenziale zusammengestellt.

Vergleichend wird dazu jeweils ein Trendszenario erstellt. Die Unterschiede werden durch unterschiedliche Annahmen für die Entwicklung bis 2040 definiert.

Aufbauend auf den generellen Rahmenbedingungen, dem Status quo und der oben beschriebenen Bilanzierung wird das umsetzbare Potenzial ermittelt. Dieses gibt Aufschluss darüber, inwieweit sich die Inselgemeinde Langeoog über sein Territorium mit Energie versorgen kann und gleichzeitig Endenergie einsparen kann. Bezugsebene ist hier die im Folgenden näher beleuchtete Kombination aus statistischer und GIS-basierter Raumanalyse und Annahmensystem für die Energieeinsparung und –Erzeugung in der Inselgemeinde Langeoog. Die Datenquellen sind in Tabelle 3-3 aufgelistet.

Tabelle 3-3: Datenquellen Potenziale und Szenarien (Quelle: EKP)

Daten	Quelle
Bevölkerungsdaten	Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) und Bertelsmann Stiftung
Gebäudetypologie	IWU, Everding et. al 2007, Genske et. al 2009 und 2010
Katasterflächen	ALKIS-Daten des Landkreises Wittmund
Photovoltaik und Solarthermie	Annahmen für die Inselgemeinde Langeoog im Abgleich mit dem Klimaschutzszenario der Bundesregierung
Tiefengeothermie	Machbarkeitsstudie Geothermie (SWE 2016)

Es wird also die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen bis 2040 in den Blick genommen. Dafür werden mögliche Szenarien entwickelt, aus denen sich Handlungsstrategien ableiten und darstellen lassen. Zudem können so vorgegebene Zielpfade auf ihre Erreichbarkeit hin überprüft werden. Im Folgenden wird das Vorgehen zur Entwicklung von möglichen Energie- und THG-Szenarien kurz erläutert.

### Exkurs Szenarien

Szenarien sind keine Prognosen und sollen daher die Zukunft nicht präzise voraussagen. Die Szenarien zeigen vielmehr den maximalen Handlungsspielraum und die resultierenden THG-Emissionen auf (vgl. difu 2011).

Um die Bandbreite des Handlungsspielraumes zu verdeutlichen, werden angelehnt an die Vorgaben des BMUB (BMUB 2015-2) und der begleitenden wissenschaftlichen Institutionen (ifeu 2014-1) zwei unterschiedliche Szenarien entwickelt:

1. Trendszenario: Das Trendszenario orientiert sich an den bisherigen Entwicklungen.
2. Klimaschutzszenario: Das Klimaschutzszenario orientiert sich an den hier gesetzten Zielen.

Die Unterschiede der beiden Szenarien liegen im Wesentlichen in der unterschiedlichen Ausnutzung der Potenziale durch die Umsetzung der möglichen Klimaschutzmaßnahmen. Damit nachvollziehbar wird, wie die Entwicklung bis 2040 verlaufen kann, werden die Szenarien für Bedarf und Erzeugung von Strom, Wärme und Mobilität (hier nicht betrachtet) getrennt nach Endenergie und THG-Emissionen aufgestellt.

Einen entscheidenden Einfluss auf die THG-Emissionen in den vorliegenden Szenarien haben die Emissionsfaktoren. Sie beschreiben die Menge der Emissionen, z. B. je erzeugter Kilowattstunde (kWh). Da sich sowohl die Energieerzeugungsprozesse als auch der Transport und die Herstellungsprozesse mit der Zeit ändern, müssen die Emissionsfaktoren auch für die Szenarien regelmäßig neu berechnet und angepasst werden.

Die Emissionsfaktoren sind entscheidend für die Umrechnung von Energie in Treibhausgase. Die Verwendung der Emissionsfaktoren erfolgt gemäß den BSKO-Vorgaben. Für die Umrechnung des Strombedarfs in THG-Emissionen wird entsprechend der Vorgabe der Emissionsfaktor für den Bundesstrommix verwendet (vgl. Anhang). Für die Trendentwicklung und die Entwicklung nach einem Klimaschutzszenario wurden vom ifeu unterschiedliche Emissionsfaktoren für verschiedene Zeiträume bis 2050 vorgegeben (ifeu 2017-2).

Bestimmenden Einfluss auf die Emissionsfaktoren deutschlandweit hat der Ausbau der Erneuerbaren Energien, weil hiermit Energieerzeugungsprozesse mit hohen Emissionen durch Prozesse mit geringen Emissionen ersetzt werden. Auf die für die THG-Reduktion entscheidenden Emissionsfaktoren hat die Inselgemeinde Langeoog keinen direkten Einfluss, nur indirekt durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Die Region hat bereits 2019 einen großen Anteil zu einem emissionsarmen Bundesstrommix beigetragen: Der lokale Strommix im Landkreis Wittmund lag bei einem Emissionsfaktor von 18,2 tCO<sub>2</sub>e/GWh, der des Bundesstrommixes bei 478 tCO<sub>2</sub>e/GWh. Der Emissionsfaktor für den lokalen Strommix wird in den Szenarien nur für den zusätzlichen Strombedarf der Mobilität und der Power-to-Heat Anwendung verwendet, da hier der lokal erzeugte Überschussstrom gespeichert bzw. direkt zum Einsatz gebracht werden kann.

Neben den Annahmen für die Emissionsfaktoren gibt es weitere strukturelle Rahmenbedingungen, die Auswirkungen auf den Energiebedarf und die THG-Emissionen haben:

- Bevölkerungsentwicklung
- Konjunktur
- Witterung.

Einen wesentlichen Einfluss auf die THG-Emissionen haben die Entwicklung der EinwohnerInnen- und Beschäftigtenzahlen sowie die konjunkturelle Entwicklung. Sollten sich die Veränderungen in der Bevölkerungszahl längerfristig fortsetzen, so können Energieverbrauch und THG-Emissionen je EinwohnerIn als Vergleichszahl verwendet werden.

Die Entwicklung der Konjunktur ist bis 2040 nicht abschätzbar und wird daher nicht berücksichtigt. Bestes Beispiel ist die Konjunkturkrise 2007 / 2008, die aus Sicht einer Inselgemeinde Langeoog nicht vorhersehbar war. Auch Neuansiedlungen oder Schließungen großer Betriebe hätten einen erheblichen Einfluss auf die Szenarien, sind aber ebenso wenig vorhersehbar.

Die Witterung wird in den vorliegenden Szenarien durch die Witterungsbereinigung mittels der Gradtagszahlen berücksichtigt. 2019 wich die Gradtagszahl mit 3.248 Tagen 6,2 % vom langfristigen jährlichen Mittel mit 3.462 Tagen ab (Gradtagszahlen für im IWU-Tool aus Postleitzahlen zugeordnete Wetterstationen Wangerland-Hooksiel, Wittmundhafen, Leuchtturm Alte Weser). Die Werte des Wärmebedarfs wurden daher für die Szenarien korrigiert. Bei der Eingabe der folgenden Jahre zum Controlling muss die Korrektur jeweils durchgeführt werden (DIFU 2011).

Bei der Potenzialbetrachtung von möglichen Klimaschutzmaßnahmen zur THG-Reduktion muss immer beachtet werden, welches Potenzial beschrieben wird. Das wirtschaftliche Potenzial ist meist das, welches aktuell auf Grundlage der gängigen Marktmechanismen umgesetzt werden kann. Für die Erreichung der Ziele des Masterplans bis 2040 wird jedoch das technische Potenzial unter Berücksichtigung von zukünftigen politischen und sozioökonomischen Aspekten ermittelt. Das erschließbare Potenzial ist immer auf einen definierten Zeitpunkt bezogen. 2040 entspräche nach dieser Logik das erschließbare Potenzial dem technischen Potential. Erwartet wird, dass sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (wie z. B. Energiepreise, neue und günstigere technische Verfahren, administrative Entscheidungen) bis zum Jahr 2040 so verändern, dass das technische Potenzial einer Maßnahme dann wirtschaftlich gehoben werden kann.

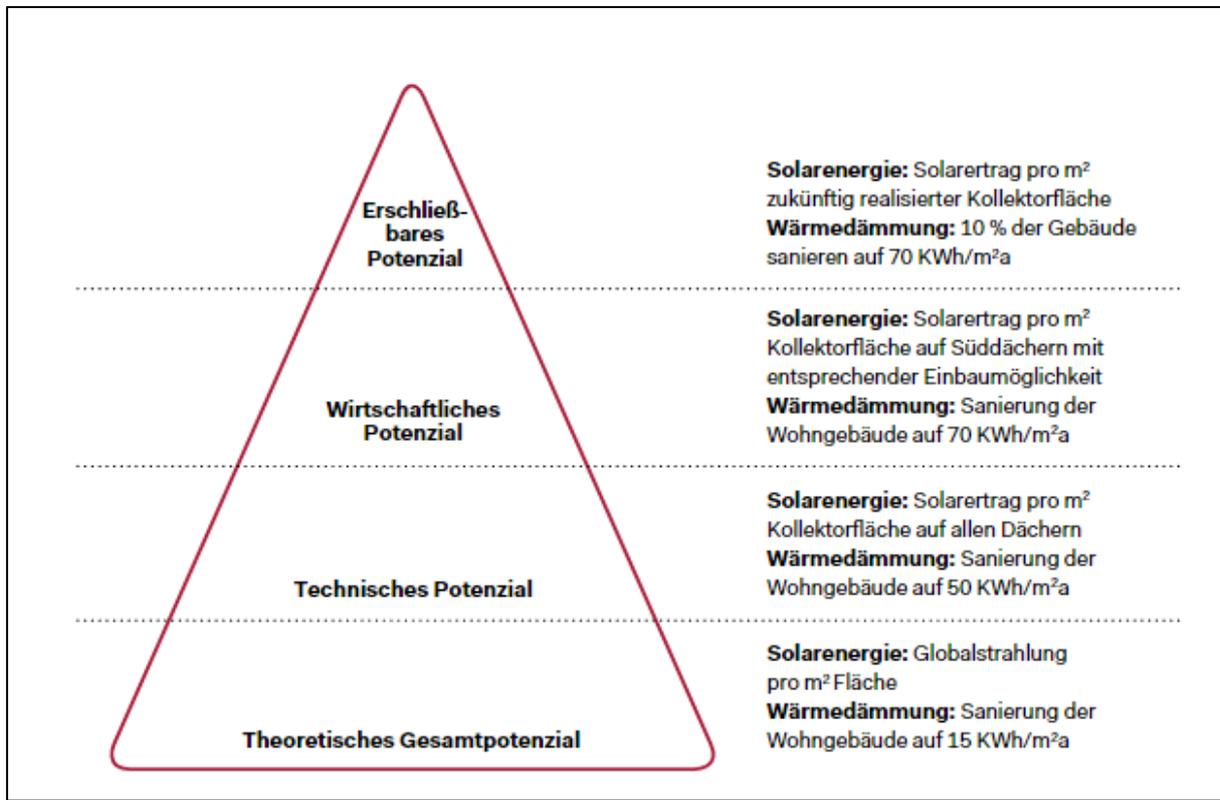


Abbildung 3-2: Potenzialpyramide (Quelle: difu 2018, S. 252)

In der Studie der Bundesregierung (BMU 2007), der WWF-Studie (WWF 2009), der BMU-Leitstudie 2010/ 2011 (BMU 2010/ 2011) sowie dem „Masterplan 100 % Klimaschutz“ (ifeu 2014-1 und 2016) wurden solche Annahmen für ganz Deutschland getroffen. In diesen Studien wird meist zwischen einem Trend- und einem EE-Ausbauszenario unterschieden und die Ausschöpfung der Potenziale für unterschiedliche Zeiträume benannt. Da die Möglichkeiten zur Einsparung und zum Ausbau der EE regional sehr unterschiedlich sind, können die Annahmen nicht bzw. nur in Ansätzen auf die Inselgemeinde Langeoog übertragen werden. Daher müssen eigene Annahmen aufgrund der regionalen Gegebenheiten getroffen werden. Als Orientierung dienen bundesweite Studien, welche besonders für die Potenziale im Trendszenario hilfreich sind.

Im weiteren Verlauf dieses Konzeptes werden daher diese für die Inselgemeinde Langeoog ermittelten Potenziale benannt und im Klimaschutzszenario der Ausbau beschrieben. Die Werte zum Trendszenario werden nur vergleichend benannt. Um die bis 2040 auszuschöpfenden Potenziale benennen zu können, werden Annahmen zugrunde gelegt. Diese Annahmen wurden im Erarbeitungsprozess des Wärmeplans für den gesamten Landkreis Wittmund (2022) in den verschiedenen Gremien (Organisationsteam, Verwaltungsspitze) und mit Akteuren vor Ort diskutiert und festgelegt und auch dient auch für die Wärmepläne der Kommunen als Grundlage. Zur Orientierung sind Annahmen aus den oben genannten Studien herangezogen und präsentiert worden.

## II Bestandsanalyse

### 4 Die Inselgemeinde Langeoog im Überblick

#### 4.1 Beschreibung der Inselgemeinde Langeoog

Die Inselgemeinde Langeoog liegt im Landkreis Wittmund. Der Landkreis Wittmund liegt im nördlichen Niedersachsen direkt an der Nordseeküste. Zum Kreisgebiet gehören neben den Gemeinden auf dem Festland auch die beiden vorgelagerten ostfriesischen Inseln Langeoog und Spiekeroog. Er ist nach dem Landkreis Lüchow-Dannenberg nach der EinwohnerInnenzahl der zweitkleinste Landkreis in Niedersachsen und Deutschland.

Die Inselgemeinde Langeoog selbst verfügt über eine Größe von 19,7 km<sup>2</sup> sowie eine EinwohnerInnenzahl von ca. 1.812. Die Bevölkerungsdichte beträgt demnach bezogen auf 2019 91,88 EinwohnerInnen pro km<sup>2</sup>.

Allgemeine Strukturdaten stellen eine wichtige Grundlage für die Untersuchung und Auswertung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung da. Die wichtigsten Kennzahlen sind daher in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4-1: Allgemeine Kennzahlen der Inselgemeinde Langeoog

<b>Einwohnerzahl</b>	1.812
<b>Gesamtfläche</b>	19,7 km <sup>2</sup>
<b>Einwohnerdichte</b>	92 EW/km <sup>2</sup>
<b>Anzahl der Wohngebäude</b>	901
<b>Anzahl der Nichtwohngebäude</b>	243
<b>Anzahl Gebäude gesamt</b>	1.144

Ausgehend von statistischen Grunddaten können für die Inselgemeinde Langeoog erste klimarelevante Kennziffern bezogen auf den Wärmebedarf und die Wärmeproduktion innerhalb der Gemeinde ermittelt werden. Diese können als Vergleichswert oder für die Klimazielsetzung für den Wärmesektor herangezogen werden.

Tabelle 4-2: Verbrauchswerte und erneuerbare Energien der Inselgemeinde Langeoog

<b>Energieverbrauch</b>	73,912 MWh/a
<b>Energieverbrauch pro Einwohner</b>	40,68 MWh/a*EW
<b>Anteil EE-Wärme</b>	1,4 %
<b>THG-Emissionen für Wärme</b>	16.446 tCO <sub>2</sub> e/a
<b>THG-Emissionen für Wärme pro Einwohner</b>	9,05 tCO <sub>2</sub> e/a*EW

#### 4.1.1 Aktuelle Wohnstatistik

Im Rahmen der Wärmeplanung nimmt der Gebäudebestand in der Gemeinde eine entscheidende Rolle ein und bietet i.d.R. hohe Einsparpotenziale. Die Wohnstatistik liefert erste Anhaltspunkte für die strategische Planung und Umsetzung der Wärmewende. Im Folgenden sind die wichtigsten Kennzahlen dargestellt:

Tabelle 4-3: Wohnstatistik der Inselgemeinde Langeoog

<b>Gebäudegrundfläche</b>	158.691 m <sup>2</sup>
<b>Beheizte Wohnfläche</b>	201.156 m <sup>2</sup>
<b>Wohnfläche pro Kopf</b>	111,01 m <sup>2</sup> /EW

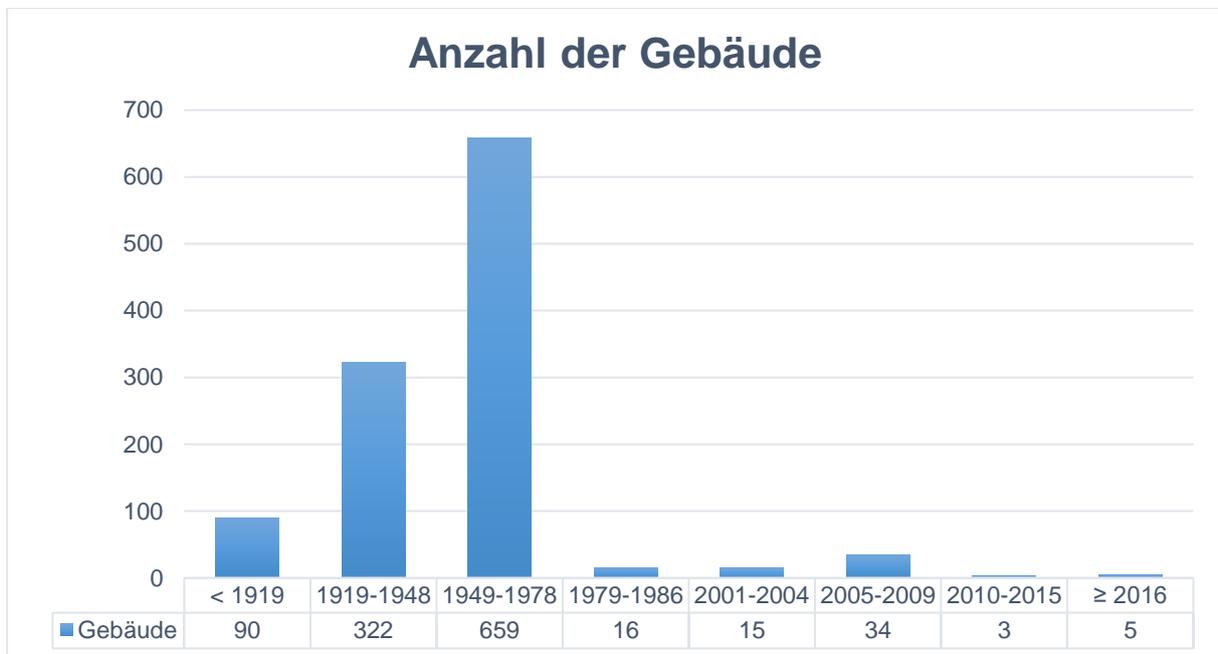


Abbildung 4-1: Anzahl der Gebäude in der Inselgemeinde Langeoog nach Baujahrsklassen

Der Wärmebedarf berechnet sich aus verschiedenen Faktoren des Gebäudes. Gegenüber dem gemessenen Wärmeverbrauch stellt er eine Kenngröße da, die das Nutzungsverhalten oder klimatische Schwankungen nicht berücksichtigt. Der Wärmebedarf ist daher im Rahmen der Wärmeplanung eine der entscheidenden Kenngrößen für die Entwicklung der weiteren Maßnahmen. Die nachfolgende Abbildung 4-2 zeigt den gesamten Wärmebedarf je Baujahrsklasse.

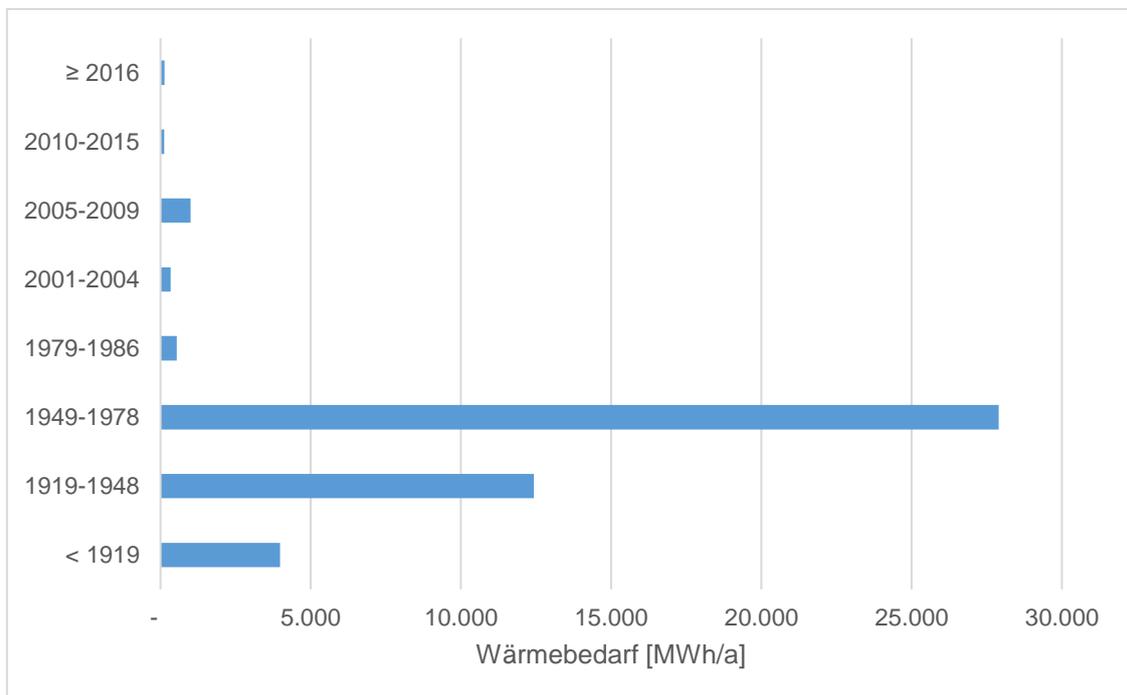


Abbildung 4-2: Gesamter Wärmebedarf der Gebäudealtersklassen in der Inselgemeinde Langeoog

Die Erneuerbare Stromerzeugung ist der nachfolgenden Tabelle 4-4 zu entnehmen.

Tabelle 4-4: EEG-Anlagen in der Inselgemeinde Langeoog 2021 (Quelle: Marktstammdaten und eigene Berechnung)

Energieträger	Anzahl	Leistung in kW
PV-Dach	11	61
PV-Freifläche	1	82
Windkraft	0	0
Wasserkraft	0	0
Biogas/Biomasse	0	0
Klär- Deponiegase	0	0

## 5 Energie- und Treibhausgasbilanz

### 5.1 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen Ist-Zustand

Um eine Grundlage für die Klimaschutzaktivitäten zu schaffen, wurde eine Endenergiebilanz aufgestellt. Hier wird der Begriff Bilanz, abweichend von der wirtschaftswissenschaftlichen Verwendung, für einen Zeitraum verwendet. Endenergie ist der Anteil, der nach Erzeugungs- und Netzverlusten von der Primärenergie übrigbleibt und beim Endverbraucher ankommt, also der Anteil, auf den eine Inselgemeinde Langeoog direkt Einfluss nehmen kann. Wie in der Methodik (Kapitel 3) beschrieben, wurden Daten von 2019 verwendet, um den Ist-Zustand zu beschreiben. Die Potenzialanalyse im folgenden Kapitel berücksichtigt somit das Basisjahr 2019.

### 5.2 Endenergiebedarf Ist-Zustand

Der folgenden Grafik (Abbildung 5-1) ist zu entnehmen, wie sich der nicht witterungskorrigierte Energieverbrauch auf dem Territorium der Inselgemeinde Langeoog im Basisjahr 2019 verteilt:

Der Bereich Haushalte hat den größten Anteil am Energieverbrauch mit 26,1 GWh, gefolgt von der Wirtschaft (inkl. kommunaler Liegenschaften) mit 47,8 GWh. Dies ergibt zusammen einen Endenergieverbrauch von 73,9 GWh.

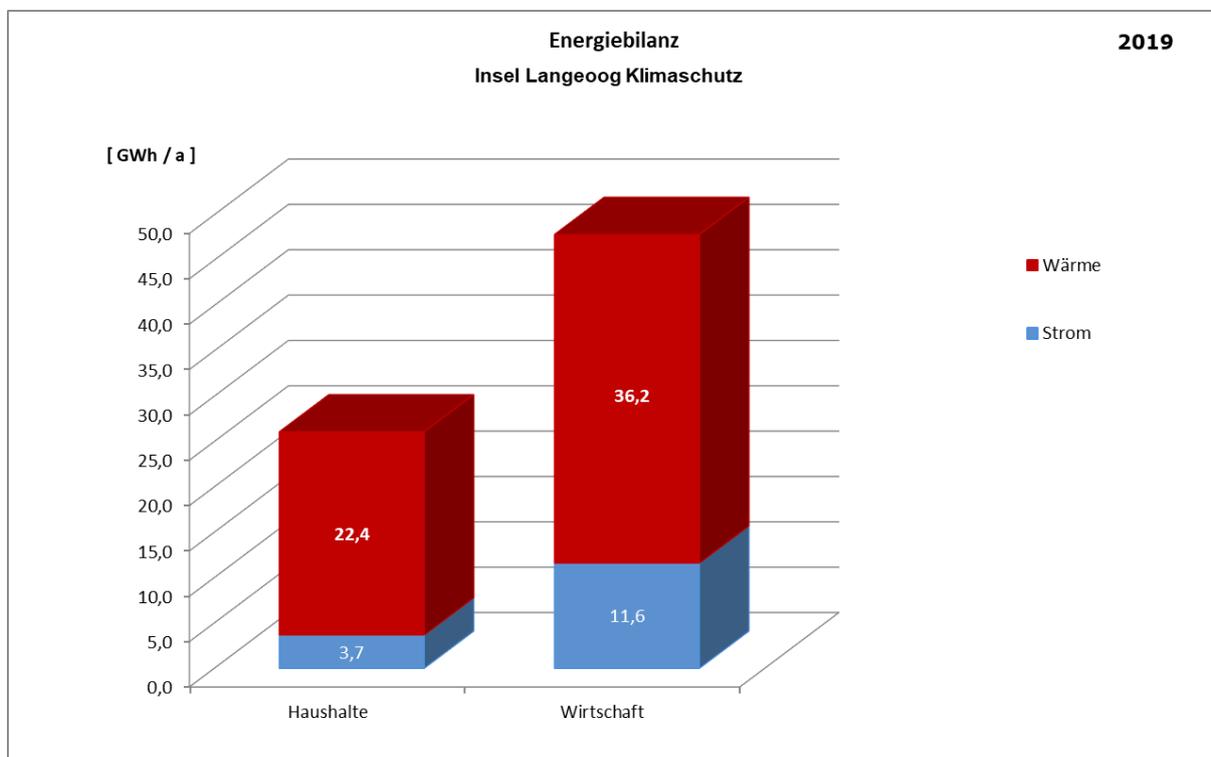


Abbildung 5-1: Endenergieverbrauch der Inselgemeinde Langeoog 2019 (Quelle: EKP)

### 5.3 Bereitstellung Endenergie Ist-Zustand

Die Bereitstellung der Endenergie erfolgte auch im Basisjahr 2019 noch teilweise durch Nutzung fossiler Quellen.

Im Stromsektor gibt es keine Nennenswerte produzierte erneuerbare Energiemengen (Stand 2019).

Auf Basis des in diesem Abschnitt dargestellten Endenergiebedarfs werden im nachfolgenden Abschnitt die daraus resultierenden THG-Emissionen inkl. Vorketten betrachtet.

Die Energieverbräuche der netzgebundenen Energieträger des Wärmesektors können über die Abrechnungszahlen der Energieversorger ermittelt werden. Die Schornsteinfeger-Daten bieten eine gute Ergänzung. Die Energieverbräuche der anderen Energieträger werden über Kennzahlen wie Anschlussgrad, installierte Leistung und Volllaststunden pro Jahr berechnet.

Aus den Daten der Bezirksschornsteinfeger ist ersichtlich, dass nur sehr wenige erneuerbare Wärmeerzeuger auf Holzbasis in der Gemeinde vorkommen.

Von den fossilen Energieträgern ist bei der Heizungsversorgung nur Erdgas vorhanden. Mit Erdgas werden dabei 1.069 Heizungen befeuert. Diese haben eine Leistung von zusammen 28.425 kW und verbrauchen 58.594.254 kWh Erdgas. KWK-Anlagen sind darin enthalten. Damit ergibt sich folgendes Bild für den lokalen Wärmemix (Abbildung 5-2):

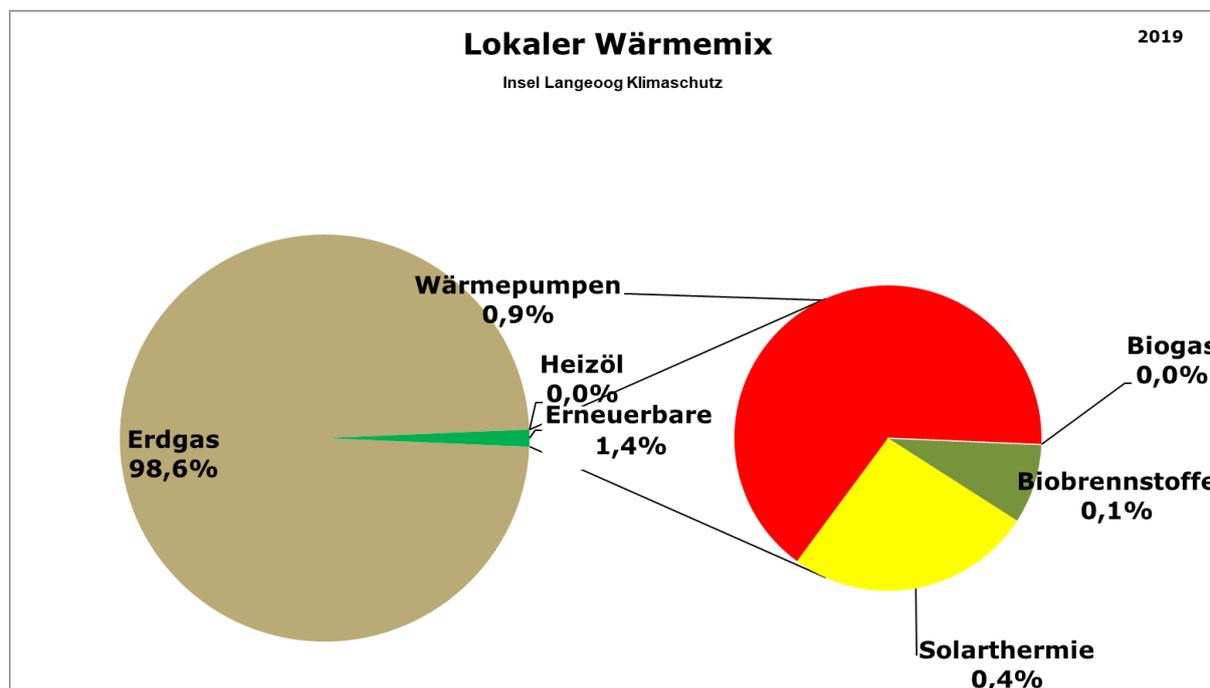


Abbildung 5-2: Lokaler Wärmemix der Inselgemeinde Langeoog im Jahr 2019 (Quelle: EKP)

Über die erhobenen Daten lässt sich der lokale Wärmemix ermitteln. In der Inselgemeinde Langeoog ist der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung mit 1,4% noch sehr gering. Den größten Anteil daran haben Wärmepumpen und Solarthermie. Erfreulich ist bei den fossilen Energieträgern, dass kein Heizöl für die Wärmebereitstellung zum Einsatz kommt. Bei der Wärmeversorgung hat Erdgas mit 98,6 % mit Abstand den größten Anteil.

## 5.4 Treibhausgasbilanzierung Ist-Zustand

Das Treibhauspotenzial von Gasen wie Methan, Lachgas, Fluorchlorkohlenwasserstoffen etc. wird zusammen mit dem CO<sub>2</sub> (zusammengefasst als Treibhausgase (THG) bezeichnet) in der hier vorliegenden Arbeit mit der Gewichtseinheit CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>e) in g, kg oder t gemessen und daher von THG-Bilanz gesprochen.

Wie im Kapitel zum methodischen Vorgehen bereits angegeben, werden die THG-Emissionen der Energieerzeugung inkl. der LCA-Ketten ermittelt, also inkl. aller in der gesamten Vorkette anfallenden Emissionen, von der Förderung bzw. Herstellung, Transport bis zur Entsorgung auch der Energieerzeugungsanlagen. Aus diesem Grunde ist auch die Energieproduktion durch regenerative Energieträger heute noch mit Emissionen verbunden, da die Anlagen meist noch mit fossiler Energie hergestellt bzw. transportiert werden, was wiederum mit Emissionen verbunden ist. Nur die nicht-energetischen Emissionen sind nicht enthalten (Landwirtschaft, Moorflächen, Wald, etc.).

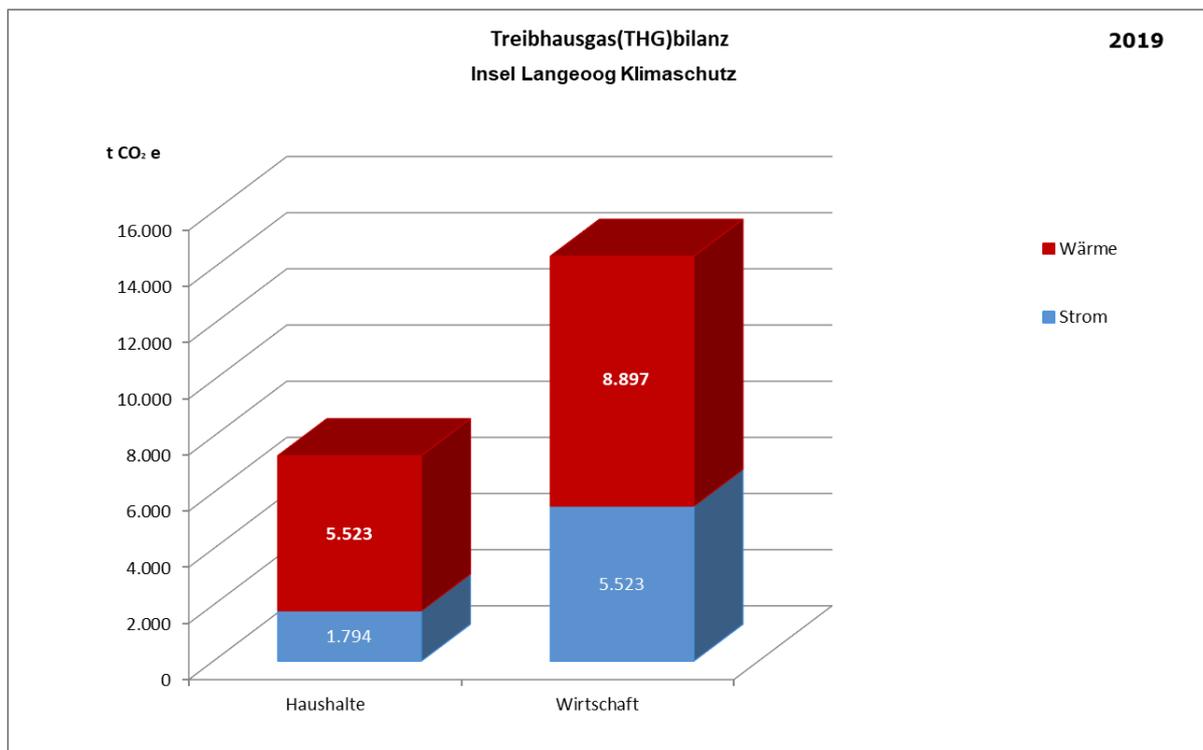


Abbildung 5-3: THG-Bilanz für den Endenergiebedarf (Quelle: EKP)

Auf dieser Grundlage betragen die THG-Emissionen des Wärme- und Strombereichs in der Inselgemeinde Langeoog im Jahre 2019 24.678 tCO<sub>2</sub>e (vgl. Abbildung 5-3). Dies entspricht 13,58 tCO<sub>2</sub>e pro EinwohnerIn.

## 6 Erfassung und räumliche Darstellung des aktuellen Energieverbrauchs auf Straßenebene

### 6.1 Darstellung in den Geodaten

Die Wärmeverbräuche wurden wie in Kapitel 3.1.1.5 beschrieben pro Straßenzug ermittelt und zugeordnet. Die zugeordneten Verbrauchswerte setzen sich dabei aus den Verbräuchen der leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Energieträger zusammen. Die zugeordneten Verbrauchswerte pro Straße lassen sich anhand der mitgelieferten Geodaten auslesen.

Abbildung 6-1 zeigt beispielhaft den summierten Wärmeverbrauch aus leitungsgebundenen sowie nicht-leitungsgebundenen Energieträgern je Straße anhand eines Kartenausschnitts.

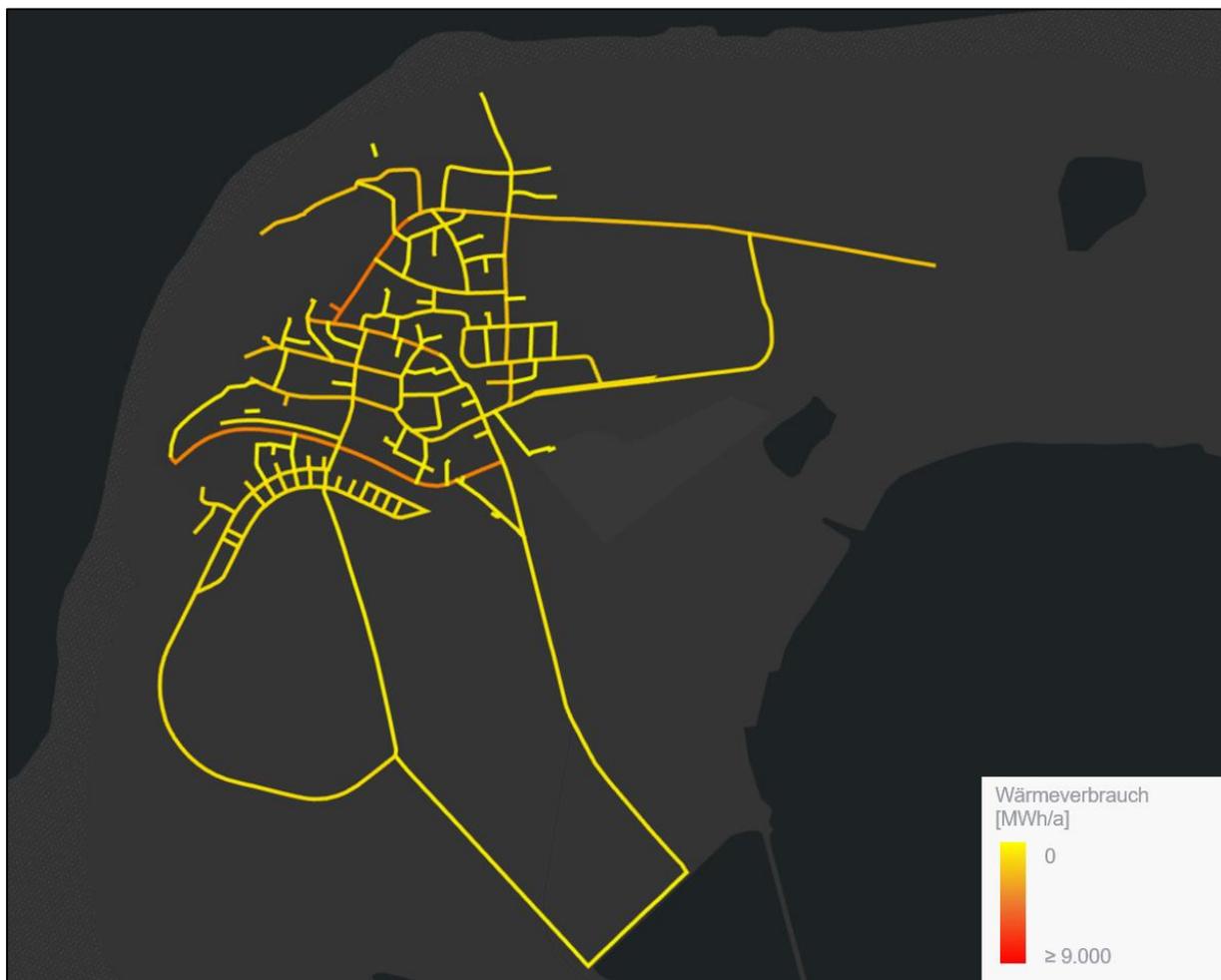


Abbildung 6-1: Summierter Wärmeverbrauch aus leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Energieträgern je Straßenzug in MWh/a (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Als Parameter mit höherer Aussagekraft, z.B. für den Vergleich einzelner Straßenzüge und für weitere Abschätzungen in der Wärmeplanung kann die Wärmelinien-dichte pro Jahr und Meter herangezogen werden. Dazu wird der dem Straßenzug zugeordnete Wärmeverbrauch in Relation zu der Länge des Straßenzugs betrachtet. Demnach können lange Straßenzüge eine geringe Wärmeverbrauchsliniendichte aufweisen, obwohl der zugeordnete Wärmeverbrauch deutlich höher als an anderen Straßen ist. Dies ist in Abbildung 6-2 anhand des gleichen Kartenausschnitts beispielhaft dargestellt. Anhand der farblichen Einteilung lassen sich Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Straßenzügen herauslesen.

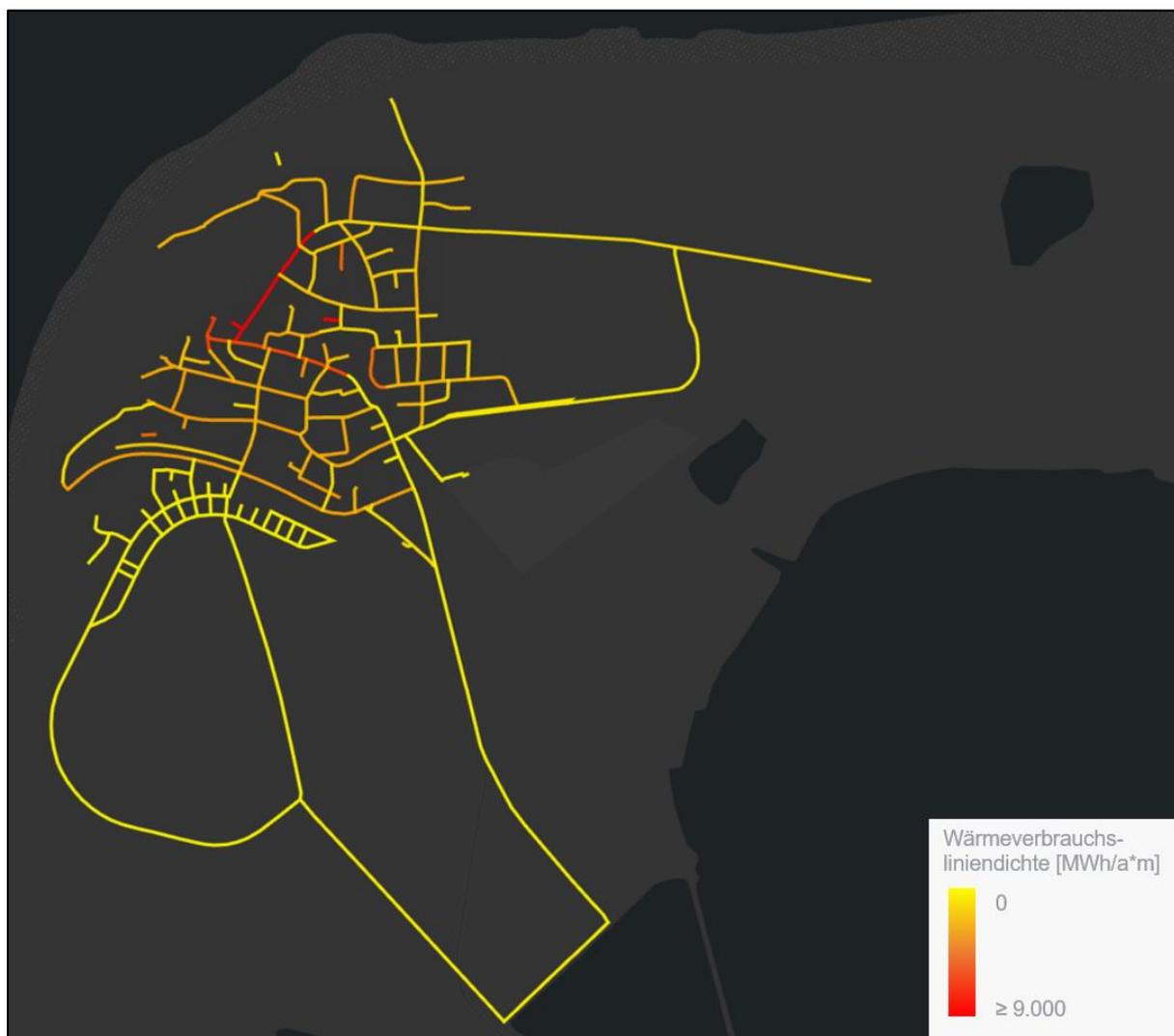


Abbildung 6-2: Wärmeverbrauch in Relation zur Länge des Straßenzugs in MWh/a\*m (=Wärmeverbrauchsliniendichte) (Quelle: IP SYSCON GmbH)

## 6.2 Leitungsgebundene und nicht-leitungsgebundene Energieträger

Durch das vorab beschriebene Vorgehen konnte für die einzelnen Gemeinden im Landkreis die Verteilung der Energieträger in leitungsgebunden und nicht-leitungsgebunden vorgenommen werden, die in Abbildung 6-3 dargestellt ist.

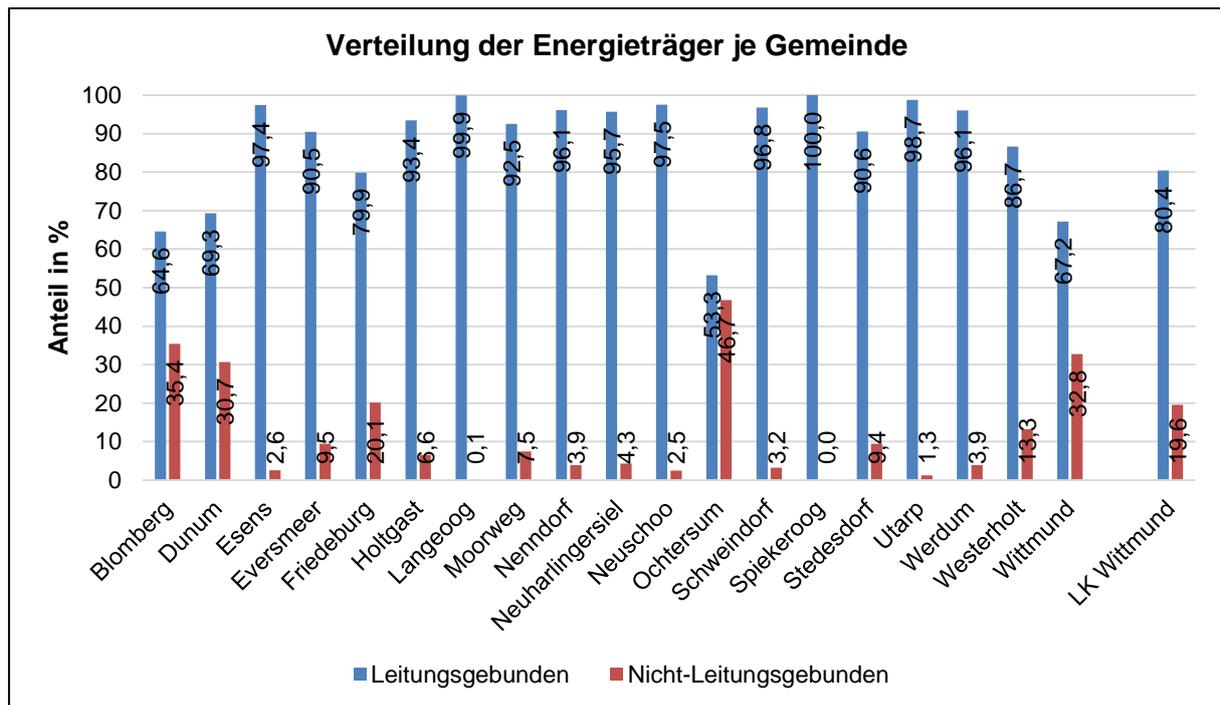


Abbildung 6-3: Prozentuale Verteilung der Leitungsgebundenen und Nicht-Leitungsgebundenen Energieträger je Gemeinde sowie die durchschnittliche Verteilung für den gesamten Landkreis (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Erdgas ist aktuell der mit Abstand wichtigste Energieträger für die Wärmeversorgung. Zukunftsfähige Versorgungstechnologien wie Wärmepumpen nehmen derzeit noch einen sehr geringen Anteil von < 1 % an der Deckung des Wärmeverbrauchs ein.

Da weder gebäudescharfe Verbrauchsdaten noch eine vollständige Datengrundlage mit allen erforderlichen Parametern vorlag, musste an verschiedenen Stellen mit Annahmen und Durchschnittswerten gerechnet werden, um die Verbrauchswerte je Gemeinde errechnen zu können. So wurden beispielsweise die Volllaststunden pro Jahr anhand der bereitgestellten Gasverbräuche (EVU) und der installierten Leistung der Feuerstätten (LIV) errechnet und für alle anderen Energieträger angenommen. Der durchschnittliche Wert von 1.150 h/a liegt unter einer durchschnittlichen Jahresnutzung von etwa 1.600 h/a bis 1.800 h/a. Hier können klimatische Bedingungen oder das Nutzungsverhalten großen Einfluss nehmen. Gerade alte Heizungsanlagen wurden in der Auslegung zudem oft überdimensioniert.

Die Annahme einer homogenen Zuordnung der verschiedenen Energieträger anhand der errechneten prozentualen Anteile wurde ebenfalls aufgrund der fehlenden gebäudescharfen Angaben zu Feuerstätten und Energieträgern getroffen und kann auf Straßenzugebene abweichen.

Eine weitere Unstimmigkeit entsteht ggf. dadurch, dass die Datengrundlagen aus unterschiedlichen Erhebungsjahren stammen und somit nicht vollständig übereinstimmen oder den aktuellen Stand korrekt widerspiegeln.

Die Aggregation von Verbrauchswerten innerhalb der Datengrundlage des EVU war zudem an einigen Stellen nicht stimmig. So wurde beispielsweise zwischen namensgleichen Straßen innerhalb einer Gemeinde nicht differenziert. Zudem kamen Straßen z.T. mehrfach vor und wurden in aggregierter Form sowie einzeln dargestellt, jedoch so, dass die angegebenen Verbrauchsdaten nicht übereinstimmten. Hierbei sorgte auch die räumlich unabhängige Aggregation von Verbrauchsdaten für Schwierigkeiten in der Verbrauchszuordnung und erforderte einen hohen Arbeitsaufwand. Ein weiteres Problem der Zuordnung bestand darin, dass einzelne Straßen komplett fehlten und die Verbräuche dieser Straßen unter anderen Straßen erfasst wurden. Auch teils unterschiedliche Schreibweisen der Straßennamen zwischen den Datengrundlagen (EVU & OSM) sorgte bei der Zuordnung der Verbräuche für Probleme.

Sofern die gleiche Straße innerhalb mehrerer Gemeinden lag, musste eine Trennung bzw. eindeutige Zuordnung vorgenommen werden, um zu vermeiden, dass Verbräuche mehrfach in unterschiedlichen Gemeinden erfasst werden. Hier lassen sich Fehler aufgrund der teils undurchsichtigen Datengrundlage nicht vollständig ausschließen.

## 7 Gebäudescharfe Erfassung und Aufbereitung des Wärmebedarfs

### 7.1 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Wärmebedarfsanalyse sind gebäudescharf und umfassen je Gebäude grundsätzliche folgende Ergebnismerte für den Ist-Zustand:

- Jahres Heizwärmebedarf ohne APF in kWh/a
- Jahres Warmwasserbedarf in kWh/a
- Jahres Heizenergiebedarf ohne APF in kWh/a (Jahres Heizwärmebedarf + Jahres Warmwasserbedarf)
- Spez. Heizwärmebedarf ohne APF in kWh/m<sup>2</sup>a ergibt sich aus dem Jahres Heizwärmebedarf durch die beheizte Nutzfläche des Gebäudes
- Jahres Heizwärmebedarf mit APF in kWh/a
- Spez. Heizwärmebedarf mit APF in kWh/m<sup>2</sup>a

Im weiteren Verlauf ist mit der Bezeichnung spez. Wärmebedarf stets der spez. Heizwärmebedarf mit APF zu verstehen.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der Wärmebedarfsanalyse potenzielle Ergebnismerte errechnet, die im Falle einer Gebäudevollsanierung unter Berücksichtigung der U-Werte nach IWU (2015) erreicht werden können. Diese Ergebnisse beinhalten:

- Jahres Heizwärmebedarf (vollsaniert) in kWh/a
- Jahres Heizenergiebedarf (vollsaniert) in kWh/a
- Spez. Heizwärmebedarf (vollsaniert) in kWh/m<sup>2</sup>a
- Einsparpotenzial in %

Bei den potenziellen Ergebnissen und Einsparpotenzialen ist zu beachten, dass der reale Sanierungsstand des Gebäudes nicht berücksichtigt werden kann und die Werte somit einer

gewissen Ungenauigkeit unterliegen. Auf das Einsparpotenzial wird in Abschnitt 10.2.2 vertiefend eingegangen.

In Abbildung 7-1 sind der spez. Wärmebedarf, der spez. Wärmebedarf mit APF sowie der spez. Wärmebedarf vollsanziert zum Vergleich auf Gebäudeebene anhand eines Kartenausschnitts grafisch dargestellt.

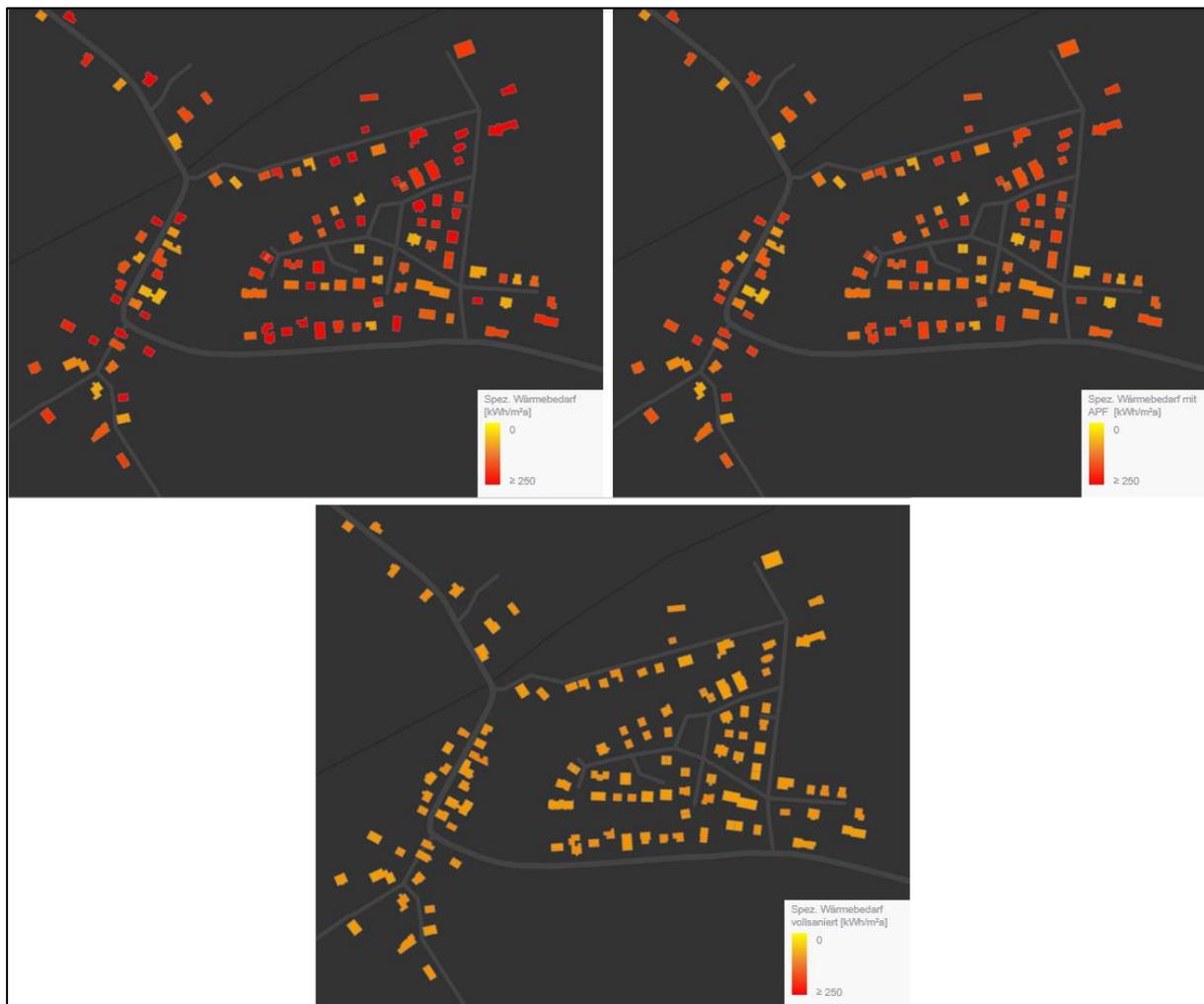


Abbildung 7-1: Veränderung des spez. Wärmebedarfs im Vergleich: Spez. Wärmebedarf (o. l.), spez. Wärmebedarf mit APF (o. r.), spez. Wärmebedarf im vollsanzierten Zustand des Gebäudes (u. m.) (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Anhand der gebäudescharfen Berechnung des Wärmebedarfs lässt sich aus den Ergebnissen der einzelnen Gebäude auch der spez. Wärmebedarf in kWh/m<sup>2</sup>a auf Quartiersebene berechnen und darstellen. Der spez. Wärmebedarf im Quartier kann als Kennzahl für mögliche Quartierskonzepte herangezogen werden und dient darüber hinaus als Grundlage für weitere Abschätzungen wie einer quartiersspezifischen Versorgungsempfehlung. Der berechnete spez. Wärmebedarf auf Quartiersebene ist beispielhaft anhand eines Kartenausschnitts in Abbildung 7-2 dargestellt.

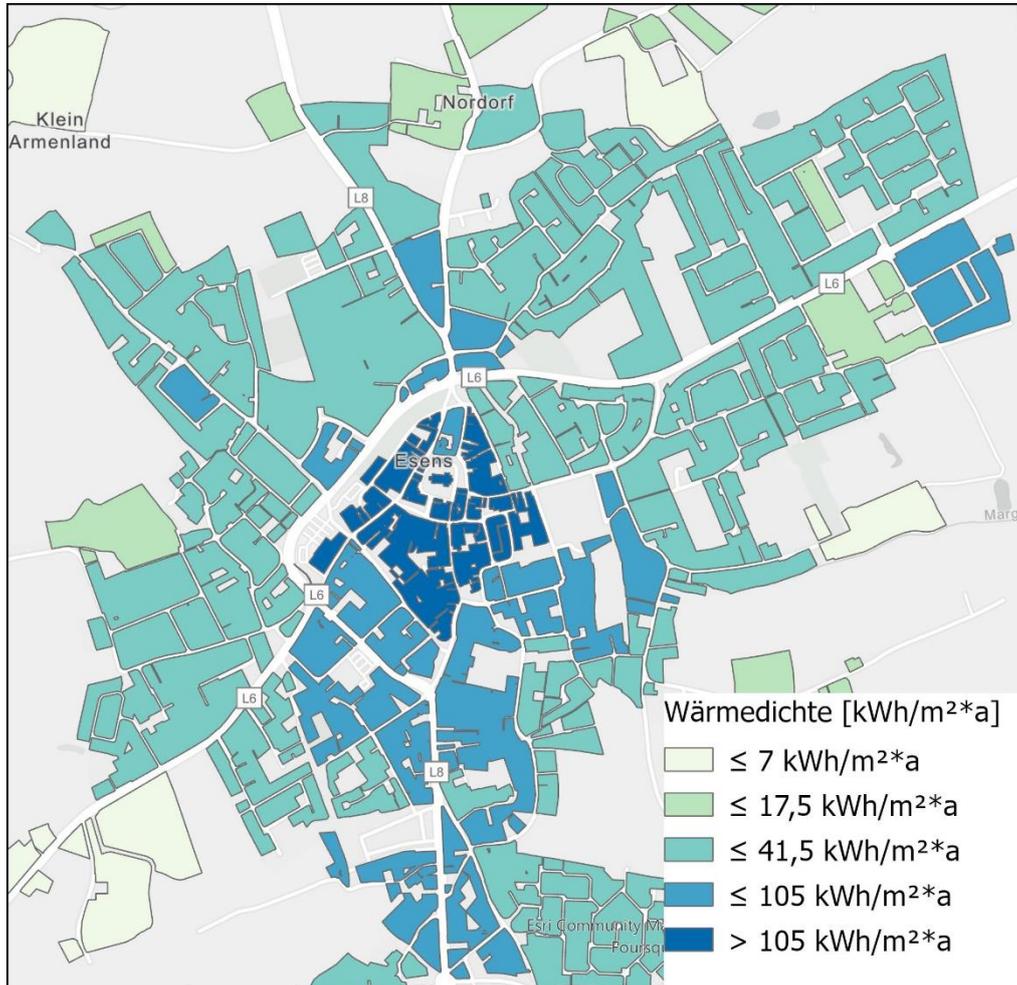


Abbildung 7-2: Darstellung des spez. Wärmebedarfs im Quartier im Stadtgebiet Esens (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Um einen allgemeinen Überblick der Wärmebedarfsstruktur in der Inselgemeinde Langeoog widerzugeben, sind entsprechende Werte je Baualtersklasse in Tabelle 7-1 dargestellt.

Tabelle 7-1: Wärmebedarfsstruktur in der Inselgemeinde Langeoog nach Baualtersklassen (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Baualtersklasse	Anzahl Gebäude	Wärmebedarf insgesamt [MWh/a]	Durchschnittlicher spez. Wärmebedarf [kWh/m²a]
bis 1919	90	3.976.458	227,0
1919-1948	322	12.431.640	217,8
1949-1978	659	27.896.460	194,4
1979-1986	16	536.979	158,8
2001-2004	15	341.707	119,2
2005-2009	34	1.003.799	104,7
2010-2015	3	127.776	77,1
ab 2016	5	132.374	125,1
<b>Gesamt</b>	<b>1.144</b>	<b>46.447.193</b>	<b>199</b>

## III Potenzialanalyse

### 8 Statistische Raumanalyse

Eine Grundlage für die Bestimmung der Klimaschutzpotenziale in der Inselgemeinde Langeoog bildet die Raumanalyse. Ziel einer Raumanalyse ist die Einteilung eines Bilanzraumes in energetisch homogene Raumeinheiten. Diese definieren sich durch einen vergleichbaren Energieverbrauch, aber auch vergleichbare Möglichkeiten der Sanierung und selbst Erneuerbare Energie zu erzeugen. Von besonderer Bedeutung ist hier der Heizwärmebedarf, der durch Sanierung der Bausubstanz deutlich verringert werden kann. Eine detaillierte Untersuchung ist aufgrund des Erhebungsaufwandes sehr kostenaufwändig und daher erst für große Gebiete wie Landkreise leistbar, da hier Prototypen erstellt und innerhalb der Region übertragen werden können (kostenreduzierende Synergieeffekte). Für den Landkreis Osnabrück wurde 2010 eine so detaillierte Untersuchung durchgeführt; die hier gewonnenen statistischen Verteilungswerte (vgl. LK OS 2010) können mit entsprechenden Anpassungen auf den Landkreis Wittmund übertragen werden. Das genaue Verfahren der Raumanalyse ist in der Fachliteratur beschrieben (vgl. Genske et al. 2010). Wie der nachfolgenden Tabelle 8-1 zu entnehmen ist, wird die gesamte Fläche des Landkreises Wittmund in elf prototypische Stadt- und vier Landschaftsräume unterteilt.

Tabelle 8-1: Prototypische Siedlungs- und Landschaftsräume in Landkreisen (Quelle: LK OS 2010)

Nutzung	Raumtyp	Beschreibung
Mischnutzung	I	Vorindustriell/ Altstadt < 1840
	II	Baublöcke Gründerzeit < 1938
	IV	Dörflich-kleinteilig
Wohnen	V	Wohlfahrt Siedl. Vorkriegszeit < 1938
	VI	WS Soz. Wohnungsbau 1950er
	VII	HH WS 70er Platte NBL 1970er
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er
	IX	Einfamilienhäuser
Gewerbe u. Industrie	X	Gewerbe und Industrie
	XI	Zweckbaukomplexe
	X-M	Gewerbe in Mischgebieten
Verkehr	XI	Verkehrsflächen
Freiflächen	XII	Grünfläche: unbewaldet
	XIIa	Grünfläche: Wald
	XIII	Landwirtschaft
	XIV	Restflächen
Mischtypen	D-E, DOE, EDd, EFH, OF	

Die aus der Raumanalyse ermittelten statistischen Daten werden mit dem erhobenen Verbrauch an Erdgas und Strom, der Wohnfläche je EinwohnerIn im Landkreis Wittmund und den Katasterflächen (LSN) kalibriert.

Aus den gewonnenen Daten lassen sich Potenziale der Einsparung (z. B. durch Sanierung) und der Erneuerbaren Energieerzeugung ermitteln. Bestimmte Formen der Erneuerbaren Energieerzeugung sind flächenneutral, das heißt: Sie sind im Stadtraum „unsichtbar“ oder sie blockieren keine zusätzlichen Freiflächen. Dies gilt z. B. für Erdwärmesonden oder die Wärmerückgewinnung aus Abwasser, aber auch für dach- und fassadenflächenintegrierte Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen. Demgegenüber stehen Anlagen und Ressourcen, die zusätzliche Freifläche beanspruchen, beispielsweise eine Freiflächen-Photovoltaikanlage oder auch der Anbau von Biomasse. Diese Flächen stehen für andere Nutzungen, wie den Anbau von Nahrungsmitteln, nicht mehr zur Verfügung. Aufgrund dieser räumlichen Eigenschaften müssen die entsprechenden Technologien unterschiedlich bewertet werden. Als Grundlage für diese Bewertung dienen umfassende räumliche GIS-Analysen, die im folgenden Kapitel beschrieben werden. Als besonders großes flächenneutrales Potenzial ist die Sanierung des Gebäudebestandes anzusehen. Hierauf ist ein Hauptaugenmerk zu legen, da Sanierung zudem eine Wohnraumverbesserung bedeutet.

Wichtige Grundlagen einer nachhaltigen Energieversorgung sind der räumliche und zeitliche Abgleich der einzelnen Potenziale mit dem Energiebedarf der Region sowie die Effizienzsteigerung bei der Verwendung der verfügbaren Energie durch ein intelligentes Lastmanagement. So nimmt bei einer weitreichenden Sanierung der Energiebedarf ab, sodass die gleichen Gebäude mit einer geringeren Menge an Erneuerbaren Energien versorgt werden können.

Durch die zuvor beschriebene Potenzialanalyse werden den Gebäuden in bestimmten Raumstrukturtypen spezifische Eignungen für die Installation von Erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen zugeordnet. Die Größen der potenziellen Nutzflächen basieren auf der Studie von Everding et al. (2007), die auf der gegebenen Maßstabebene hinreichend genaue Schätzwerte liefert. Parallel dazu werden die Daten des Solardachkatasters verwendet. Die hier ermittelten Daten stellen das technische Potential dar. Nicht alle Flächen, die hier ermittelt werden, können jedoch erschlossen werden. Zum Beispiel Denkmalschutzaspekte oder auch die Statik des Daches können die Erschließung verhindern. Daher wird von der im Solardachkataster ermittelten Fläche ein entsprechender Abschlag abgezogen.

Die oben beschriebenen Verfahren zur Potenzialanalyse und Szenarientwicklung inkl. der Raumanalyse werden in einem Rechentool abgebildet, welches in einer Tabellenkalkulation implementiert ist. Dieses Rechentool (EKP2050) wurde aufbauend auf den Arbeiten von Genske et al. (2009 und 2010) und den Erkenntnissen aus dem Integrierten Klimaschutzkonzept (LK OS 2010) und dem „Masterplan 100 % Klimaschutz“ des Landkreises Osnabrück (LK OS 2014) von der Energie-Klima-Plan GmbH (EKP) entwickelt. Die Bilanzierungsdaten wurden im Rahmen der Erstellung dieses Konzeptes für die Inselgemeinde Langeoog kalibriert. Diese fließen klimabereinigt als Grundlage (Startjahre der Szenarien) für die Potenzial- und Szenarienberechnung in das EKP2050 ein. Das EKP2050 ist das grundlegende Werkzeug, welches zur Potenzialermittlung und Szenarientwicklung für den Landkreis Wittmund eingesetzt wird. Die Potenziale und Szenarien werden im Folgenden näher beschrieben.

## 9 Potenziale Erneuerbarer Energieerzeugung

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Endenergie- und Treibhausgasbilanz für die Inselgemeinde Langeoog dargestellt worden sind, soll dieses Kapitel die vorhandenen Potenziale und die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen bis 2040 in den Blick nehmen. Dafür werden mögliche Szenarien entwickelt, aus denen sich Handlungsstrategien ableiten und darstellen lassen. Zudem können so vorgegebene Zielpfade auf ihre Erreichbarkeit überprüft werden. Im Kapitel 3.2 wurde das Vorgehen zur Entwicklung von möglichen Energieszenarien erläutert.

### 9.1 Solar

#### 9.1.1 Methodik der GIS-Analyse

Auf Grundlage von hochauflösenden Laserscandaten ist flächendeckend für jedes Gebäude und für geeignete Freiflächen in den Landkreisen Wittmund und Friesland das Solarpotenzial errechnet worden. Das Ergebnis dieser Analyse beschreibt das technisch vorhandene Solarpotenzial in den Landkreisen. Zur Ermittlung des erschließbaren Potenzials müssen, wie zuvor beschrieben, Annahmen zur Eignung der Gebäude getroffen werden. Diese werden im Analyseteil konkret erläutert.

##### 9.1.1.1 Dachflächenpotenzial

Die Solarpotenzialanalyse für die insgesamt über 160.000 Gebäude in den Landkreisen Wittmund und Friesland wurde auf Grundlage von hochauflösenden Laserscandaten aus dem Jahr 2019 durchgeführt. Die Methode zur Berechnung des Solarenergiepotenzials erfolgt über geographische Informationssysteme (GIS). Zur Lokalisierung der über 160.000 Gebäude wurden die Gebäudeumringe aus der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) mit Stand November 2020 verwendet. Die Gebäudegrundrisse geben die Gebäudeaußenmauern des Hauses an. Dachüberstände sind darin nicht berücksichtigt. Für jeden homogenen Dachflächenbereich werden zunächst die Standortfaktoren Dachneigung, Dachexposition und Dachflächengröße ermittelt. Über hochgenaue Ganzjahreseinstrahlungsanalysen wird die solare Einstrahlung und die Abschattung, verursacht durch Dachstrukturen oder Vegetation, exakt errechnet und in der Potenzialberechnung berücksichtigt. Zu jeder geeigneten Dachteilfläche werden der potenzielle Strom- und Wärmeertrag, die mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung und die mögliche zu installierende kW-Leistung errechnet.

##### 9.1.1.2 Freiflächenpotenzial

Auch das Freiflächenpotenzial in den Landkreisen Wittmund und Friesland wurde auf Grundlage der Laserscandaten ermittelt. Über eine GIS-Analyse wurden Flächen selektiert, die nach EEG 2021 für den Bau von PV-Freiflächenanlagen förderfähig sind. Dies sind insbesondere Flächen innerhalb eines 200 m Puffers entlang von Autobahnen und Schienenwegen sowie Konversionsflächen. Zusätzlich wurde das Potenzial auf Gewässerflächen für die sogenannte Floating PV ermittelt.

Für die Eignung zur Solarthermienutzung wurden auch Flächen außerhalb der Korridore der EEG-Förderung untersucht. Für die Solarthermienutzung eignen sich besonders Flächen, die sich in unmittelbarer Nähe zu Siedlungsflächen befinden.

Für die geeigneten Freiflächen wurden der potenzielle Strom- und Wärmeertrag sowie die CO<sub>2</sub>-Einsparung und die installierbare kW-Leistung ermittelt. Zur Ermittlung der erschließbaren Fläche, wurde diese auch noch mit Menge der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Flächen verglichen, da auch Flächen neben Autobahnen und Schienenwegen meist landwirtschaftlich genutzt werden. So wurde angenommen, dass die möglichen Flächen keinen größeren Anteil als 0,5 % der landwirtschaftlichen in Anspruch nehmen sollen.

### 9.1.2 Ergebnisse

Im Zuge der Solarpotenzialanalyse wurde das technisch nutzbare Potenzial auf Dach- und Freiflächen für die Inselgemeinde Langeoog bestimmt. Zur Ermittlung des erschließbaren Potenzials wurden weitere Annahmen zur Einschränkung getroffen, um Belange wie z.B. die statische Eignung, den Denkmalschutz aber auch den Ausbauwillen der Besitzer der Gebäude zu berücksichtigen. Die Annahmen und Ergebnisse der Analysen sind im Folgenden für die Technologien Solarthermie Dach- und Freifläche sowie PV-Dach- und PV-Freifläche dargestellt.

Die Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse für die Inselgemeinde Langeoog sind in Tabelle 9-1.

Tabelle 9-1: Theoretische Solarpotenziale der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IPS)

Energieträger	Fläche oder Anzahl	Leistung in MW	Energieertrag Strom in MWh/a	Energieertrag Wärme in MWh/a
PV (Dach)	175.054 m <sup>2</sup>	34	27.872	-
PV (Freifläche)	238.504 m <sup>2</sup>	46	42.899	-
PV (Floating)	62.345 m <sup>2</sup>	12	11.224	-
Solarthermie	251.098 m <sup>2</sup>	-	-	118.154

#### 9.1.2.1 Solarthermie

##### Ermittlung des technischen Potenzials

Solarthermische Anlagen können nur einen kleinen Anteil zur Wärmeproduktion beitragen, sie stellen aber eine kostengünstige und marktgängige Technik dar, um Erneuerbare Wärme für die Gebäude bereitzustellen. Auch die Bereitstellung für Prozesse, z. B. Holz Trocknung ist möglich. Aspekte wie die Statik des Gebäudes oder die Flächenkonkurrenz zu Photovoltaik werden an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt.

##### Ermittlung des erschließbaren Potenzials

Die thermische Solarfläche kann aufgrund der gewünschten lokalen Abnahme maximal so groß sein, dass die produzierte Wärme auch genutzt werden kann. Die Speicherung von Wärme ist in den meisten Fällen nur über einen kurzen Zeitraum wirtschaftlich sinnvoll. Langzeitspeicherung erfordert besondere Bedingungen und wird daher zurzeit nur in wenigen Projekten realisiert und erforscht.

Aus diesen Gründen werden für die Szenarien von der solaren Nutzfläche auf den Gebäuden nur ein Anteil für die solarthermische Anlagen in die Berechnung einbezogen. Die Fläche ist trotz der gleichen Potenzialausschöpfung im Klimaschutzszenario kleiner, da hier auch der Energiebedarf gegenüber dem Trendszenario stark reduziert ist.

Tabelle 9-2: Annahmen Solarthermie Dach (Quelle: EKP)

Solarthermie/ Wärmeezeugung Dach		Trend [Ziel]	Klimaschutz [Ziel]
Haushalte	Deckungsgrad - WW	80,0 %	80,0 %
	Deckungsgrad - RW	30,0 %	30,0 %
	Potenzialausschöpfung	55,0 %	55,0 %
Industrie u. GHD	Deckungsgrad - WW	50,0 %	50,0 %
	Deckungsgrad - RW	30,0 %	30,0 %
	Potenzialausschöpfung	55,0 %	55,0 %

Für das Klimaschutzszenario wird für 2040 angenommen, dass der solare Deckungsgrad für Warmwasserwärme (WW) 80 % und für Heizwärme (HW) 30 % bei den Haushalten (HH) beträgt. Für Industrie und GHD wird angenommen, dass der solare Deckungsgrad für Prozesswärme 80 % und für Raumwärme 30 % beträgt. Die Annahmen sind für das Trendszenario gleich denen beim Klimaschutzszenario. Auch die Ausschöpfung der Potenziale wird gleich angenommen. Für Trend und Klimaschutz wird angenommen, dass die Ausschöpfung für Industrie und GHD sowie Haushalte 55 % beträgt.

### 9.1.2.2 Photovoltaik

#### Ermittlung des technischen Potenzials auf Dachflächen

Parallel zur solarthermischen Nutzung der Dachflächen wurde auch ihre Eignung im Hinblick auf Photovoltaik untersucht. Bei der Betrachtung des technischen Potenzials wird die Eignung auf Grundlage der Neigung, Ausrichtung und Verschattung bestimmt. Aspekte wie die Statik des Gebäudes oder die Flächenkonkurrenz zu Solarthermie werden an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse der Photovoltaik-Potenzialberechnung sind in Tabelle 9-1 dargestellt.

#### Ermittlung des technischen Potenzials auf Freiflächen

Auf Freiflächen, die z.B. auf einem Randstreifen von 200 m an Autobahnen und Schienenwegen liegen, können in der Inselgemeinde Langeoog insgesamt 46 MWp PV-Leistung installiert werden. Mit 320 W Modulen in Standardmodulgröße könnte damit ein Stromertrag von insgesamt 42.899 MWh erzeugt werden.

Auf Gewässerflächen in der Inselgemeinde Langeoog könnten insgesamt 62.345 m<sup>2</sup> genutzt werden. Mit 320 W Modulen in Standardmodulgröße könnte damit ein Stromertrag von insgesamt 11.224 MWh erzeugt werden.

#### Ermittlung des erschließbaren Potenzials auf Freiflächen

Bei großen Freiflächenanlagen ist abzusehen, dass ein massiver weiterer Ausbau zu Konflikten und Akzeptanzproblemen führen wird. Mit der Integration von PV-Technologie in die Hüllen von Gebäuden und Verkehrswegen (z.B. als Lärmschutz) oder ihre Einbindung in Agrarflächen können in Zukunft zusätzliche Flächen für die Solarstromerzeugung erschlossen werden. Integrierte Photovoltaiktechnologie kann damit Flächennutzungskonflikte lösen und schafft

gleichzeitig an vielen Stellen Synergieeffekte. Für die langfristige Zukunft wird im Klimaschutzszenario in der Inselgemeinde Langeoog deshalb die Annahme getroffen, dass maximal 0,5 % der landwirtschaftlichen Flächen für PV-Freiflächen zur Verfügung stehen.

Eine Alternative, um großflächige Anlagen zu errichten, sind beispielsweise Solar-Carports. Diese bieten neben dem Schutz für die darunter parkenden Fahrzeuge die Möglichkeit, auf den Dächern Strom zu erzeugen und diesen direkt für E-Mobile zu nutzen und in Speicher oder ins Stromnetz einzuspeisen.

## 9.2 Windkraft

### 9.2.1 Methodik der GIS-Analyse

Die Potenzialanalyse für Windkraft basiert auf einer 1:1-Repowering-Analyse und einer Neu- belegung von Windenergieanlagen auf ausgewiesene Potenzialflächen innerhalb von vier Gemeinden. Auf Grundlage der Bestandsanlagen aus den übermittelten Daten der Landkreise Wittmund und Friesland sowie den ausgewiesenen Potenzialflächen konnte ein jährlicher Ertrag berechnet werden. Die Informationen zu den Bestandsanlagen wurden hinsichtlich der Inbetriebnahme der Anlage, des jährlichen Ertrags und den Abständen zur nächsten Anlage aufbereitet. Alle Bestandsanlagen, die den Betriebsstatus „aufgestellt“ und „geplant“ sowie einen Inbetriebnahmejahr ab 2017 besitzen, wurden in der Repowering-Analyse berücksichtigt und werden nicht mit einer neuen Anlage ausgetauscht. Im Gegensatz dazu werden alle Bestandsanlagen vor einem Inbetriebnahmejahr von 2017 mit der Windenergieanlage ENERCON E-138 EP3 E2, unter Berücksichtigung der Abstände zur nächsten Anlage, ausgetauscht. Es wurde die Windenergieanlage ENERCON E-138 EP3 E2 / 4,2 MW für die Potenzialberechnung herangezogen. Die Kennzahlen der Windenergieanlage sind in der folgenden Tabelle 9-3 zusammengefasst.

Tabelle 9-3: Kennzahlen der Windenergieanlage (Quelle: Enercon.de)

<b>Anlagenbezeichnung</b>	ENERCON E-138 EP3 E2 / 4,2 MW
<b>Nennleistung</b>	4,2 MW
<b>Nabenhöhe</b>	130 m
<b>Rotordurchmesser</b>	138,25 m
<b>Abstand zur nächsten Windenergieanlage</b>	3,25 * Rotordurchmesser = 450 m

Die Windenergieanlagen ab Inbetriebnahmejahr 2017 wurden mit dem 3,25-fachen des Rotordurchmessers von der ENERCON E-138 EP3 E2 gepuffert. Diese Flächen sind von der Repowering-Analyse ausgeschlossen worden. Auf den restlichen zur Verfügung stehenden Flächen mit Windenergieanlagen mit einer Inbetriebnahme vor 2017 wurde eine potenzielle Stromertragsrechnung durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Flächen mit Bestandsanlagen ab dem Inbetriebnahmejahr von 2017 und den Flächen fürs Repowering, wurde für die Potenzialflächen der Gemeinden Esens, Holtriem, Stadt Wittmund und Wangerland der potenzielle Stromertrag durch Neuplatzierung der ENERCON-Anlage ebenfalls berechnet.

Der potenzielle Stromertrag einer Windenergieanlage berechnet sich aus dem Produkt der Stundenanzahl, der relativen Häufigkeit der einzelnen Windgeschwindigkeit und der Leistung

der Windenergieanlagen in Bezug auf die jeweilige Windgeschwindigkeit sowie der Addition der Produkte der einzelnen Windenergieanlagen (Walter et al. 2018). Da der Wind unterschiedliche Geschwindigkeiten aufweist, war es für die Ertragsberechnung notwendig, die relative Verteilung der Windgeschwindigkeiten zu ermitteln. Die relative Häufigkeit bildet ab, wie beständig eine bestimmte Windgeschwindigkeit an einem Standort vorkommt. Im Einzelnen werden für diese Berechnung zunächst Daten des Deutschen Wetterdienstes über die mittlere Windgeschwindigkeit, die für eine Höhe von 100 m über den Erdboden vorliegen, auf die Nabenhöhe der Windenergieanlage extrapoliert. Die Extrapolation erfolgt mit Hilfe des logarithmischen Windgesetzes, wobei eine Bodenrauigkeit von 0,1 m (Landwirtschaftliches Gelände mit geschlossenem Erscheinungsbild) angenommen wird. Bei der Bodenrauigkeit handelt es sich um einen Wert in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit der Landschaft (Lundtang Petersen & Toren 1990: 44). Daraufhin wird die relative Häufigkeit der in Deutschland vorkommenden mittleren Windgeschwindigkeiten berechnet, um die Häufigkeiten mit den Leistungskennlinien der betrachteten Windenergieanlagen zu verschneiden (Walter et al. 2018).

### 9.2.2 Ergebnis der Potenzialanalyse für Windkraft

Da Vorranggebiete Gemeindeübergreifend ausgewiesen werden, sind die Potenziale für Windenergie nur landkreisweit berechnet worden und nicht auf Gemeindeebene.

Im Landkreis Wittmund sind 245 Windenergieanlagen aufgestellt und 4 weitere in Planung (Stand 2019). Die aufgestellten Anlagen erreichen einen Energieertrag von insgesamt 845,3 GWh/a. Insgesamt 204 Anlagen wurden vor 2017 und insgesamt 41 Anlagen (45 inkl. der geplanten Anlagen) wurden nach 2017 im Landkreis in Betrieb genommen. Auf der zur Verfügung stehenden Fläche der leistungsschwächeren Anlagen (vor dem Jahr 2017) können insgesamt 147 leistungsstärkere ENERCON-Anlagen errichtet werden. Die leistungsstärkeren Anlagen erreichen hierbei einen Energieertrag von insgesamt 2.528 GWh/a. Die ENERCON-Anlagen erreichen zusammen mit den Bestandsanlagen ab dem Jahr 2017 (inkl. der geplanten Anlagen) einen Gesamtenergieertrag von etwa 2.718,85 GWh/a. Die Abstände der Windenergieanlagen untereinander wurden bei der Analyse berücksichtigt. Auf Basis der ausgewiesenen Potenzialflächen in den Gemeinden Esens, Holtriem und in der Stadt Wittmund können, unter Berücksichtigung der Bestands- und Repoweringflächen, insgesamt 81 ENERCON-Anlagen mit einem zusätzlichen Gesamtenergieertrag von 1.395,5 GWh/a platziert werden (s. Tabelle 9-4)

Tabelle 9-4: Ergebnis der Windpotenzialanalyse im Vergleich für 2019 (Quelle: IP SYSCON GmbH)

		Anzahl	Energieertrag [GWh/a]
<b>Situation 2019</b>	Windenergieanlagen Inbetriebnahmejahr vor 2017	204	690,31
	Windenergieanlagen Inbetriebnahmejahr ab 2017 (geplant)	41 (45)	154,99 (190,35)
	<b>Summe der Windenergieanlagen (2019 aufgestellt)</b>	<b>245</b>	<b>845,3</b>
	<b>Summe der Windenergieanlagen (2019 aufgestellt und geplant)</b>	<b>249</b>	<b>880,66</b>
<b>Repowering</b>	ENERCON E-138 EP3 E2	147	2.528,50

	Windenergieanlagen Inbetriebnahmejahr ab 2017	45	190,35
	<b>Summe der repowerten Anlagen und Bestandsanlagen ab Inbetriebnahmejahr 2017 (inkl. 2019 geplanter Anlagen)</b>	<b>192</b>	<b>2.718,85</b>
<b>Potenzialflächen</b> - Esens - Holtriem - Stadt Wittmund	ENERCON E-138 EP3 E2	81	1.395,5

**Hinweis:** Für die Energiebilanzierung mit Referenzjahr 2019 wurden 245 betriebene Windenergieanlagen berücksichtigt. Bei der Repowering-Analyse sowie der Analyse von zukünftigen Potenzialflächen wurden auch geplante Anlagen berücksichtigt, sodass sich 249 Windenergieanlagen ergeben.

In der Abbildung 9-1 werden die Potenzialflächen unter Berücksichtigung der Bestands- und Repoweringflächen in grüner Farbe dargestellt. Die dazugehörigen potenziellen Standorte sind ebenfalls in der Karte verzeichnet.

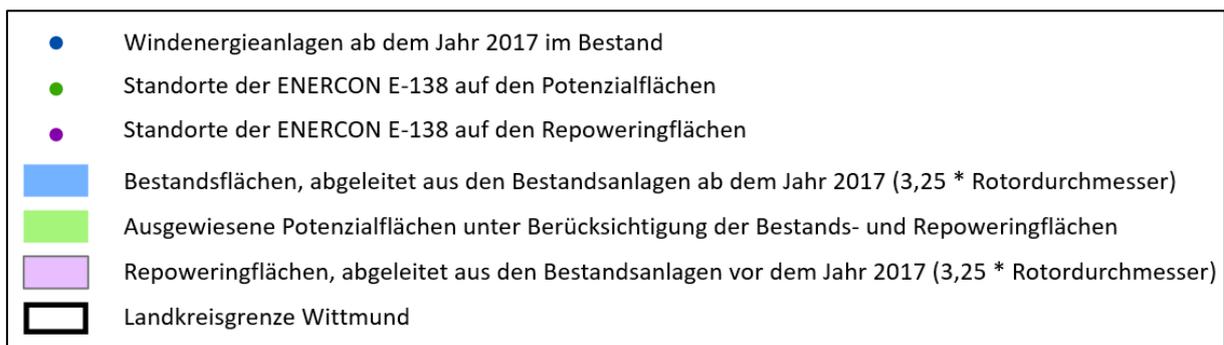
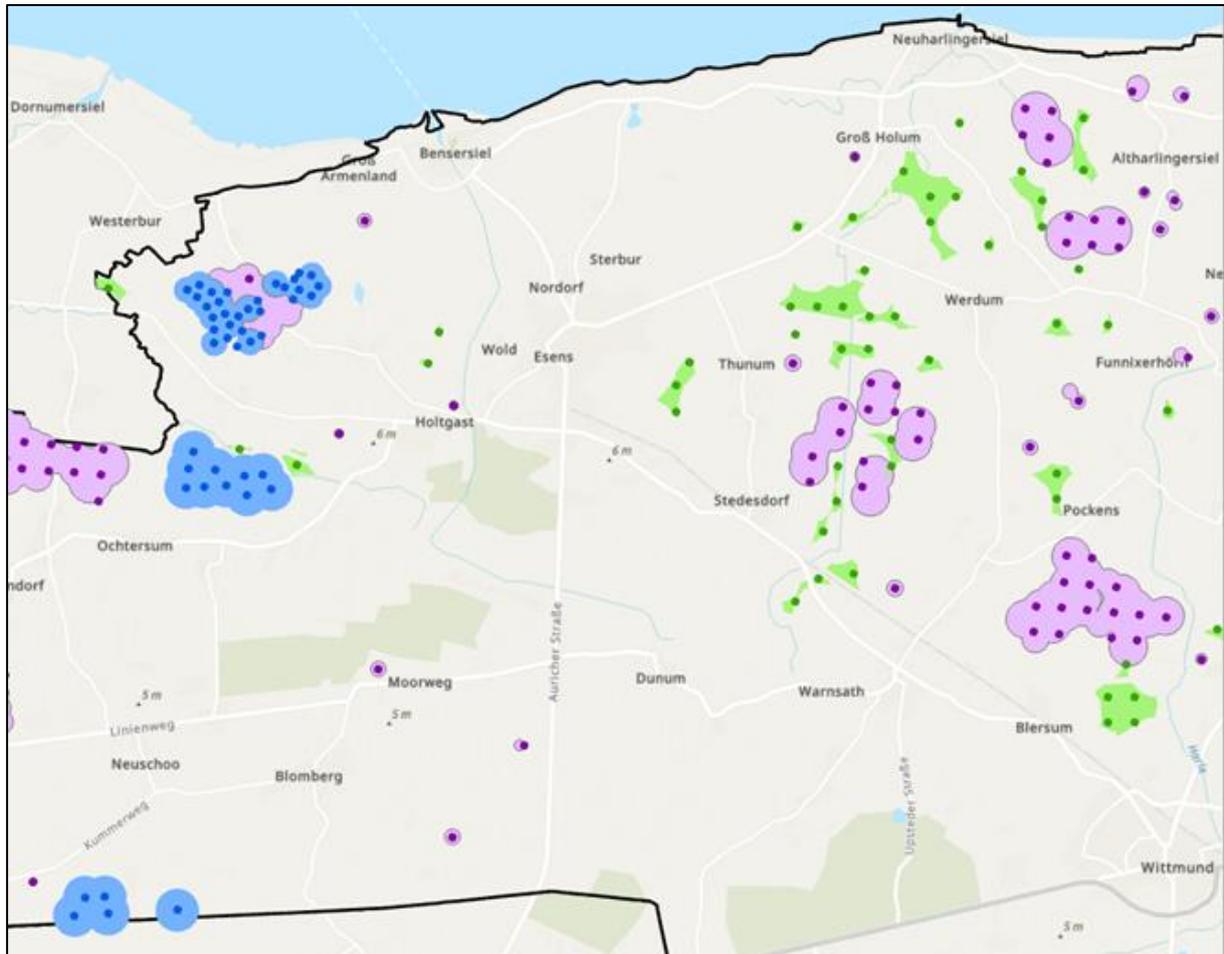


Abbildung 9-1: Räumliche Darstellung des Windpotenzials für den Landkreis Wittmund (Quelle: IP SYSCON GmbH)

## 9.3 Wasserkraft

Im Zuge der Projektbearbeitung zur Potenzialanalyse wurde auch das Potenzial in Bezug auf Wasserkraft untersucht. Aufgrund des geringen Gefälles der Flüsse und der flachen Topologie des Landkreises sind im gesamten Landkreis jedoch keine nennenswerten Potenziale diesbezüglich vorhanden.

## 9.4 Geothermie und Umweltwärme

Die Geothermie – auch Erdwärme genannt – ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche. Die Temperatur im Erdinneren nimmt mit der Tiefe stetig zu und wird in natürlich aufgeheizten Thermalwässern vorwiegend zur Regeneration genutzt. Heutzutage wird sie auch für die Gewinnung emissionsfreier Energie verwendet. Hinsichtlich der energetischen Nutzung wird in Deutschland zwischen der tiefen (ab 400 m) und oberflächennahen (bis 400 m) Geothermie und Umgebungswärme unterschieden. Allen Systemen der Tiefengeothermie ist gemeinsam, dass ein Wärmeträgermedium (meist Wasser) zwischen Untergrund und Erdoberfläche zirkuliert und dabei Wärme gewinnt. Oberflächennahe Erdwärmesysteme benötigen eine Wärmepumpe, um die dem Untergrund entzogene Wärme vom niedrigen Quelltemperaturniveau (Erdreichtemperatur) auf ein höheres, zur Gebäudebeheizung nutzbares, Temperaturniveau anzuheben. Zu den Oberflächennahen Erdwärmesystemen gehören die Erdwärmesonden und -kollektoren, die in Kombination mit Wärmepumpen funktionieren. In Niedersachsen gewinnt die oberflächennahe Geothermie zunehmend an Bedeutung, weil sie im Gegensatz zu den meisten anderen erneuerbaren Energieträgern wie Wind, Wasser oder Sonne eine Energieform ist, die unabhängig von Witterung, Tages- und Jahreszeit nahezu ständig zur Verfügung steht.

### 9.4.1 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden werden in vertikalen Bohrungen in die Erdoberfläche verlegt. Erdwärmesonden gehören zu den geschlossenen Systemen, weil sich das Wärmeträgermedium (zumeist Sole) in einem geschlossenen Kreislauf befindet. Die nötige Sondenlänge ist von der spezifischen Entzugsleistung des Bodens, der Effizienz der Wärmepumpe im Zusammenhang mit den benötigten Vorlauftemperaturen des Heizsystems abhängig. Die übliche Tiefe der Erdwärmesonden geht in Abhängigkeit zum Bergrecht, der geologischen und anlagenbedingten Voraussetzungen meist bis zu 100 m.

Grundvoraussetzung für das Betreiben einer Erdwärmesonde ist die Genehmigungsfähigkeit und das Einhalten der VDI-Richtlinie 4640. Die VDI-Richtlinie 4640 enthält im Blatt 2 Hinweise zur Wärmeentzugsleistung für Sonden im Hinblick auf die Betriebsstunden der Wärmepumpe und der Beschaffenheit des Bodens (vgl. Tabelle 9-5). Die spezifische Entzugsleistung ist eine Angabe, die vom gesteinspezifischen Wärmetransportvermögen des Untergrundes, aber auch von technischen Größen der Erdwärmesondenanlagen, wie z.B. der Höhe der Betriebsstunden abhängt. Die Einheit der spezifischen Entzugsleistung für Sonden wird in Watt pro Meter angegeben. Für eine Heizanlage ohne Warmwasseraufbereitung werden 1.800 Betriebsstunden pro Jahr und bei Anlagen zusätzlich mit Warmwasseraufbereitung 2.400 Betriebsstunden pro Jahr kalkuliert.

Tabelle 9-5: Spezifische Entzugsleistung für Erdwärmesonden &lt; 30 kW (nach VDI 4640 Blatt 2 2019).

Untergrund	Spezifische Wärmeentzugsleistung [W/m]	
	1.800 h/a	2.400 h/a
Schlechter Untergrund mit $\lambda < 1,5 \text{ W/m}^*\text{K}$	25	20
Normaler felsiger Unter- grund, wassergesättigtes Sediment mit $\lambda = 1,5 - 3,0 \text{ W/m}^*\text{K}$	60	50
Festgestein mit $\lambda \geq 3,0 \text{ W/m}^*\text{K}$	84	70

Die zuständige Untere Wasserbehörde prüft in den zulässigen und bedingt zulässigen Gebieten anhand des erforderlichen Antrags und der Standorteignung, ob die Voraussetzungen für den Bau und Betrieb einer Erdwärmesondenanlage erfüllt sind (s. Tabelle 9-6). Die Daten zu den Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie in Niedersachsen (Maßstab 1:500.000) dienen einer ersten Einschätzung zu den Nutzungsbedingungen für Erdwärmesonden und ersetzen nicht die konkrete Überprüfung im Rahmen des Anlagenbaus.

Tabelle 9-6: Nutzungsbedingungen oberflächennaher Erdwärmesonden in Niedersachsen 1:500.000 eingeteilt in drei Flächenkategorien (Quelle: NIBIS© 2021).

Flächenkategorien	Beschreibung
Zulässige Gebiete	In der Regel ist in diesen Gebieten bei Einhaltung der im Leitfaden „Erdwärmennutzung in Niedersachsen“ beschriebenen Anforderungen an Bauausführung und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen die Nutzung von Erdwärme zulässig. Im Einzelfall kann es in Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen auch in diesen Gebieten zu weiteren Auflagen oder Beschränkungen durch die Untere Wasserbehörde kommen, da nicht alle Einschränkungsgründe flächenhaft bekannt und kartiert sind (z.B. Altlasten).
Bedingt zulässige Gebiete	In diesen Gebieten stellt die Untere Wasserbehörde in einer wasserrechtlichen Einzelfallprüfung fest, ob und unter welchen Voraussetzungen die Erdwärmennutzung durch Erdwärmesonden möglich ist. Die unterschiedlichen Ursachen für die Zuordnung eines Gebietes zu dieser Flächenkategorie sind in der Legende zusammenfassend aufgelistet.
Unzulässige Gebiete	In diesen Gebieten gilt ein Verbot zur Errichtung und zum Betrieb von Erdwärmesondenanlagen. Die unterschiedlichen Ursachen für die Zuordnung eines Gebietes zu dieser Flächenkategorie sind in der Legende zusammenfassend aufgelistet.

### 9.4.2 Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren nutzen die im Boden gespeicherte Energie aus solarer Einstrahlung und atmosphärischen Einträgen (Niederschlag). Im Gegensatz zu den Erdwärmesonden werden die Erdwärmekollektoren horizontal in der Fläche unterhalb der Einbautiefe von 1,2 m bis 2,5 m verlegt und erreichen somit das Grundwasser häufig nicht. Kollektoren nehmen ebenfalls die Erdwärme über einen Wärmeträgermedium auf und geben diese an Wärmepumpen weiter. Die Rohre werden in sogenannten Rohrschlangen verlegt und sollten einen Abstand von 0,3 m bis 0,8 m aufweisen. Es existieren noch andere Bauweisen, auf die jedoch im Bericht nicht weiter eingegangen wird.

Die Standorteignung von Böden für Kollektoren ist gegeben, wenn die Böden eine gute Wärmeentzugsleistung aufweisen. Hierfür müssen die Böden eine gute Durchfeuchtung und/oder geringe Grundwasserflurabstände aufweisen. Im Gegensatz dazu sind trockene, sandige Böden mit einem großem Grundwasserflurabstand weniger geeignet. Auf Grundlage der räumlichen Differenzierung in bodenkundlichen Karten, den zugehörigen Beschreibungen der Bodenprofile in einer Tiefe von 1,2 m bis 1,5 m, den Angaben zum Grundwasserstand sowie der Bewertung von Bodenarten und Festgesteinen, existiert eine Karte der potenziellen Standorteignung für den Einsatz von Erdwärmekollektoren, welches auf dem NIBIS Kartenserver bereitgestellt wird. In der Karte der potenziellen Standorteignung sind drei Eignungsklassen (gut geeignet, geeignet, wenig geeignet) angegeben (vgl. Tabelle 9-7).

Tabelle 9-7: Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren für Einbautiefe 1,2 m bis 1,5 m in Niedersachsen (Quelle: NIBIS® 2021).

Eignungskategorien	Wärmeentzugsleistung
gut geeignet	> 30 W/m <sup>2</sup>
geeignet	20-30 W/m <sup>2</sup>
wenig geeignet	< 20 W/m <sup>2</sup>
nicht geeignet	Fels, Bodenklasse 7 n. DIN 18300
keine Zuordnung möglich	-

Gut geeignet sind Böden im Einflussbereich des Grundwassers sowie Böden mit hohem Wasserspeichervermögen. Wenig geeignet sind flachgründige Böden auf Festgesteinen sowie trockene Böden. Nicht geeignet sind Felsböden (Bodenklasse 7 nach DIN 18300).

Zudem dürfen die Flächen für Erdwärmekollektoren nicht verschattet oder überbaut sein, da sonst eine vollständige Regeneration des Bodens durch Sonneneinstrahlung nicht mehr gewährleistet werden kann oder es muss eine aktive Regeneration, z. B. durch Solarthermieanlagen, erfolgen.

### 9.4.3 Geothermiepotenzialanalyse

Zur Errichtung und Betreibung der Erdwärmeanlagen sind als gesetzliche Grundlagen insbesondere das Niedersächsische Wassergesetz (NWG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Bundesberggesetz (BbergG) und das Gesetz über die Durchforschung des Reichgebietes nach nutzbaren Lagerstätten (LagerstG) zu beachten. In Trinkwassergewinnungsgebiete sowie bei weiteren Nutzungen besteht eine besondere Schutzbedürftigkeit des Grundwassers. So kann es innerhalb von Schutzgebieten oder Gebieten mit hydrogeologischen Besonderheiten vorkommen, dass die Nutzung von Erdwärmeanlagen nur bedingt möglich oder verboten

ist. Zu den unzulässigen Gebieten gehören die Trinkwasserschutzzonen I und II sowie die Heilquellenschutzgebietszonen I, II und A. Die Daten zu den WSG- und HQS-Zonen sind kostenfrei zugänglich auf der Internetseite vom NLWKN.

Da sich der Landkreis Wittmund in Niedersachsen befindet, sind wesentliche Informationen für das geothermische Potenzial dem LBEG entnommen worden. Somit existieren weitere Angaben zu den Restriktionen, die zu beachten sind. Anderweitig genutzte Flächen, wie Gebäude, Verkehrsflächen, Gewässer, Industrie und Gewerbe, Flugverkehr etc. zählen ebenfalls zu den ausgeschlossenen Flächen.

Die Ausschlusskriterien aus den genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzen sind in Tabelle 9-8 für Erdwärmesonden und in Tabelle 9-9 für Erdwärmekollektoren zusammengefasst aufgeführt.

*Tabelle 9-8: Ausschlusskriterien aus den genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzen in Niedersachsen für Erdwärmesonden (Quelle: IP SYSCON GmbH)*

Datenbezeichnung	Datenquelle	Restriktionen	Nachweis Restriktionen
Landkreisgrenzen	Landkreis Wittmund (2021)	k. A.	k. A.
Gebäude	ALKIS (2021)	Geometrie des Gebäudes zusammen mit 2 m Puffer	LBEG (2012)
Siedlungsgrenzen	Basis-DLM - Auszug aus den Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) (2021)	außerhalb des Siedlungsgebietes: sie01_f sie02_f	
Flurstücke	Landkreis Wittmund (2021)	Flurstücksgrenze auf beiden Seiten mit -5 m Puffer	LBEG (2012)
WSG	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2021)	Schutzzone I Schutzzone II	LBEG (2012)
HQSG	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2021)	Schutzzone A (quantitativ) Schutzzone I Schutzzone II	LBEG (2012)

Datenbezeichnung	Datenquelle	Restriktionen	Nachweis Restriktionen
Flächennutzungen: Industrie und Gewerbe Straßenverkehr Fußgängerzone Bahnverkehr Fließgewässer Hafenbecken Meer Platz Weg Sumpf Stehendes Gewässer Schiffsverkehr Moor Flugverkehr	ALKIS (2021)	Industrie und Gewerbe Straßenverkehr Fußgängerzone Bahnverkehr Fließgewässer Hafenbecken Meer Platz Weg Sumpf Stehendes Gewässer Schiffsverkehr Moor Flugverkehr	

Tabelle 9-9: Ausschlusskriterien aus den genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzen in Niedersachsen für Erdwärmekollektoren (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Datenbezeichnung	Datenquelle	Restriktionen	Nachweis Restriktionen
Landkreisgrenzen	Landkreis Wittmund (2021)	k. A.	
Gebäude	ALKIS (2021)	Geometrie des Gebäudes zusammen mit 0,7 m Puffer	
Siedlungsgrenzen	Basis-DLM - Auszug aus den Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) (2021)	außerhalb des Siedlungsgebietes: sie01_f sie02_f	
Flurstücke	Landkreis Wittmund (2021)	Flurstücksgrenze auf beiden Seiten mit -1 m Puffer	LBEG (2012)

Datenbezeichnung	Datenquelle	Restriktionen	Nachweis Restriktionen
WSG	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2021)	Schutzzone I Schutzzone II	LBEG (2012)
HQSG	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2021)	Schutzzone A (quantitativ) Schutzzone I Schutzzone II	LBEG (2012)
Flächennutzungen: Industrie und Gewerbe Straßenverkehr Fußgängerzone Bahnverkehr Fließgewässer Hafenbecken Meer Platz Weg Sumpf Stehendes Gewässer Schiffsverkehr Moor Flugverkehr	ALKIS (2021)	Industrie und Gewerbe Straßenverkehr Fußgängerzone Bahnverkehr Fließgewässer Hafenbecken Meer Platz Weg Sumpf Stehendes Gewässer Schiffsverkehr Moor Flugverkehr	

Für die potenzielle Wärmegegewinnung aus dem Erdreich wurde die Wärmeleitfähigkeit für Erdwärmesondenanlagen bis 30 kW-Leistung und einer Bezugstiefe von 80 m betrachtet. Des Weiteren werden Annahmen über die Ausführung der Erdwärmesonden getroffen, wie den Sondenabstand untereinander von 6 m und den Mindestabstand der Sonden zwischen Grundstücksgrenzen (hier Flurstücksgrenzen) von 10 m Entfernung. Sowohl für eine Betriebsdauer von 2.400 h/a als auch für eine Betriebsdauer von 1.800 h/a wurden Angaben zur nutzbaren Wärmemenge berechnet. Die Bohrtiefenbegrenzung und die spezifische Wärmeentzugsleistung wurden über den NIBIS Kartenserver abgerufen als WMS ins GIS hineingeladen und in die Berechnung integriert. Für die potenzielle Wärmegegewinnung für die Erdwärmekollektoren wurde die potenzielle Standorteignung für Einbautiefen zwischen 1,2 m bis 1,5 m und die dazugehörige Wärmeentzugsleistung in W/m<sup>2</sup> berücksichtigt.

Die potenziellen Flächen und die zu erwartende potenzielle Wärmemenge wurden mit Hilfe einer räumlichen Analyse im GIS berechnet.

#### 9.4.4 Berechnung der potenziellen Wärmeerträge für Erdwärmesonden und -kollektoren

Nachfolgend werden die Berechnungsschritte zur Bestimmung der thermischen Leistung und potenziellen Wärmegegewinnung aufgeführt (Tabelle 9-10 & Tabelle 9-11).

Tabelle 9-10: Berechnung der thermischen Wärmeleistung und der potenziellen Wärmemenge für Erdwärmesonden (Quelle: Quaschnig 2015).

Parameter	Berechnungsgrundlage	Annahmen
Sondenleistung [W]	Sondenleistung [W] = Sondenlänge [m] * spezifische Entzugsleistung [W/m]	Sondenlänge = 80 m Spezifische Entzugsleistung bei 1.800 h/a = 60 W/m Spezifische Entzugsleistung bei 2.400 h/a = 50 W/m
Thermische Leistung [W]	Thermische Leistung [W] = Sondenleistung [W] / (1-1/COP)	COP = 4 (für Sole und Wasser)
Nutzbare Wärmemenge [Wh/a]	Nutzbare Wärmemenge [Wh/a] = Thermische Leistung [W] * Betriebsdauer [h]	Betriebsdauer = 1.800 h/a Betriebsdauer = 2.400 h/a

Da sich die Wärmeleitfähigkeit im Landkreis Wittmund bei 1,6 W/m\*K – 2,8 W/m\*K befindet, wurde als Untergrund ein normaler, felsiger Untergrund und wassergesättigtes Sediment angenommen.

Tabelle 9-11: Berechnung der thermischen Wärmeleistung und der nutzbaren Wärmemenge für Erdwärmekollektoren (Quelle: Quaschnig 2015)

Parameter	Berechnungsgrundlage	Annahmen
Kollektorleistung [W]	Kollektorleistung [W] = Entzugsleistung [W/m <sup>2</sup> ] * Kollektorfläche [m <sup>2</sup> ]	
Thermische Leistung [W]	Thermische Leistung [W] = Kollektorleistung [W] / (1-1/COP)	COP = 4 (für Sole und Wasser)
Nutzbare Wärmemenge [Wh/a]	Nutzbare Wärmemenge [Wh/a] = Thermische Leistung [W] * Betriebsdauer [h]	Betriebsdauer = 1.800 h/a Betriebsdauer = 2.400 h/a

### 9.4.5 Ergebnis der Geothermiepotenzialanalyse

Die hier beschriebene Methodik und Analyseergebnisse können auf regionaler Ebene für erste Potenzialabschätzungen aus oberflächennaher Geothermie herangezogen werden. Um jedoch eine möglichst gute Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Beschaffenheiten des Untergrundes, sowie der anlagenspezifischen Gegebenheiten zu erhalten, ist eine ökonomische und ökologische Dimensionierung sowie Betrieb der Anlagen die Grundvoraussetzung. Durch Probebohrungen in potenziell geeigneten Gebieten können die geologischen Bedingungen bestimmt werden. Aussagen zu den genauen energetischen Potenzialen sowie den lokalen Nutzungsbedingungen können vor Ort getroffen werden.

#### 9.4.5.1 Ergebnis – Jährliches Potenzial aus Erdwärmesonden in der Inselgemeinde Langeoog

Tabelle 9-12 zeigt das Ergebnis der oberflächennahen Geothermiepotenzialanalyse mit Erdwärmesonden für die Inselgemeinde Langeoog und stellt den potenziellen Energieertrag in GWh und Jahr dar.

*Tabelle 9-12: Anzahl der Sonden und jährliches Potenzial aus Erdwärmesonden in der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IP SYSCON GmbH).*

Eignungskategorien	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Leistung in MW	Energieertrag Wärme in MWh/a
Oberflächennahe Geothermie (Sonden)	369.766	96	171.959

Für einen Ausschnitt in der Stadt Wittmund ist das Ergebnis der Potenzialanalyse in mehreren Klassen zur Beschreibung der potenziellen Wärmeerträge in der folgenden Abbildung 9-2 dargestellt.



Abbildung 9-2: Standortermittlung für Erdwärmesonden am Beispiel der Stadt Wittmund. Berücksichtigung der Sondenabstände untereinander von 6 m und der Abstände zwischen Grundstücksgrenzen (hier Flurstücksgrenzen) von 10 m Entfernung (Quelle: IP SYSCON GmbH)

#### 9.4.5.2 Ergebnis – Jährliches Potenzial aus Erdwärmekollektoren in der Inselgemeinde Langeoog

Tabelle 9-13 zeigt das Ergebnis der oberflächennahen Geothermiepotenzialanalyse mit Erdwärmekollektoren für die Inselgemeinde Langeoog und stellt den potenziellen Energieertrag in GWh und Jahr dar.

Tabelle 9-13: Flächeneignung und jährliches Potenzial aus Erdwärmekollektoren in der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Eignungskategorien	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Leistung MW	Energieertrag Wärme in MWh/a
Oberflächennahe Geothermie (Kollektoren)	654.412	30	53.716

Für einen Ausschnitt in der Stadt Wittmund ist das Ergebnis der Potenzialanalyse in mehreren Klassen zur Beschreibung der potenziellen Wärmeerträge (1.800 h/a Betriebsdauer) in der folgenden Abbildung 9-3 dargestellt.

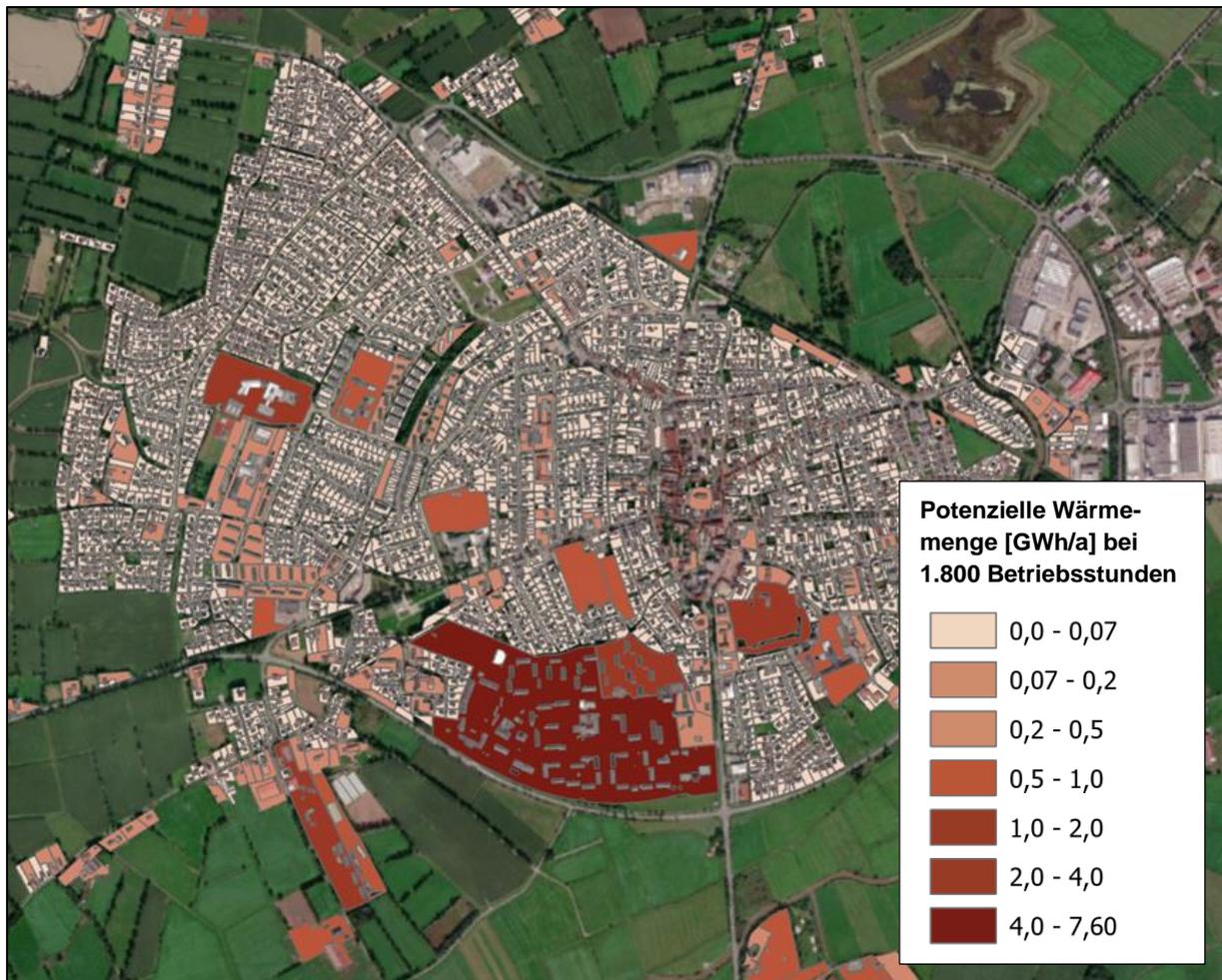


Abbildung 9-3: Potenzielle Wärmemenge [GWh/a] bei 1.800 Betriebsstunden im Jahr aus Erdwärmekollektoren (Quelle: IP SYSCON GmbH)

## 9.5 Biomasse und KWK-Technologie

Biomasse hat Strom- und Wärmeerzeugungspotenzial. Neben Holz aus Wäldern liegt das Potenzial im Biogas, in Reststoffen und in der Nutzung des halm- und holzartigen Kurzumtriebanbaus. Begrenzt wird das Potenzial durch die territoriale Betrachtung und die Flächenkonkurrenz. Nachhaltig können nur ca. 10 % der Ackerfläche und ein Drittel des jährlichen Holzzuwachses der Wälder energetisch genutzt werden. Hier ist eine geringere Nutzung der Flächen und eine effektivere Nutzung des Substrates anzustreben.

### 9.5.1 Methodik der GIS-gestützten Analyse

Zur Ermittlung des erschließbaren Potenzials an Biomasse wurden die Flurstücksflächen in der Inselgemeinde Langeoog mit der Bezeichnung Ackerland, Grünland und Wald selektiert.

#### Hinweis: Nutzung der Geodaten

Die Potenziale wurden auf Flurstücksebene berechnet und dann auf Landkreisebene summiert und für die Kommunen ausgewertet. Etwaige Abschläge wurden nicht auf Flurstücksebene einberechnet, sondern nur auf Landkreisebene.

#### 9.5.1.1 Ermittlung des erschließbaren Holzpotenzials

Aus einem Hektar Wald kann nachhaltig Waldpflegeholz entnommen werden, daraus können in KWK-Anlagen 1,76 MWh thermische und 1,52 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Steht genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung, kann das Waldpflegeholz auch ausschließlich thermisch verwertet werden, dann kann man aus 1 ha 3,4 MWh Energie gewinnen.

#### 9.5.1.2 Ermittlung des erschließbaren Potenzials auf Ackerflächen

Auf 1 ha Ackerland kann durch Substratanbau Biogas erzeugt werden. Daraus können in KWK-Anlagen 20,3 MWh thermische und 17,5 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Angenommen wurde für die NaWaRo-Nutzung ein Anteil von 81 % (Quelle: Majer et. al., 2019).

Beim Anbau von Nutzpflanzen entstehen bei der Ernte je nach Pflanzenart Ernterückstände. Diese können für die Energiegewinnung genutzt werden. Auf einem ha Ackerland können in KWK-Anlagen 2,64 MWh thermische und 2,28 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Steht genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung, können diese auch ausschließlich thermisch verwertet werden, sodass aus 1 ha etwa 5,1 MWh Energie gewonnen werden können. Hierbei wird berücksichtigt, dass nur ein Teil der Ernterückstände verwertbar ist.

#### 9.5.1.3 Ermittlung des erschließbaren Potenzials auf Grasland

Auf einem ha Graslandland kann Landschaftspflegeheu entnommen werden. Daraus können in KWK-Anlagen 7,92 MWh thermische und 6,84 MWh elektrische Energie erzeugt werden. Steht genügend Strom aus anderen Quellen zur Verfügung, kann das Landschaftspflegeheu auch ausschließlich thermisch verwertet werden, sodass aus 1 ha etwa 15,3 MWh Energie gewonnen werden können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nur ein Teil (ca. 20 %) der Flächen für energetische Nutzung zur Verfügung steht.

## 9.5.2 Ergebnisse

Eine Auswertung des Biomassepotenzials erfolgte zusätzlich auf der Landkreisebene, um hier das vorliegende Potenzial in der Region bewerten zu können. Im Unterschied zu den anderen betrachteten Potenzialen ist Biomasse nicht so stark räumlich gebunden, wodurch ihr Potenzial nicht ausschließlich an den Orten genutzt werden kann, an denen sie auftritt.

### 9.5.2.1 Energetisch nutzbares Holzpotenzial

Bei Nutzung des nachhaltig entnehmbaren Holzes mittels KWK besteht im Landkreis Wittmund ein Potenzial von 5.883 MWh/a. Bei ausschließlicher Wärmenutzung liegt das nutzbare Potenzial mit 11.364 MWh/a knapp doppelt so hoch. Ein Vergleich mit der bereits aktuell in Holzheizungen im Landkreis Wittmund erzeugten Wärmemenge (vgl. Kapitel 6) ist jedoch festzustellen, dass mit 6.514 MWh/a je nach Vergleichswert bereits mehr als das zur Verfügung stehende Potenzial genutzt wird. Die folgende Grafik (Abbildung 9-4) verdeutlicht das Ungleichgewicht.

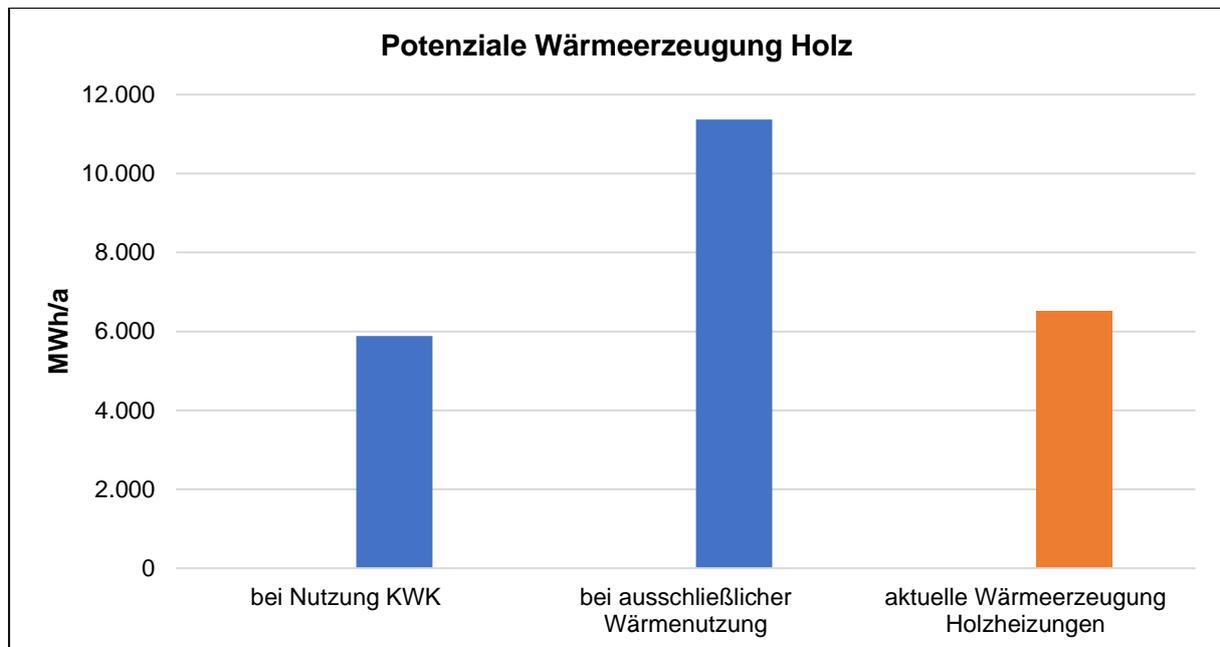


Abbildung 9-4: Potenziale Wärmeerzeugung Holz im Landkreis Wittmund (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Auf dem Inselgebiet gibt es keine nennenswerten nutzbaren Potenziale für die Wärmeerzeugung aus Holz. Der in der aktuellen Wärmeerzeugung eingesetzte Holzanteil fällt daher auch sehr gering aus.

### 9.5.2.2 Energetisch nutzbare Biomasse auf Ackerflächen

Eine Betrachtung des Potenzials für den Substratanbau für Biogas zeigt eine nutzbare Wärmemenge von 40.709 MWh/a auf den nachhaltig nutzbaren Ackerflächen im Landkreis. Bereits jetzt wird in den bestehenden Biogasanlagen mit 99.141 MWh/a weit mehr Energie aus NaWaRo erzeugt. Auch hier ist das Potenzial demnach bereits ausgeschöpft bzw. müsste die Nutzung sogar reduziert werden, um zu einer nachhaltigen Landnutzung zurückzukehren.

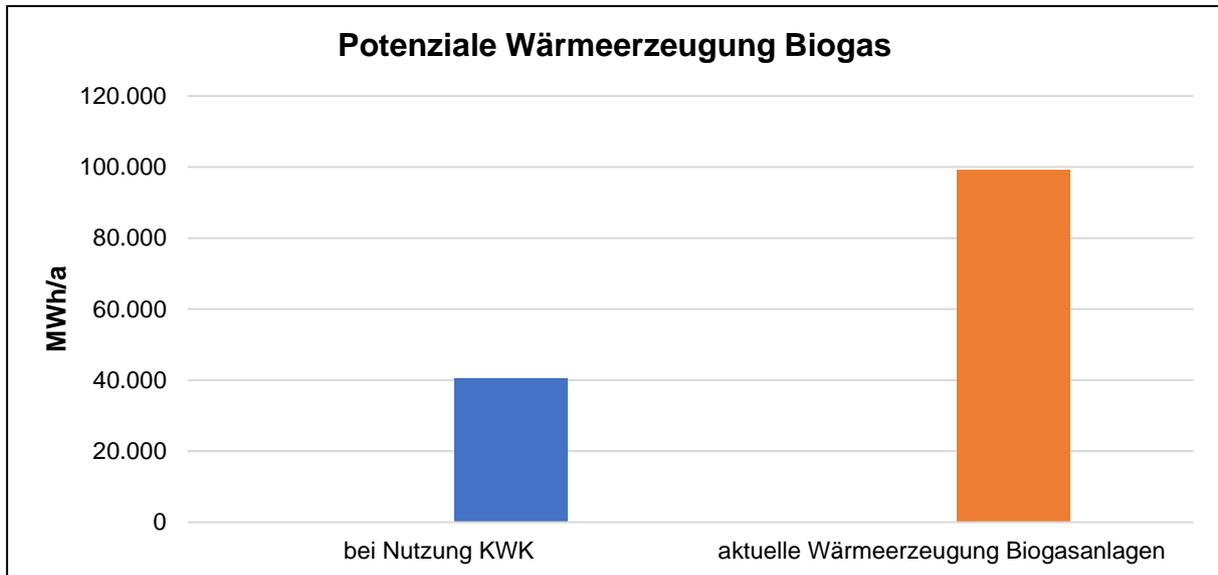


Abbildung 9-5: Potenziale Wärmeerzeugung Biogas (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Auf dem Inselgebiet bestehen keine Potenziale zur Wärmeerzeugung aus Biogas.

### 9.5.2.3 KWK-Technologie

Bis 2040 wird die KWK-Technologie eine große Bedeutung im Energiesystem der Zukunft erhalten. Da das Ziel ist, auf fossile Brennstoffe komplett zu verzichten, wird bei der Potenzialbetrachtung davon ausgegangen, dass KWK-Anlagen 2040 ausschließlich mit EE-Methan betrieben werden. Das Potenzial an EE-Methan aus Biogasanlagen wurde oben betrachtet und bilanziert.

Die Gewinnung von EE-Methan aus Umwandlung von EE-Strom ist heute nicht abschätzbar. Zudem ist dies bilanziell nur eine Verlagerung von Energiepotenzialen aus dem Stromsektor in den Wärmesektor. Es werden dabei keine anderen territorialen Strom- oder Wärmepotenziale als die bereits bilanzierten erhoben. Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Strom- und Wärmeproduktion in der KWK exergetisch der getrennten Erzeugung um ein Vielfaches überlegen ist. Daher sollte KWK-Technologie dort, wo es sinnvoll ist, der Vorrang gegeben und vor allem auch als Übergangstechnologie bei der Verwendung von Erdgas verstärkt eingesetzt werden.

Die KWK-Technologie, zu der auch die Brennstoffzellen gehören, ist einer der Schlüsselbausteine bei der Sektorkopplung zwischen Wärme- und Stromsektor. Der Einsatz der KWK-Technologie ist daher immer beim Betrieb von Wärmenetzen zu prüfen.

## 9.6 Abwasserwärme

Die Ermittlung des Potenzials zur Abwasserwärme wird über das Verfahren der EinwohnerInnenvergleichswerte bestimmt. Je EinwohnerIn kann aus dem Kanalnetz bis zur Kläranlage mit Wärmepumpen eine jährliche Wärmemenge von ca. 39 kWh erzeugt werden. Dazu wird ca. 7,8 kWh elektrische Energie benötigt. Bei dieser Energiequelle ist die technologische Realisierbarkeit zu beachten. Unter günstigen Bedingungen kann, wenn an bestimmten Stellen aus gewerblichen Betrieben sehr warmes Abwasser zur Verfügung steht, auch eine höhere Energiemenge zur Verfügung stehen. Potenziale aus der Abwasserwärmenutzung sind immer nur als Alternative zur Geothermie zu sehen.

Im Gemeindegebiet gibt es nach dem *Lagebericht kommunale Abwässer in Niedersachsen* ausreichend dimensionierte Kläranlage für eine Potenzialbetrachtung.

In Gebieten, in denen ein Abwassernetz mit ausreichender Dimension vorhanden ist, kann die Abwassertemperatur im Abwassernetz, ohne die biologischen Prozesse in der Kläranlage zu gefährden, um die Bagatellgrenze von 0,5 K abgesenkt werden. Hieraus stände ein Potenzial von 518,7 MWh/a zur Verfügung.

Genaue Angaben zu Abwassermengen im Netz stehen derzeit nicht zur Verfügung. Neben der Nutzung der Wärme vor der Klärung ist auch die nach der Klärung nutzbar. Bei der Einleitung in den Vorfluter kann das Wasser auch stärker abgekühlt werden (angenommen werden 5 K). Hieraus stände dann ein Potenzial von ca. 5187 MWh/a zur Verfügung. Bei diesen Quellen muss immer die Entfernung zur nächsten Wärmesenke beachtet werden.

#### **Exkurs Kraftwerk Klärwerk**

Eine Kläranlage dient vorrangig der Klärung der Abwässer. In der Kläranlage fallen durch biologische Prozesse stark methanhaltige Gase an, die energetisch verwertet werden können.

Diese Gase werden bereits in KWK-Anlagen direkt in elektrische und thermische Energie umgewandelt. Die erzeugte elektrische Energie wird aber vorrangig für den eigenen Betrieb der Kläranlage verwendet und steht nicht als weiteres Potenzial zur Verfügung. Es ist in jedem Fall sinnvoll, dieses Klärgas zu nutzen, da sonst das klimaschädliche Methan, welches 25mal klimaschädlicher ist als CO<sub>2</sub>, in die Atmosphäre entweichen würde und die Energie zur Beheizung der Kläranlagen zusätzlich zur Verfügung gestellt werden müsste.

## **9.7 Industrielle Abwärme**

### **9.7.1 Einordnung der Betriebe im Landkreis Wittmund im Niedersächsischen Vergleich**

Die Industrielandschaft in Niedersachsen ist breit gefächert. Mit Stand 2019 sind in Summe 3.861 Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe in Niedersachsen angesiedelt. Dieses entspricht einem deutschlandweiten Anteil von 8,3 %. Überdurchschnittlich stark vertreten sind hierbei die Branchen ‚Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln‘ (12,4 % der Betriebe) und der ‚Sonstige Fahrzeugbau‘ (11,8 % der Betriebe). (LSN 2020; Destatis 2020)

Für eine Gegenüberstellung der Energieverbräuche im Verarbeitenden Gewerbe liegen für Niedersachsen bislang nur die Daten aus dem Jahr 2018 vor, somit erfolgt der Vergleich auf dieser Datenbasis. Während der deutschlandweite Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe bei 1.083.118 GWh liegt, entfällt auf Niedersachsen ein Anteil von 110.845 GWh. Dieses entspricht einen Anteil von 10,2 %. Die Aufteilung auf einzelne Energieträger in Deutschland und Niedersachsen ist hierbei in etwa vergleichbar (vgl. Abbildung 9-6).

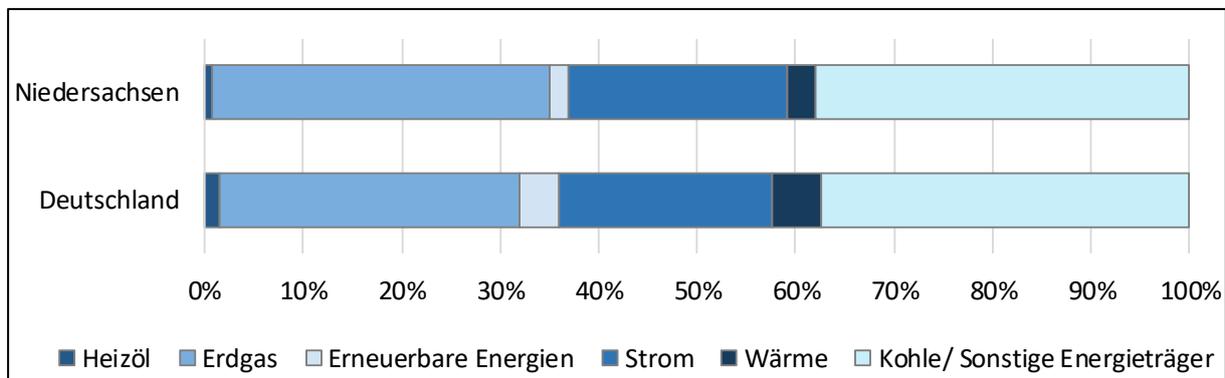


Abbildung 9-6: Energiebedarf des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland und Niedersachsen nach Energieträgern im Vergleich (Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019)

### 9.7.2 Methodik der Abwärmeerfassung

Diese Methode ist im Rahmen der Potenzialstudie Industrielle Abwärme in Nordrhein-Westfalen entwickelt worden (LANUV 2019). Mit Einführung der Unternehmensäquivalente (UÄ) bietet sich eine Möglichkeit das Abwärmepotenzial auf Basis der MitarbeiterInnenzahl und einer realen Datengrundlage zu bewerten. Ein Betrieb mit einer MitarbeiterInnenanzahl zwischen 100 und 249 entspricht hierbei einem UÄ von 100 %. Dies bedeutet, dass hier der Bezug auf das mittlere Abwärmeaufkommen pro MitarbeiterIn gelegt wurde. Unternehmen mit weniger als 50 MitarbeiterInnen repräsentieren im Durchschnitt etwa Abwärmequellen in der Größenordnung von 25 % UÄ. Ebenso ist zu sagen, dass Unternehmen mit 500 oder mehr MitarbeiterInnen ungefähr die Abwärmequellen von 368 % UÄ darstellen (vgl. Abbildung 9-7). Diese UÄ entstammen hierbei einer Auswertung der Abwärmepotenziale mehrerer hundert Unternehmen mit Sitz in Nordrhein-Westfalen (LANUV 2019).

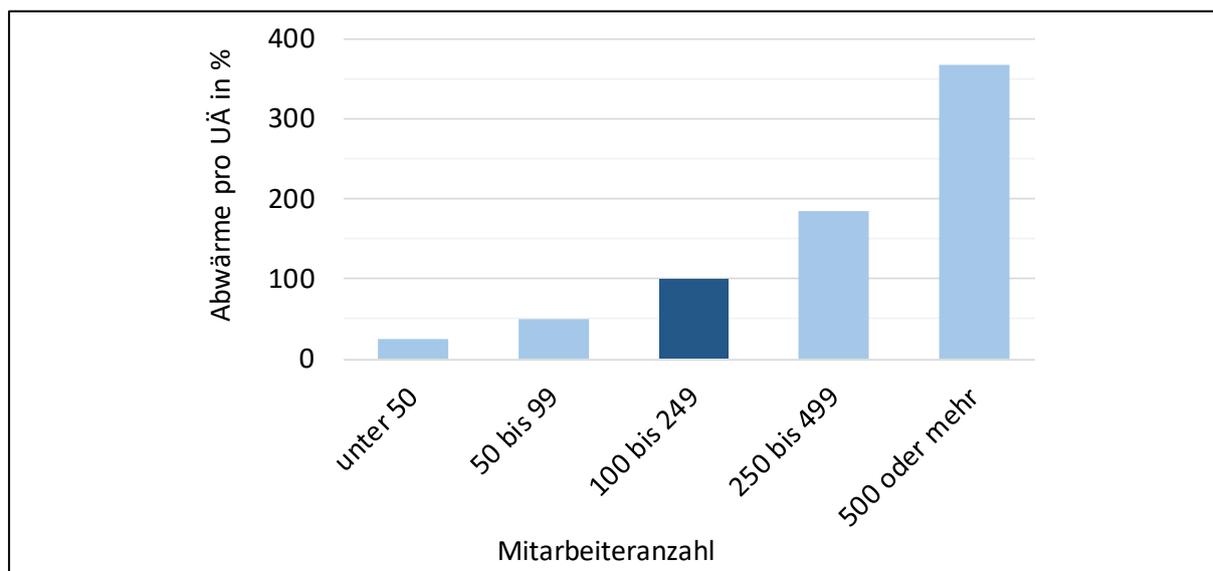


Abbildung 9-7: Abwärmepotenziale reskaliert auf Unternehmensäquivalente (Quelle: LANUV 2019, S. 95)

Mittels dieser UÄ, der MitarbeiterInnenzahl und der in Tabelle 9-14 dargestellten branchenabhängigen Abwärmemenge ist somit eine überschlägige Ermittlung der unternehmensspezifischen Abwärmepotenziale möglich.

Tabelle 9-14: Unternehmensäquivalente zur Bestimmung der Abwärmepotenziale je Branche im Verarbeitenden Gewerbe (Quelle: LANUV 2019, S. 97)

Branche	Abwärme pro UÄ [GWh/a]
10 Nahrungs- und Futtermittel	12,9
11 Getränke	9,8*
12 Tabak	9,8*
13 Textilien	15,8
14 Bekleidung	9,8*
15 Leder, Lederwaren und Schuhe	9,8*
16 Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren	39,5
17 Papier, Pappe und Waren daraus	7,3
18 Druckerzeugnisse	33,0
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	77,7
20 chemische Erzeugnisse	20,6
21 pharmazeutische Erzeugnisse	9,8*
22 Gummi- und Kunststoffwaren	0,6
23 Glas, Keramik, Steine und Erden	15,2
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	40,9
25 Metallerzeugnisse	7,4
26 Datenverarbeitungsgeräte	9,8*
27 elektrische Ausrüstung	9,8*
28 Maschinenbau	7,1
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	9,8*
30 Sonstiger Fahrzeugbau	9,8*
31 Möbel	9,8*
32 sonstige Ware	1,1
33 Reparatur und Installation von Maschinen	9,8*

**Hinweis:** Die mit \* dargestellte Ergebnisse beinhalten nur eine zu geringe Daten-basis. Deshalb wird hier der Mittelwert über alle Branchen als Grundlage gewählt.

Eine detaillierte Vorgehensbeschreibung dieser Variante ist der Potenzialstudie Industrielle Abwärme zu entnehmen (LANUV 2019).

### 9.7.3 Ergebnisse

Wie im vorigen Kapitel erläutert, werden alle Betriebe aus den energieintensiv bewerteten Branchen auf Basis zweier Methoden hinsichtlich ihres Abwärmepotenzials bewertet (vgl. Tabelle 9-14).

In der Inselgemeinde Langeoog sind keine energieintensiven Unternehmen zu verorten.

## 9.8 Räumlicher Abgleich zwischen Potenzial und Bedarf

Die erzeugten Geodaten zu den Potenzialen und errechneten Bedarfen liefern eine visuelle Grundlage für geeignete Versorgungsoptionen und Deckung des Bedarfs mittels regenerativer Energien. Um erste Anhaltspunkte für mögliche Quartierskonzepte zu erhalten, können verschiedene Geodaten in Kombination betrachtet werden.

Grundlegend für den räumlichen Abgleich sind in erster Instanz die Geodaten mit den energetischen Quartieren. Hierin sind sowohl Informationen zum Wärmebedarf in kWh/a der einzelnen Quartiere sowie der empfohlenen Wärmeversorgungsoption in Abhängigkeit der Wärmedichte in kWh/m<sup>2</sup>a im Quartier enthalten. Sofern eine Einzelversorgung empfohlen wird, ist eine Betrachtung der Bedarfe und Potenziale auf Gebäudeebene unter Berücksichtigung der Bestandsparameter zu empfehlen (Baualter, Sanierungsstand etc.). Eignet sich das Quartier zur Versorgung mittels Wärmenetz, ist es empfehlenswert, das Quartier mit den einzelnen Gebäuden als Einheit zu betrachten. Auch hier ist zu empfehlen, die Bestandsparameter zu berücksichtigen. Die Realisierbarkeit moderner Wärmenetze, ggf. mit Einbindung von Wärmepumpen, unterliegt bestimmten technischen Anforderungen wie beispielsweise der erforderliche Vor- und Rücklauftemperatur des Wärmenetzes. Hier müssen daher die Anforderungen sowie der Sanierungsstand des Gebäudebestands berücksichtigt werden.

Räumlich aneinander liegende Quartiere mit gleicher oder ähnlicher Wärmeversorgungsempfehlung können unter Umständen auch im Verbund betrachtet werden. Hierfür wurden die Fokusgebiete gebildet, welche im Anhang dargestellt und näher erläutert werden.

### 9.8.1 Geothermie

Die im Rahmen dieses Projekts ermittelten Geodaten zur Nutzung der Geothermie in der Inselgemeinde Langeoog zeigen zum einen das Potenzial für die geothermische Nutzung mittels Sonden und zum anderen mittels Kollektoren flurstücksscharf auf.

Bei empfohlener Einzelversorgung im Quartier können für gewöhnlich nur die Potenziale auf den einzelnen Flurstücken selbst oder das Potenzial auf Flächen mit geringer räumlicher Distanz zum zu versorgenden Gebäude in Betracht gezogen werden. Ein Abgleich zwischen dem geothermischen Potenzial der Sonden mit dem der Kollektoren zeigt auf, welche Technik vor Ort besser geeignet ist. Kann der Wärmebedarf des Gebäudes vollständig über die Geothermie gedeckt werden, ist keine zusätzliche Wärmequelle zu suchen. Reicht das geothermische Potenzial nicht aus, um den Wärmebedarf zu decken, müssen weitere Potenziale untersucht werden. Insbesondere die Kombination einer Geothermieanlage mit Solarthermie bietet sich in den meisten Fällen an und sollte geprüft werden.

Sofern eine Wärmenetzempfehlung für das betrachtete Quartier vorliegt, bietet es sich an, die Eignung sowie die vorhandenen energetischen Potenziale der Kollektorflächen oder Sonden Standorte für oberflächennahe Geothermie innerhalb des gesamten Quartiers zu betrachten. Das Potenzial der einzelnen Flächen bzw. Sonden innerhalb des Quartiers kann genutzt werden, um ein Wärmenetz zu speisen und so das betrachtete Gebiet mit regenerativer Wärme zu versorgen. In bestehenden Quartieren liegen die (gut) geeigneten Flächen und Standorte

für die Geothermie für gewöhnlich innerhalb der einzelnen Flurstücke. Das Wärmenetz wird in diesem Fall dezentral gespeist. In diesem Versorgungsfall wäre die Temperatur im Netz selbst niedrig und würde durch dezentrale Wärmepumpen in jedem Gebäude einzeln auf ein nutzbares Niveau gehoben. Dadurch sind die Wärmeverluste im Netz gering. Sofern das betrachtete Quartier nicht vollständig von dichten Siedlungsstrukturen umschlossen ist, bietet sich ggf. auch ein Kollektoren- oder Sondenfeld außerhalb der Quartiersgrenzen an. Dies hat den Vorteil, dass die Wärme zentral beispielsweise über eine Großwärmepumpe generiert wird und dann über das Netz verteilt wird. Eine Großwärmepumpe arbeitet in der Regel effizienter als viele kleine dezentrale Wärmepumpen. Allerdings muss durch die höheren Temperaturen im Netz auch ein höherer Wärmeverlust einkalkuliert werden. Insbesondere bei der Planung von Neubaugebieten sollte diese Möglichkeit frühzeitig berücksichtigt werden.

In Abbildung 9-8 ist eine Betrachtung der geothermischen Eignung von Flächenkollektoren in zusammenhängenden Quartieren mit gleicher Wärmeversorgungsempfehlung im Ortsteil Buttforde (Stadt Wittmund) anhand der Geodaten beispielhaft dargestellt.



Abbildung 9-8: Beispielhafte Darstellung der geothermischen Eignung (Kollektoren) in zusammenhängenden Quartieren mit der Empfehlung Niedertemperaturnetz und bedingter Wärmenetzeignung (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Anhand der Geodaten können neben der Visualisierung der Eignung auch die Potenziale der einzelnen Flurstücke in kWh/a je Quartier zusammengefasst und quantifiziert werden. Das Potenzial unterliegt dabei bestimmten technischen Parametern, wie beispielsweise der Entzugsleistung in W/m<sup>2</sup> oder den Betriebsstunden pro Jahr und kann dahingehend variieren. Das verfügbare Potenzial dient als weiterer Anhaltspunkt dafür, inwiefern die Kombination mit weiteren Energieträgern erforderlich ist, um den Energiebedarf in dem betrachteten Quartier oder Zusammenschluss vollständig zu decken.

Welche Versorgung im Quartier wirtschaftlich ist, hängt auch vom späteren Anschlussgrad der Gebäude ab. In diesem Zusammenhang spielen auch Aspekte wie beispielsweise die Zugänglichkeit der Flächen bzw. Standorte eine besondere Rolle, um das Potenzial überhaupt erschließen zu können. Die Geodaten bieten hier eine erste Grundlage für die Quartiersplanung, ersetzen aber nicht die detaillierte Analyse in einem Quartierskonzept.

### 9.8.2 Solarthermie

Bei empfohlener Einzelversorgung im Quartier können hier für gewöhnlich nur die Potenziale auf den einzelnen Flurstücken mit geringer räumlicher Distanz in Betracht gezogen werden. Für gewöhnlich sind hier die Dachflächen sowie Fassaden die am besten geeigneten Flächen. Aufgrund des saisonal schwankenden Ertrags der solarthermischen Anlagen ist eine Kombination mit anderen Energiesystemen oder die Integration saisonaler Speicher notwendig. Aufgrund ihrer Größe bietet sich die Integration saisonaler Speicher primär bei Neubauten an. Die Integration saisonaler Speicher in Bestandsgebäude ist oftmals schwierig zu realisieren, weshalb hier primär auf zusätzliche Wärmeerzeugung gesetzt wird. Aufgrund der hohen Potenziale zur geothermischen Nutzung bietet sich eine Prüfung der Kombination von Solarthermie und Geothermie an.

Sofern eine Wärmenetzempfehlung für das betrachtete Quartier vorliegt, bieten die verschiedenen Geodaten die Grundlage für Identifikation von geeigneten Flächen sowie die Quantifizierung des verfügbaren Potenzials auf Dach- und Freiflächen. Wärme aus solarthermischen Anlagen eignet sich für Integration und Einspeisung in verschiedene Wärmenetze. Solarthermische Anlagen eignen sich für Anwendungstemperaturen bis zu 120 °C (UMBW 2019) und können somit auch im Bestand mit einer höheren Anforderung an die Vorlauftemperatur eingesetzt werden.

Ausgehend von den bereitgestellten Geodaten lässt sich auch hier das energetische Potenzial in kWh/a der einzelnen geeigneten Dachflächen je Quartier summieren und somit für die Einschätzung zur Energieversorgung mittels Solarthermie nutzen. Gleiches gilt für geeignete Freiflächen. In Abbildung 9-9 sind die für Solarthermie geeigneten Dach- sowie Freiflächen grafisch für einen Bereich in der Ortschaft Reepsholt dargestellt.

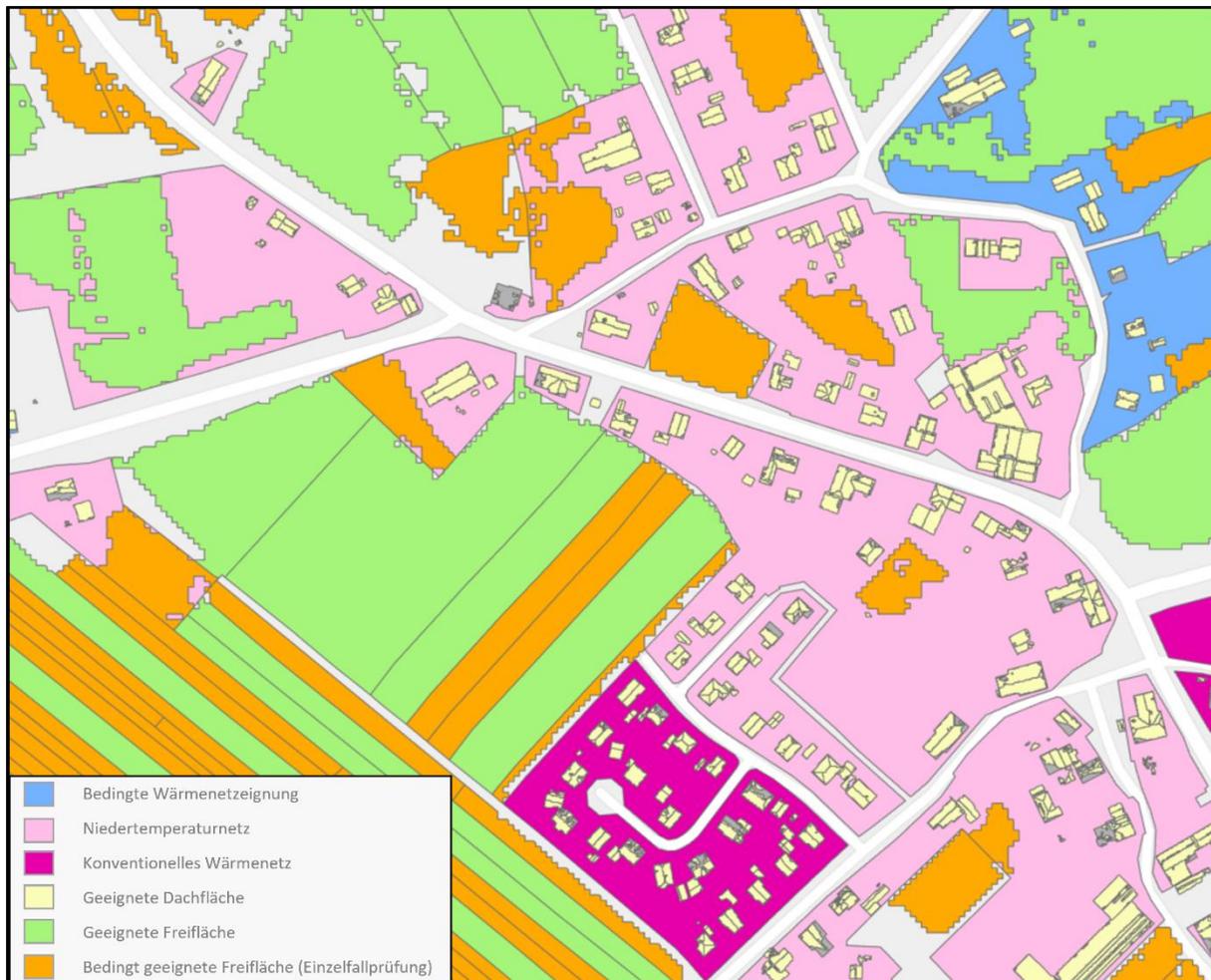


Abbildung 9-9: Beispielhafte Darstellung von geeigneten Dach- und Freiflächen für solarthermische Anlagen (Quelle: IP SYSCON GmbH)

In umschlossenen Quartieren ist die Nutzung von Freiflächen aufgrund geringer Potenziale bspw. durch begrenzte Flächenverfügbarkeit, Verschattung und Überbauung nur schwer realisierbar. Geeignete Freiflächen für solarthermische Anlagen liegen daher meist außerhalb von dichten Siedlungsstrukturen. Die Nutzung solarthermischer Freiflächenanlagen zur Speisung von Wärmenetzen wird in Dänemark bereits seit mehreren Jahren erfolgreich umgesetzt. Im Rahmen der Einschätzung verfügbarerer Potenziale spielt die Distanz zwischen solarthermischer Freiflächenanlage und Wärmenetz eine entscheidende Rolle, da die Transportverluste vor allem bei kleinen Anlagen stark ansteigen (vgl. Abbildung 9-10).

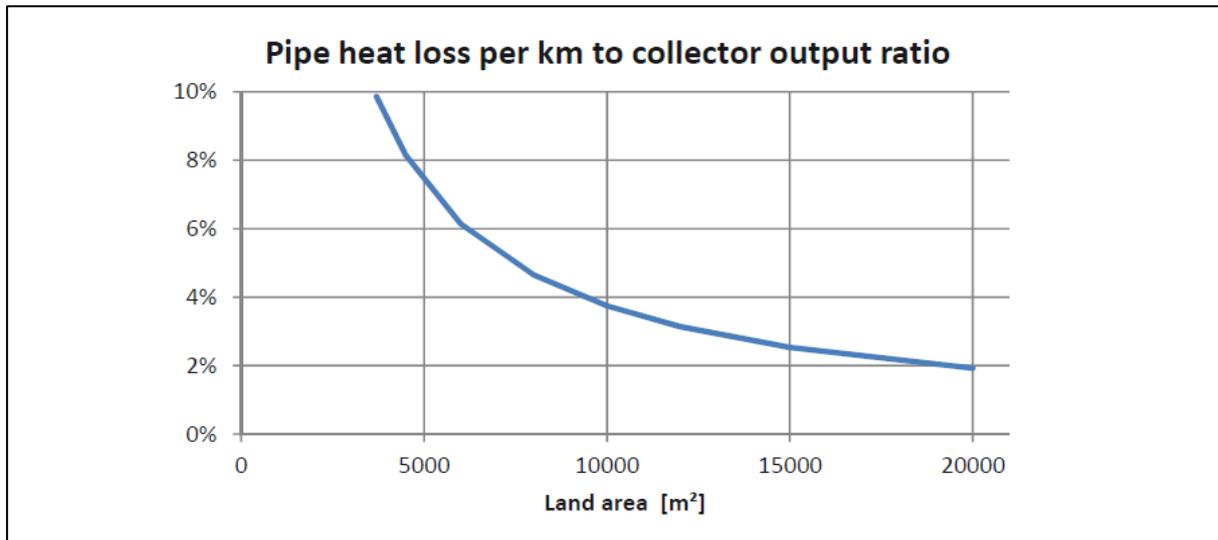


Abbildung 9-10: Transportverlust in % je km in Abhängigkeit der Größe von solarthermischen Freiflächenanlagen in m<sup>2</sup> (Quelle: Nielsen & Battisti 2012)

Die Entfernung zwischen Freiflächen und Quartier mit Wärmenetzempfehlung lässt sich anhand der Geodaten ebenfalls ermitteln. Für die praktische Umsetzung ist eine detaillierte Betrachtung erforderlich.

#### Hinweis: Freiflächenanlagen

Zur Orientierung: solarthermische Freiflächenanlagen in Dänemark liegen im Durchschnitt etwa 200 m vom Wärmenetz entfernt und haben typischerweise eine Kollektorfläche von bis 15.000 m<sup>2</sup> (Trier et al. 2018).

Abbildung 9-11 zeigt ein mögliches Vorgehen bei der Identifizierung geeigneter Freiflächen zur solarthermischen Nutzung mittels der zur Verfügung stehenden Geodaten. Um die potenziell geeigneten Flächen zu ermitteln, wird um die Quartiere mit mindestens moderater Wärmenetzempfehlung ein Puffer von 200 m gelegt. Freiflächen, die sich innerhalb dieses Puffers befinden, eignen sich zur genaueren Betrachtung.

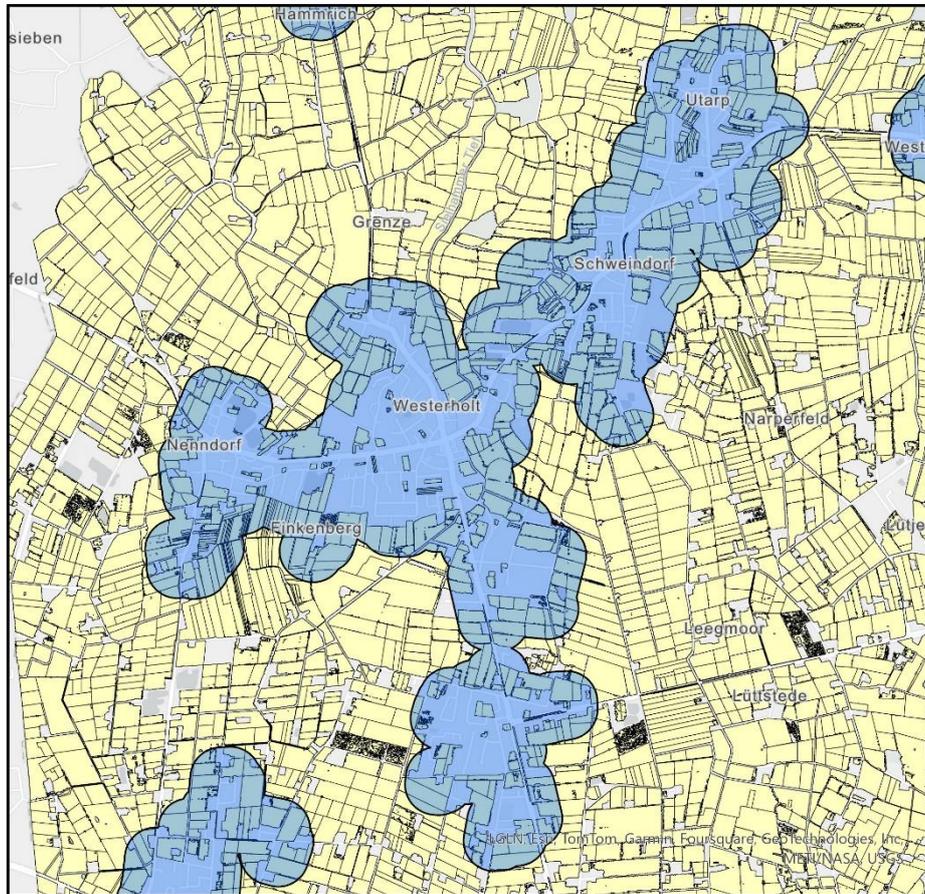


Abbildung 9-11: Ermittlung geeigneter Freiflächen für die solarthermische Wärmeversorgung von Quartieren  
(Quelle: IP SYSCON GmbH)

## 10 Einsparpotenziale

Theoretisch lassen sich Wärme und Strom komplett einsparen. Allerdings würden wir dann in einer Welt ohne Strom und Wärme leben, was schwer vorstellbar ist. Auch das technische und wirtschaftliche Potenzial der Einsparung sind eigentlich nicht zu beziffern. Daher wird bei den Einsparungen in den nachfolgenden Tabellen vom Ist-Zustand ausgegangen und auf dessen Grundlage die prozentuale Einsparung oder der zu erreichende Zielwert angenommen.

### Hinweis: Witterungsbereinigung

Wie in der Beschreibung zur Methodik dargelegt, werden für die Betrachtung der Potenziale und für die Szenarienentwicklung die Werte aus der Bilanz bereinigt. Daher weichen die Werte für diese Betrachtung leicht von denen in der Ist-Bilanz ab.

Um den Endenergiebedarf zu einem möglichst großen Anteil aus Erneuerbaren Energiequellen decken zu können, muss der Endenergiebedarf in allen Bereichen reduziert werden. Dabei sind drei Instrumente zur Verminderung des Energiebedarfs zu unterscheiden:

- Verzicht auf Energienutzung (Suffizienz): Energie kann durch einen Verzicht von Anwendungen oder Dienstleistungen vermieden werden. Dieser Verzicht kann u. U. mit einer Veränderung des Lebensstandards verbunden sein.
- Energieeinsparung: Durch Investitionen in passive Wärmesysteme kann der Energieverbrauch ohne Einschränkung bei Energiedienstleistungen reduziert werden.
- Energieeffizienz: Durch die Steigerung der Energieeffizienz innerhalb von gegebenen Umwandlungsprozessen lässt sich ebenfalls der Verbrauch senken.

Suffizienz ist keine Maßnahme für sich. Von daher kann man auch keine eigenen Annahmen dafür treffen. Sie findet sich vielmehr in den verschiedenen getroffenen Annahmen wieder. Die Suffizienz kann aber das entscheidende Werkzeug sein, um die gesetzten Ziele im Klimaschutz zu erreichen oder zu verfehlen. So kann stärkere Suffizienz in der Mobilität und/ oder im Verbrauch von Konsumgütern die bisher getroffenen Annahmen verändern. In der Mobilität können diese Veränderungen direkt bei den Annahmen berücksichtigt werden. Suffizienz bei den Konsumgütern wirkt sich nur indirekt auf den Energiebedarf von Industrie und GHD aus. Je nachdem, wie stark Suffizienz in der Inselgemeinde Langeoog gelebt wird, hat dies verschieden starke Auswirkungen auf die Annahmen. Dem wird dadurch Rechnung getragen, dass im Trend- oder Klimaschutzszenario unterschiedliche Annahmen in den relevanten Bereichen getroffen werden:

- Wärmebedarf: Im Wärmebedarf zielt suffizientes Verhalten auf die Raumwärme der Haushalte und den Warmwasser- sowie Prozesswärmebedarf. Ein niedriger Raumwärmebedarf kann technologisch auch durch abgesenkte Raumtemperaturen oder temporären Verzicht auf vollständige Beheizung aller Räume erreicht werden. Noch stärker gilt dies für die Warmwasserwärme. Neben Ausschöpfung der technologischen Möglichkeiten ist der sparsame Warmwasserverbrauch besonders wichtig. Bei der Prozesswärme wirkt indirekt das Konsumverhalten auf den Verbrauch.
- Strombedarf: Beim Strombedarf senkt der Verzicht auf Stromanwendungen neben dem Einsatz effizienter Geräte den Strombedarf der Haushalte. Der Strombedarf in Industrie und GHD und Landwirtschaft kann wiederum durch das Konsumverhalten beeinflusst werden.

- **Mobilität:** Suffizienz führt im MIV zu Verkehrsvermeidung und -verlagerung und damit zur Verringerung des Energiebedarfs. Dies ist ggf. mit einer Einschränkung der individuellen Mobilität verbunden. In den Bereichen Güterverkehr und Schiffsverkehr ist es wiederum der Konsum, der hier indirekt wirkt.

## 10.1 Strom

Effizienz- und Einsparpotenziale durch verändertes Nutzerverhalten sind im Strombereich schwer zu trennen und meist von individuellen Entscheidungen abhängig. Die festgelegten Reduktionsziele zum Strombedarf beinhalten somit beide genannten Potenziale. Für Haushalte, Landwirtschaft sowie Industrie und GHD sind die Schwerpunkte unterschiedlich. Bei den Haushalten liegen sie auf Heizungspumpen, Kühlanwendungen und im Bereich der Konsumelektronik. Bei Industrie und GHD stehen Elektroantriebe, Kühlanwendungen und Prozessoptimierungen (z. B. bei der Drucklufterzeugung) im Mittelpunkt. Haushaltsähnliche Anwendungen und der effiziente Betrieb von Lüftungsanlagen bieten hier weitere Möglichkeiten. Im Bereich der Nutztierhaltung gibt es bei Beleuchtung und Belüftung große Einsparpotenziale (vgl. auch Verband der Landwirtschaftskammern 2009).

Tabelle 10-1: Annahmen Einsparungen Strom (Quelle: EKP)

Strombedarf/ Einsparung	Trend [Ziel]	Klimaschutz [Ziel]
Haushalte	1.000 kWh/Ew*a	1.000 kWh/Ew*a
Landwirtschaft	10 %	15 %
Industrie und GHD	10 %	15 %

Bei den Einsparungen im Strombereich wird für die Haushalte die Annahme getroffen, dass der Stromverbrauch je EinwohnerIn in der Inselgemeinde Langeoog bis 2040 von 1.344 kWh/a (2019) im Klimaschutzszenario auf 1.000 kWh/a und im Trendszenario auf 1.000 kWh/a sinkt. Für Landwirtschaft, Industrie und GHD geht das Trendszenario von einer Einsparung von 10 % bis 2040 aus, das Klimaschutzszenario von 15 %.

## 10.2 Wärme

Das Einsparpotenzial im Bereich Wärme wurde zum einen über statistische Werte und Annahmen ermittelt. Dieses Einsparpotenzial wurde als Grundlage für die Szenarioentwicklung herangezogen. Parallel wurde der Wärmebedarf auf Gebäudeebene mittels GIS-Analyse bestimmt. Die Ergebnisse der Analysen werden im Folgenden aufgezeigt.

### 10.2.1 Einsparpotenzial statistische Analyse

Der Wärmebedarf teilt sich nach den Bereichen Haushalte sowie Industrie und GHD und die Untergruppen Raum- und Warmwasser- bzw. Prozesswärme auf. Unterschieden wird bei den Einsparungen der Raumwärme zum einen der zu erreichende Zielwert in kWh/a je m<sup>2</sup> Nutzfläche, zum anderen die Zeit, in der dieser Wert erreicht werden soll. Er wird über die Sanierungsrate dargestellt. Der Zielwert ist dabei ein Mittelwert über alle Gebäude im betrachteten Bereich. In der Realität sinkt der Mittelwert je nach Sanierungsquote von Jahr zu Jahr, während die einzelnen Gebäude natürlich zu einem festen Zielwert saniert werden. Dabei wird es jeweils Gebäude geben, deren Sanierung unter oder über dem Zielwert liegen wird. Auch

Abriss und Neubau ist unter diesem Aspekt als Sanierung zu sehen. Welche Sanierung möglich ist, ist von den betrachteten Gebäudetypen abhängig. Die Gebäudetypen wurden durch Raumanalyse bestimmt.

Für den unsanierten Zustand der Gebäude wird angenommen, dass alle im Zustand ihrer Errichtung sind und somit den Energiebedarf des Errichtungszustandes besitzen. Für den Gebäudebestand werden die Verbrauchsdaten des Jahres 2019 zur Ermittlung herangezogen. Da die Verbrauchsdaten nicht nach dem Energieverbrauch für Raum- und Warmwasserwärme differenziert erhoben sind, wird der Warmwasserwärmeverbrauch aus statistischen Warmwasserverbrauchszahlen errechnet. Auch die Effizienz der Wärmeerzeugungsanlagen orientiert sich an statistischen Durchschnittszahlen. Da die Gebäude im Bestand (2019) zum Teil schon saniert wurden, ist die tatsächlich verbrauchte Endenergie geringer als ein berechneter Endenergiebedarf für alle Gebäude, wenn diese noch im unsanierten Zustand wären. Mit den statistischen Zahlen für Effizienz und Warmwasserbedarf und den erhobenen Verbrauchsdaten lässt sich der Nutzenergiebedarf für den Bestand errechnen. Diese Zahlen für den Bestand sind Ausgangspunkt für das Trend- und das Klimaschutzszenario.

Tabelle 10-2: Annahmen Einsparungen Wärme (Quelle: EKP)

Wärmebedarf/ Einsparung		Trend [Ziel]	Klimaschutz [Ziel]
Haushalte	Raumwärme	80 kWh/m <sup>2</sup> a	70 kWh/m <sup>2</sup> a
	Warmwasserwärme	50 l/P*d	40 l/P*d
Industrie und GHD	Raumwärme	45 kWh/m <sup>2</sup> a	50 kWh/m <sup>2</sup> a
	Prozesswärme	-25 %	0 %

Aus den Zahlen für den unsanierten Zustand und den Bestand kann die bisher erreichte Sanierung abgeschätzt werden. Für 2040 werden Zielwerte für die Einsparung beim Warmwasserbedarf, für den Nutzraumwärmebedarf der sanierten Gebäude und für die Effizienz der Wärmeerzeugungsanlagen angenommen. Diese gründen auf Studien (u. a. Everding 2007, IWU) und durchgeführten Sanierungen an Bestandsgebäuden.

Für das Trendszenario wird eine Sanierung der Gebäude nur nach den gesetzlich vorgegebenen Vorschriften angenommen. Damit würde im Mittel der Zielwert 80 kWh/m<sup>2</sup>a Nutzenergie bei den Haushalten und 45 kWh/m<sup>2</sup>a bei Industrie/ GHD erreicht. Die Trendstudien gehen davon aus, dass der Warmwasserbedarf bei den Haushalten von 40 Litern je Person und Tag auf 50 l/P\*d und der Prozesswärmebedarf in Industrie/ GHD um 25 % steigen.

Für das Klimaschutzszenario wird angenommen, dass die Gebäude maximal leicht unter das Niveau der gesetzlichen saniert werden. Im Mittel wird so der Zielwert 70 kWh/m<sup>2</sup>a Nutzenergie bei den Haushalten und 50 kWh/m<sup>2</sup>a bei Industrie und GHD erreicht. Das Klimaschutzszenario geht davon aus, durch effiziente Anlagen und suffizientes Verhalten den Warmwasserbedarf bei den Haushalten von 40 l/P\*d auf 40 l/P\*d und den Prozesswärmebedarf in Industrie und GHD ohne Anstieg zu halten.

Ob und wie schnell diese Zielwerte erreicht werden, hängt von der Sanierungsrate ab. Für das Trendszenario wird eine Sanierungsrate für alle Bereiche von weiterhin nur 1,1 % zu Grunde gelegt. Hingegen wird für das Klimaschutzszenario für die Haushalte und für Industrie/ GHD eine Sanierungsrate von 1,5 % angenommen. Mit der Annahme der mittleren jährlichen Sanierungsraten lassen sich dann der Nutz- und Endenergiebedarf im Zieljahr 2040 errechnen.

Um die für das Klimaschutzszenario angenommenen Zielwerte und Sanierungsraten zu erreichen, müssen verschiedenste Akteure aktiviert werden. Zunächst die Besitzer der Heizöl- und Erdgasfeuerungsanlagen, die vor über 20 Jahren installiert wurden. Der so errechnete Endenergiebedarf bezieht sich dabei auf die Erzeugung von Wärme durch effiziente Verbrennung von fossilen oder erneuerbaren Brennstoffen.

Eine zusätzliche erhebliche Endenergieeinsparung wird durch den Einsatz von Wärmepumpen und Solarthermieanlagen erreicht. Beim Einsatz von Wärmepumpen kann der Energiebedarf um den Faktor 4 vermindert werden. Gut ausgelegte und effizient betriebene Solarthermieanlagen erreichen wegen des nur geringen elektrischen Energiebedarfs für die Pumpen enorme Endenergieeinsparungen mit Einsparungsfaktoren von 40 - 150.

In diesem Zusammenhang ist auf einen besonderen Unterschied zwischen der Bilanzierung nach BSKO und der Berechnung der Endenergie für die Potenziale und Szenarien hinzuweisen. Nach BSKO wird die erzeugte und direkt genutzte Wärme von Wärmepumpen und Solaranlagen als Endenergie bilanziert. Dies führt dazu, dass bei Häusern, die diese Technologie nutzen, nur die Nutzenergieeinsparung zu einer Endenergieeinsparung führt. Für die Potenziale und Szenarien wird die aufgenommene elektrische Energie der Wärmepumpen- und Solaranlagen, die aus dem vorgelagerten Netz entnommen wird, als Endenergie bilanziert. Dieser Unterschied macht sich 2019 in den Werten kaum bemerkbar, da hier die Anteile der Solar- und Wärmepumpenanlagen noch sehr gering sind. Bei steigenden Anteilen wird der Unterschied aber immer stärker sichtbar.

### 10.2.2 Einsparpotenzial GIS-Analyse

Die Wärmebedarfsanalyse ermöglicht anhand des durchgeführten Berechnungsverfahrens auch eine Darstellung des theoretischen gebäudescharfen Einsparpotenzials im Gebäudebestand. Dazu wurde zusätzlich der gebäudescharfe Wärmebedarf im vollsanierten Zustand berechnet. Für den vollsanierten Zustand wurden im Rahmen des durchgeführten Berechnungsverfahrens die gemäß GEG 2020 geforderten Mindeststandards an Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) einzelner Bauteile bei Gebäudesanierungen herangezogen. Da Gebäude jüngerer Baualtersklassen in der allgemeinen Annahme einen höheren energetischen Standard erfüllen als die älteren Baualtersklassen, unterscheiden sich die theoretischen Einsparpotenziale zwischen den Baualtersklassen deutlich. In der Tabelle 10-3 sind die berechneten Wärmebedarf für den gesamten Gebäudebestand nach Baualtersklasse abgebildet.

Tabelle 10-3: Berechnete Heizwärmebedarfe im gesamten Gebäudebestand nach Baualtersklasse (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Baualtersklasse	Heizwärmebedarf (mit APF) [MWh/a]	Heizwärmebedarf (vollsaniert) [MWh/a]
bis 1919	3.976	1.659
1919-1948	12.432	5.631
1949-1978	27.896	14.932
1979-1986	537	345
2001-2004	342	327
2005-2009	1.004	852
2010-2015	128	125
ab 2016	132	131

<b>Gesamt</b>	<b>46.447</b>	<b>24.001</b>
---------------	---------------	---------------

Da Wohngebäude den Großteil des Gebäudebestands in der Inselgemeinde Langeoog ausmachen und über ein hohes Einsparpotenzial verfügen, ist der berechnete Heizwärmebedarf für den Wohngebäudebestand nach Baualtersklasse in Tabelle 10-4 dargestellt. Es zeigt sich das deutlich geringere Einsparpotenzial in den jüngeren Baualtersklassen im Vergleich zu den älteren Baualtersklassen. Die energetische Sanierung des älteren Gebäudebestands ist demnach sinnvoll und zielführend.

Tabelle 10-4: Berechnete Heizwärmebedarfe im Wohngebäudebestand nach Baualtersklasse (Quelle IP SYSCON GmbH)

Baualtersklasse	Heizwärmebedarf (mit APF) [MWh/a]	Heizwärmebedarf (vollsa- niert) [MWh/a]
bis 1919	3.616	1.476
1919-1948	10.568	4.593
1949-1978	18.708	9.829
1979-1986	537	345
2001-2004	332	319
2005-2009	348	333
2010-2015	128	125
ab 2016	31	30
<b>Gesamt</b>	<b>34.268</b>	<b>17.051</b>

Die Einsparpotenziale lassen sich zudem in aggregierter Form auf Quartiersebene als durchschnittliches theoretisches Einsparpotenzial darstellen und können so als erste Abschätzung für ein Quartierskonzept herangezogen werden. Anhand der Geodaten lassen sich die theoretischen Einsparpotenziale auf Quartiersebene grafisch darstellen (vgl. Abbildung 10-1).

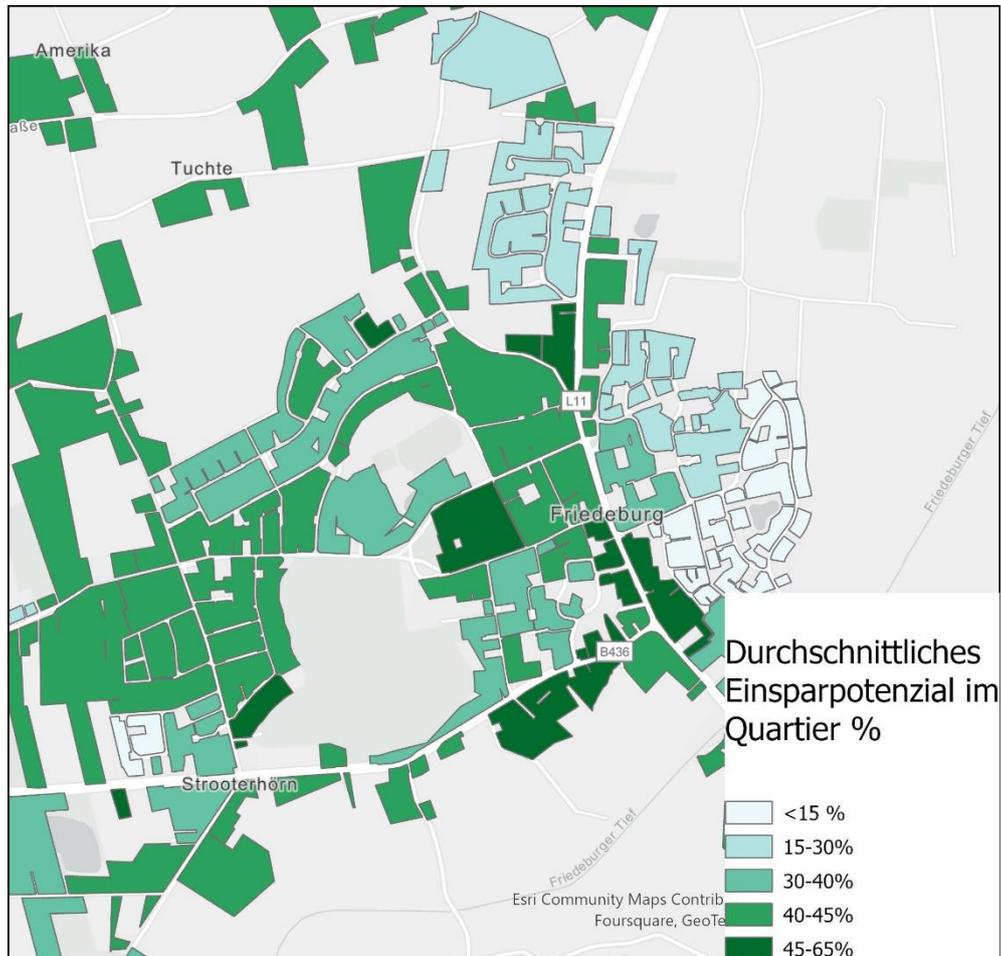


Abbildung 10-1: Darstellung des durchschnittlichen Einsparpotenzials auf Quartiersebene in Friedeburg (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Mit Bezug auf die dargestellten Einsparpotenziale ist hervorzuheben, dass es sich um theoretische Werte handelt, die von einer Vollsanierung des gesamten Bestands ausgehen. Hierbei kann der reale Sanierungszustand im Gebäudebestand nicht genau berücksichtigt werden. Zudem ist davon auszugehen, dass ein Anteil am Gebäudebestand nicht oder nur bedingt sanierbar ist. Dies trifft beispielsweise häufig für denkmalgeschützte Gebäude zu. Aus den genannten Gründen ist davon auszugehen, dass die theoretischen Einsparpotenziale nicht vollständig erreicht werden können.

## IV Szenario

# 11 Klimaschutzszenarien für die Inselgemeinde Langeoog

Mit den Ergebnissen zur Ausgangssituation und zu den Potenzialen kann ein Szenario entworfen werden, wie der Ausbaupfad vom Endenergie-Ist-Zustand zur Ausnutzung der Potenziale gestaltet sein kann. Bei dem im Folgenden beschriebenen Endenergieszenario handelt es sich um ein Zielszenario zur Erreichung der durch die Annahmen gesetzten oben beschriebenen Potenziale. Dabei ist die Betrachtungsebene weiterhin territorial. Verglichen werden dabei, wie bereits beschrieben, ein Trend- und Klimaschutzszenario.

### 11.1 Trendszenario

Das Trendszenario beschreibt ein Szenario, bei der eine Weiterentwicklung wie bisher zugrunde gelegt wird (business as usual). Dabei sind nicht nur Effizienzsteigerungen zu erwarten, sondern auch Rebound-Effekte. Die Annahmen für das Trendszenario basieren wie vor beschrieben auf den Vorgaben des ifeu für die Emissionsfaktoren und auf den o. g. Studien zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien und Einsparungen für Deutschland wie unter Methodik beschrieben.

Die Annahmen für das Trendszenario wurden detailliert im vorangehenden Kapitel 3 beschrieben. Zusammengefasst sind die entscheidenden Annahmen des Trendszenarios folgende:

- Für den Wärmebedarf nach Sanierung ein höherer (schlechterer) Zielwert
- eine Steigerung des Bedarfs bei Warmwasser und Prozesswärme,
- eine gleichbleibend schlechte Sanierungsrate von 1,1 %,
- ein sich konservativ entwickelnder Bundesstrommix,
- eine geringe Potenzialausschöpfung bei Solar- und Geothermie,
- eine geringe Stromeinsparung in Industrie und GHD,
- eine geringe Verkehrsvermeidung und -verlagerung,
- ein geringer Anteil E-Mobile sowie
- eine Steigerung im Güter- und Schiffsverkehr.

Diese Annahmen wirken sich auf die Ausschöpfung der Potenziale aus und führen zu der nachfolgend beschriebenen Entwicklung im Trendszenario der Endenergie (gesamt). Der Endenergiebezug der Inselgemeinde Langeoog sinkt nach dem Trendszenario von 2019 bis 2040 von 77,8 GWh auf 40,7GWh pro Jahr.

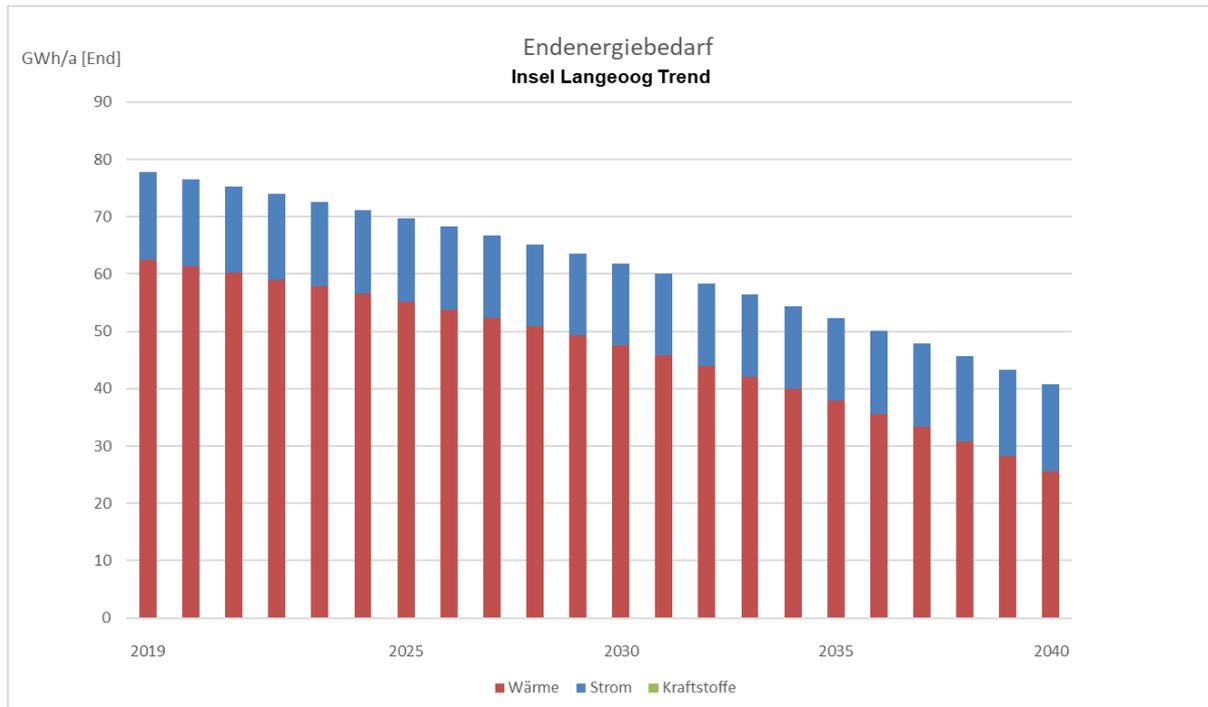


Abbildung 11-1: Gesamtszenario Endenergie (Trend) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

Die Verringerung ist dabei ab 2019 über die Jahre verteilt. Diese Verringerung im Endenergiebezug ergibt sich zum einen aus der Reduktion des Endenergiebedarfes durch Sanierung und Effizienzsteigerung, zum anderen aus dem Einsatz von Wärmeerzeugungsanlagen wie Solar- und Geothermie. Diese erzeugen die Wärmeenergie direkt vor Ort und benötigen einen geringeren Endenergiebezug. Vor allem bei der Geothermie wird dieser Endenergiebezug vom Gasbezug zum großen Teil auf den Strombezug verlagert (Betriebsenergie der Wärmepumpen) und ist dort bilanziert. Die Abbildung 11-1 macht deutlich, welchen wichtigen Anteil der Bereich Wärme hat. Anstrengungen sind aber auch im Strombereich notwendig, da die Einsparungen in diesem Sektor nur erreichbar sind, wenn die angenommenen Einsparungen im Industrie- / GHD- und Haushaltssektor den Mehrbedarf durch E-Mobilität und die Wärmepumpen für die Geothermie wenigstens teilweise kompensieren.

Durch die Verteilung der Endenergiereduktion ab 2019 über die kommenden Jahre ist auch die Abnahme der THG über die Jahre gleich verteilt. Durch die folgende Darstellung (Abbildung 11-2) wird deutlich, dass auch die THG-Emissionen im Wärmebereich prozentual zwischen 2019 und 2040 stärker sinken als im Strombereich. Insgesamt kann der Ausstoß von etwa 22.670 tCO<sub>2</sub>e 2019 auf etwa 6.536 tCO<sub>2</sub>e im Jahre 2040 sinken.

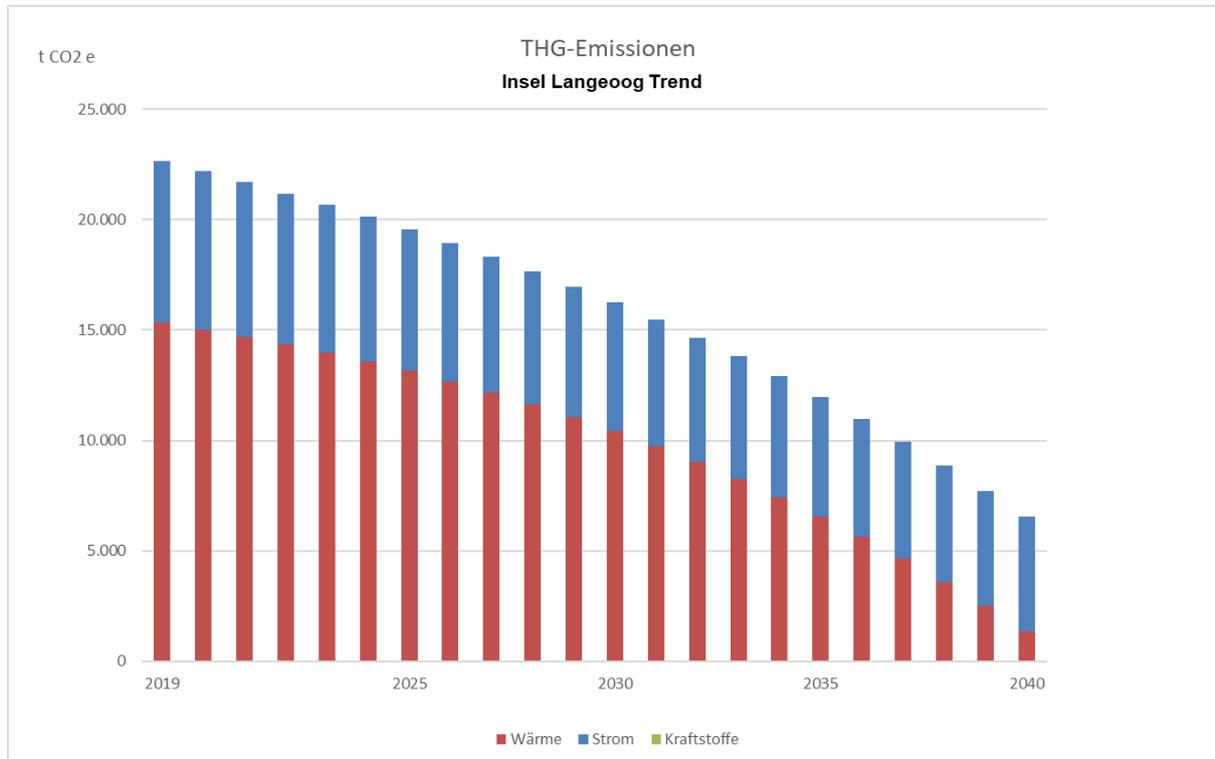


Abbildung 11-2: Gesamtszenario THG (Trend) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

## 11.2 Klimaschutzszenario

Das Klimaschutzszenario setzt sich eine Treibhausgasneutralität bis 2040 zum Ziel. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Annahmen zur Entwicklung bis 2040 so gesetzt werden, dass die theoretischen Potenziale entsprechend den Möglichkeiten ausgeschöpft werden. Die Annahmen müssen daher realistisch sein und zu den speziellen Gegebenheiten in der Inselgemeinde Langeoog passen. Aus den Annahmen im Klimaschutzszenario müssen Strategien und Maßnahmen abgeleitet werden, die zur Realisierung und somit zur Erreichung der Ziele führen. Dadurch ergibt sich ein Spannungsfeld, in dem unter realistischen Annahmen eine weitgehende Klimaneutralität erreicht werden kann.

Die Annahmen für das Klimaschutzszenario wurden in Kapitel 3 beschrieben. Zusammengefasst sind die entscheidenden Annahmen des Szenarios folgende:

- Ein niedriger Zielwert für den Wärmebedarf nach Sanierung,
- kein Anstieg des Bedarfs bei Warmwasser und Prozesswärme,
- eine höhere Sanierungsrate mit 1,5 % für Haushalte sowie für Industrie und GHD,
- ein mit großen EE-Anteilen sich entwickelnder Bundesstrommix,
- eine mittlere Potenzialausschöpfung bei Solar- und Geothermie,
- eine mittlere Stromeinsparung in Industrie und GHD,
- eine starke Sektorkopplung zwischen Strom und Wärme

Diese Annahmen wirken sich auf die Ausschöpfung der Potenziale und die Entwicklung des vorliegenden Szenarios aus. Ausgehend von dem Stand 2019 kann mit diesen Annahmen in den Szenarien dargestellt werden, wie die Potenziale in der Inselgemeinde Langeoog bis zum

Jahr 2040 ausgeschöpft werden können. Dabei wird berücksichtigt, dass Potenziale gleichbleibend (linear), stärker am Anfang, am Ende oder in Stufen bis zum Zieljahr ausgeschöpft werden.

### 11.2.1 Klimaschutzscenario der Endenergie (gesamt)

Der Endenergiebezug der Inselgemeinde Langeoog sinkt nach dem Klimaschutzscenario von 2019 (77,8 GWh/a) bis 2040 (37,5 GWh/a) um ca. 40,3 GWh.

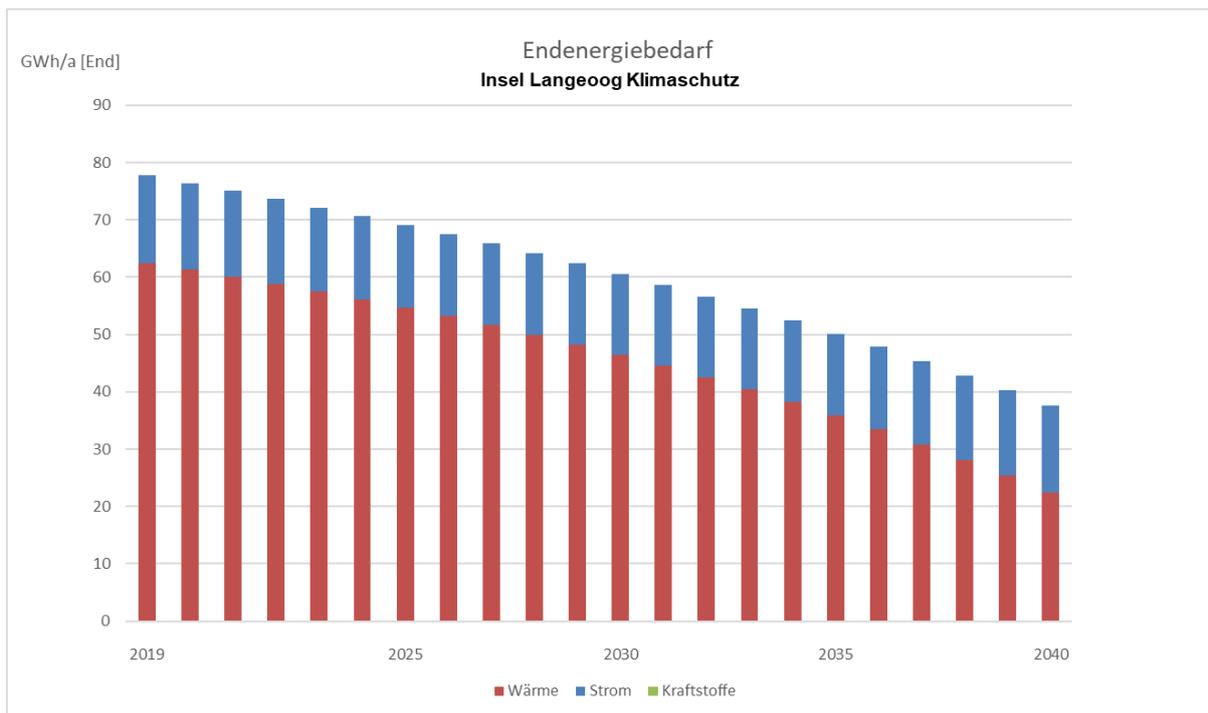


Abbildung 11-3: Gesamtszenario Endenergie (Klimaschutzscenario) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

Die Verringerung ist dabei ab 2019 wie vorab beschrieben über die Jahre verteilt. Diese Verringerung im Endenergiebezug ergibt sich wie beim Trendszenario zum einen aus der Reduktion des Endenergiebedarfes durch Sanierung und Effizienzsteigerung, zum anderen aus dem Einsatz von Wärmeerzeugungsanlagen, wie Solar- und Geothermie. Beim Klimaschutzscenario ist der zweite Effekt, auch durch die starke Sektorkopplung zwischen Strom und Wärme, aber wesentlich größer, da Solar- und Geothermie stärker ausgebaut werden. Bei der Geothermie wird der Gasbezug zum Teil auf den Strombezug verlagert (Betriebsenergie der Wärmepumpen) und ist dort bilanziert. Nicht gleich verteilt ist jedoch das Einsparpotenzial. Die Abbildung 11-3 macht deutlich, welchen wichtigen Anteil der Bereich Wärme hat. Im Strombereich nimmt, durch die Zunahme von Wärmepumpen- und Mobilitätsstrom, die Endenergie gegenüber 2019 sogar zu. Daher sind im Strombereich bei Haushalten, Industrie und GHD Einsparungen notwendig, um den Mehrbedarf durch die Sektorkopplung zu kompensieren.

Suffizienz ist kein eigener Bereich des Energiebedarfs wie die vorgenannten. Aber sie nimmt, wie im Kapitel 4.3 beschrieben, auf alle diese Bereiche Einfluss. Die für die Szenarien getroffenen Annahmen zu Einsparungen bei Strom, Wärme und Mobilität können nicht alleine durch Effizienz- und Konsistenz (Ökologisierung) erbracht werden. Nachhaltiger Konsum und Suffizienz müssen in diesen Bereichen wirken, damit die Annahmen eintreten.

Die Szenarien beziehen also Nachhaltigkeit und Suffizienz in ihre Annahmen mit ein. Die Klimaschutzziele sind somit ohne nachhaltiges und suffizientes Verhalten nicht erreichbar. Für die Suffizienz wurden in den Berechnungen moderate Annahmen getroffen. Die Berechnungen bis 2040 sind allgemein mit einer entsprechenden Ungenauigkeit zu betrachten (vgl. Kapitel 3.2). Daher kann die Suffizienz den entscheidenden Ausschlag zum Erreichen der Ziele geben, wenn technologische Maßnahmen nicht mehr möglich sind. Die entscheidenden Hebel, an denen die Suffizienz ansetzen muss, sind:

- Verringerung des Wärmebedarfs durch niedrigere und/ oder temporäre Nichtbeheizung von Räumen,
- Minderung des Wärmebedarfs durch geringeren Warmwasserbedarf,
- Verringerung des Strombedarfs durch Verzicht auf Stromanwendungen,
- Verringerung des Wärme-, Strom- und Kraftstoffbedarfs in Industrie und GHD durch bewussteres, nachhaltigeres Konsumieren.

### 11.2.2 Klimaschutzszenario der THG-Emissionen (gesamt)

Durch die vorgegebene Verteilung der Endenergiereduktion ist auch die Abnahme der THG ab 2019 über die Jahre analog verteilt. Durch die folgenden Darstellungen (Abbildung 11-4 & Abbildung 11-5) wird deutlich, dass die THG-Emissionen gegenüber die THG-Emissionen gegenüber 2019 im Wärmebereich prozentual stärker sinken können wie im Strombereich. Insgesamt kann der Ausstoß von etwa 22.670 tCO<sub>2</sub>e im Jahr 2019 auf 0 tCO<sub>2</sub>e im Jahre 2040 sinken.

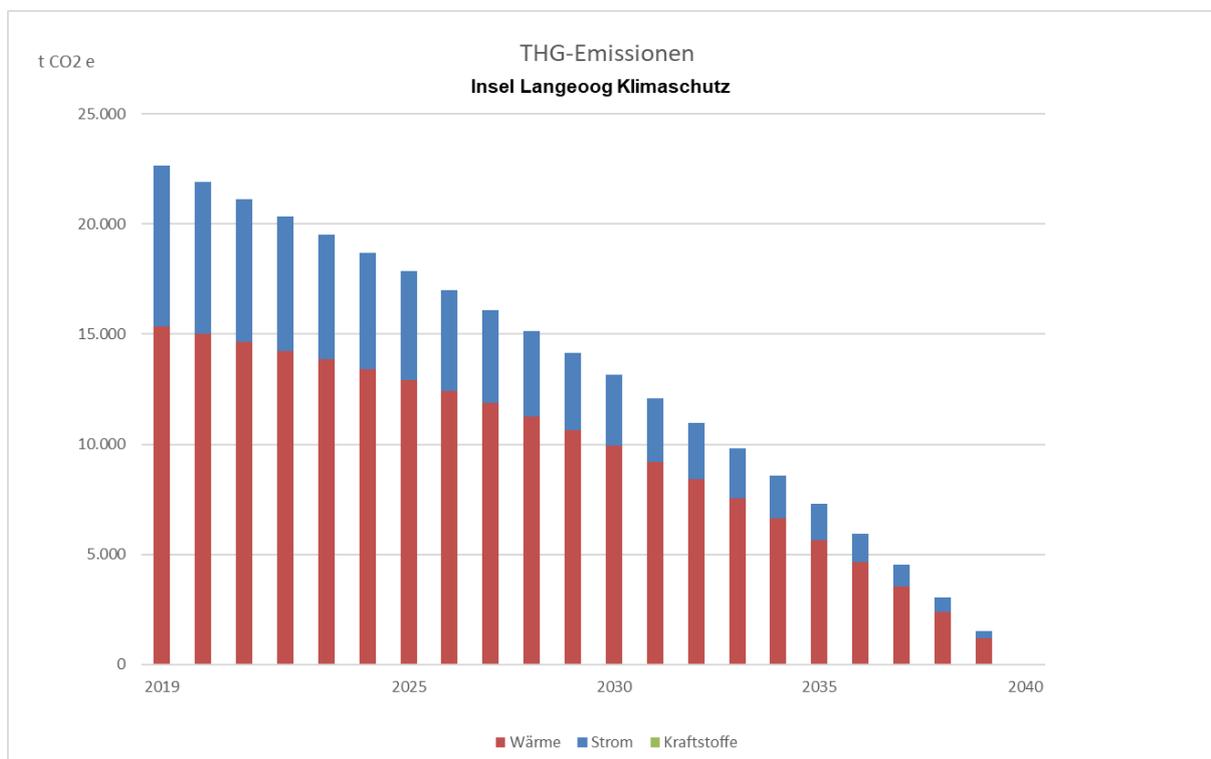


Abbildung 11-4: Gesamtszenario THG (Klimaschutzszenario) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

Dies entspricht den nationalen Zielen einer Reduktion von 80 % - 95 % bis 2040.

Betrachtet man auch hier die Entwicklung pro EinwohnerIn soll der Ausstoß von 2019 (12,47t CO<sub>2</sub>e pro EinwohnerIn und Jahr) bis 2040 auf ca. 0,0 tCO<sub>2</sub>e pro EinwohnerIn und Jahr sinken.

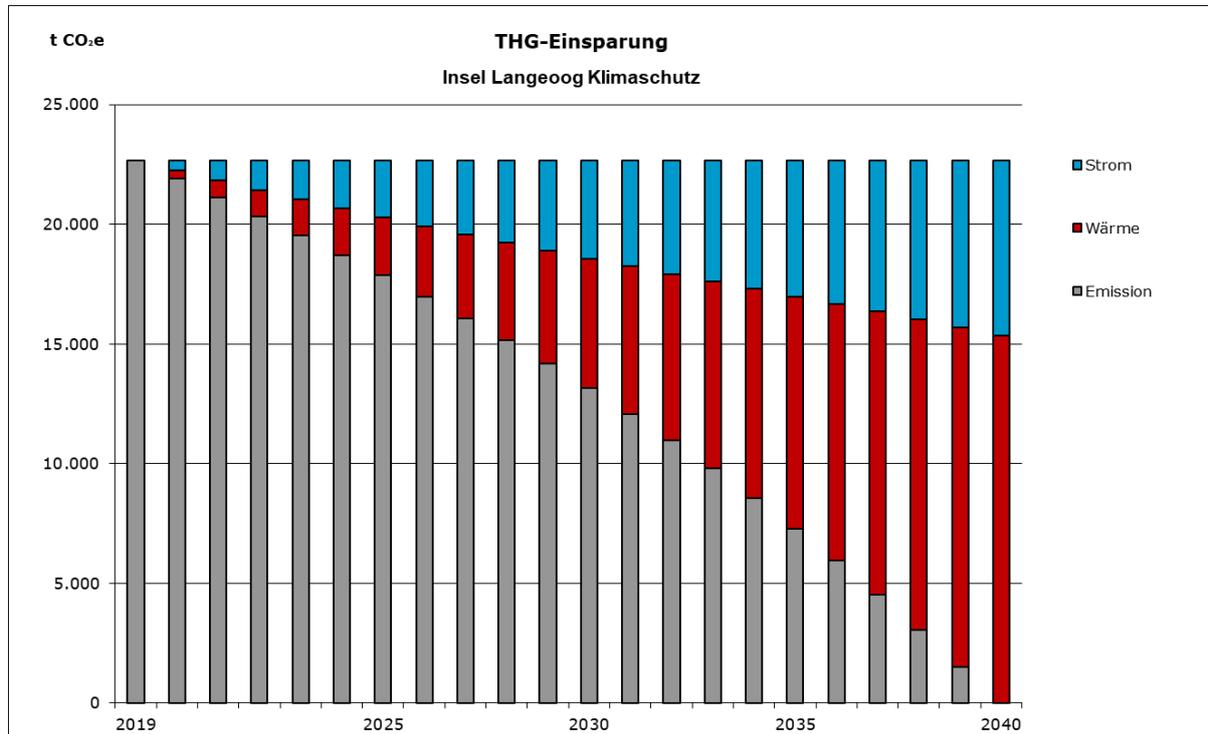


Abbildung 11-5: THG-Einsparungen (Klimaschutzszenario) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

### 11.2.3 Vergleich Klimaschutz- und Trendszenario

Der Vergleich zwischen den Szenarien zeigt deutlich, dass das Trendszenario hinter den Zielen des Klimaschutzszenarios zurückbleibt. Es sind größere Anstrengungen nötig, um die Ziele des Klimaschutzszenarios erreichen zu können.

Unter den gesetzten Annahmen für die Inselgemeinde Langeoog wird das Bundesziel einer Endenergieeinsparung gegenüber 2019 von 50 % erreicht. Auch das Ziel der % THG-Reduktion wird gegenüber 2019 erreicht. Im Nachfolgenden soll bei der Betrachtung für Strom und Wärme untersucht werden, mit welchen Strategien und Maßnahmen diese Ziele erreicht werden können.

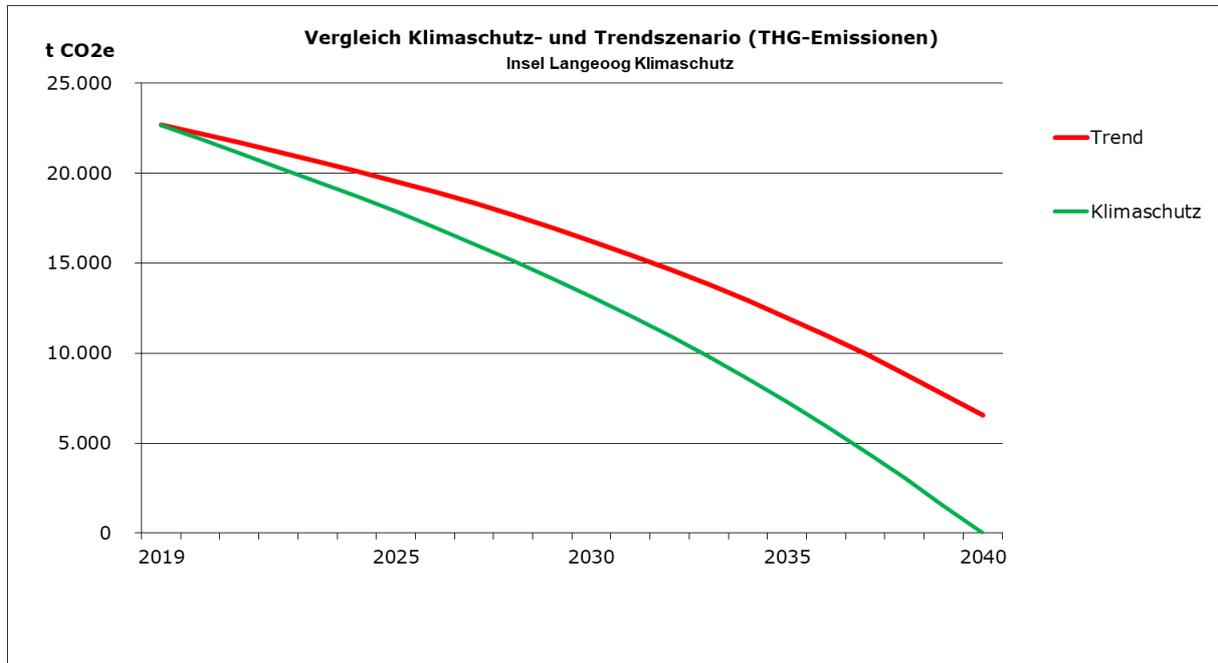


Abbildung 11-6: Vergleich Klimaschutz- und Trendszenario (THG-Emissionen) (Quelle: EKP)

## 11.3 Klimaschutz- und Wärmestrategien

Aus dem Klimaschutzszenario lassen sich Strategien zur Zielerreichung und Indikatoren zur Messbarkeit ableiten. Diese sind im Folgenden näher beschrieben. Die Angaben sind auf das Basisjahr 2019 bezogen, da die Strategien nicht in der Vergangenheit angesetzt wurden.

### 11.3.1 Klimaschutzstrategie Strom

#### 11.3.1.1 Endenergie Strom

In der folgenden Abbildung 11-7 werden der Strombedarf und die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien im zeitlichen Verlauf dargestellt. Dabei entwickelt sich der Ausbau der Erneuerbare-Energieanlagen stetig. Besonders deutlich wird die Auswirkung durch Repowering und Ausbau der Windkraftanlagen.

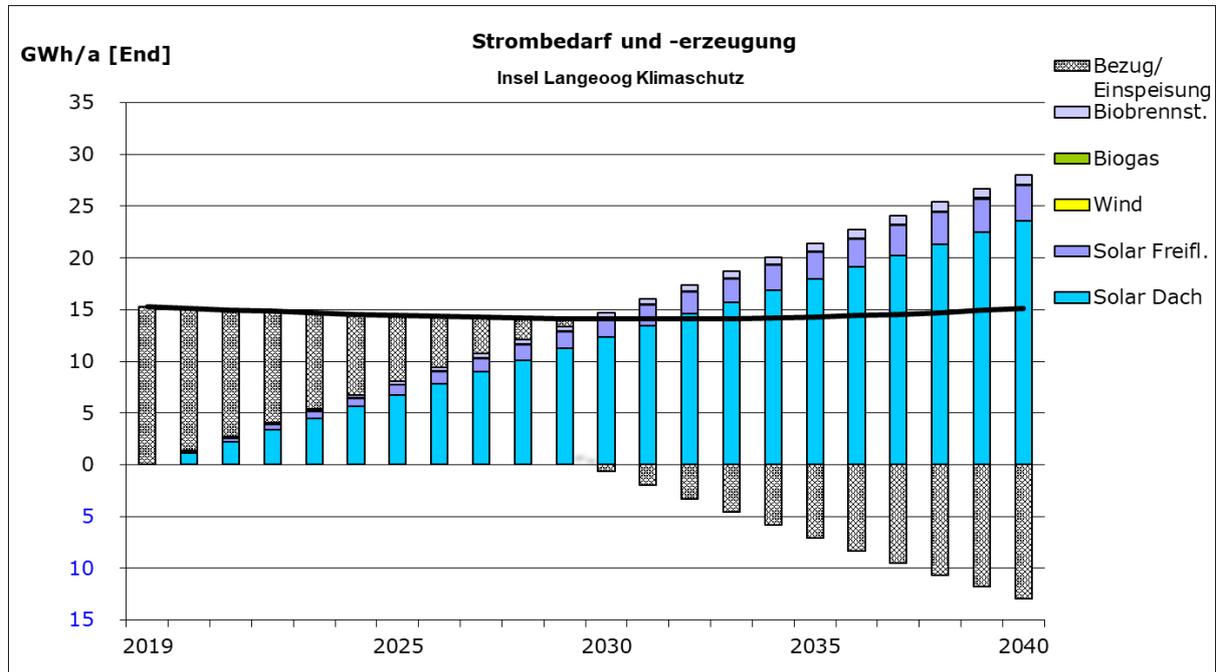


Abbildung 11-7: Strombedarf und -Erzeugung Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

Im Bereich der Haushalte muss der Einsatz energiesparender, also energieeffizienter Geräte gefördert werden. Dabei muss beachtet werden, dass diese Einsparung nicht durch Rebound-Effekte aufgehoben wird. Hier spielt das Thema „Suffizienz“ eine entscheidende Rolle. Nur durch die technische Effizienzsteigerung und ein größeres Klimaschutzbewusstsein der Bevölkerung und Unternehmerschaft kann sich der Strombedarf langfristig so entwickeln, wie in der folgenden Abbildung 11-8 dargestellt. Der Strombedarf würde ohne Einsparungen noch höher ausfallen.

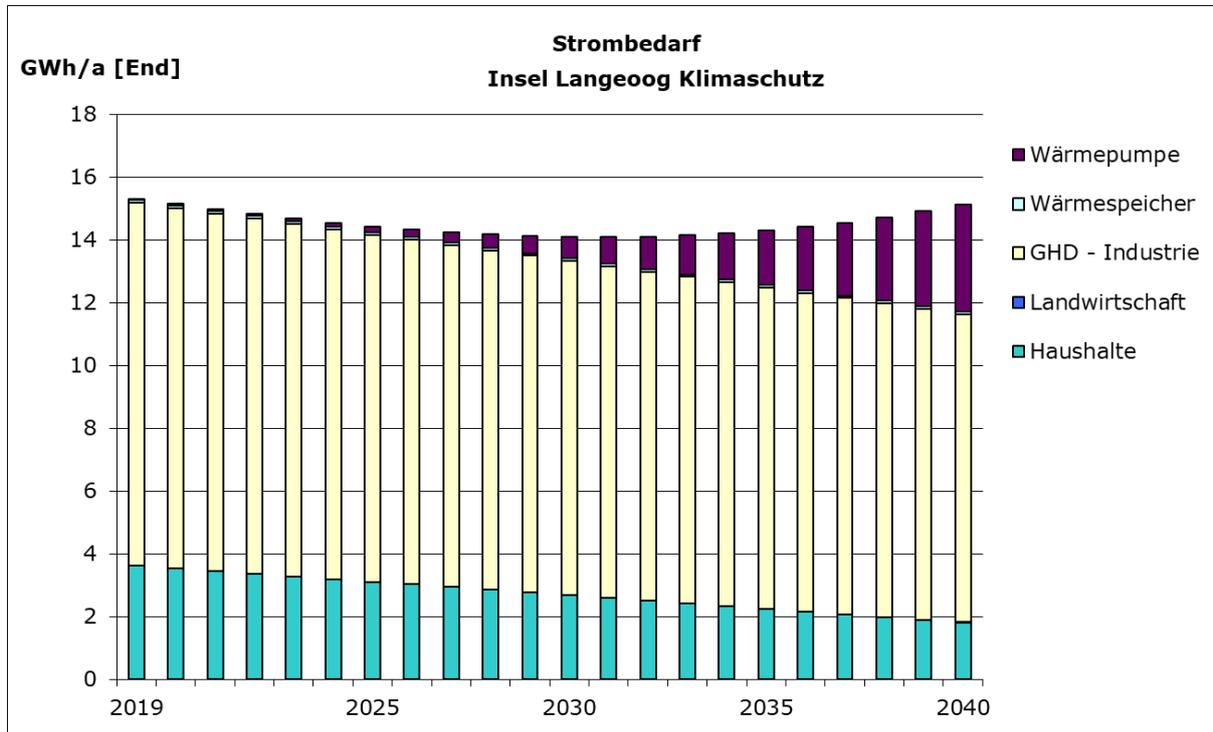


Abbildung 11-8: Strombedarf nach Nutzung Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

Die Abbildung 11-8 Strombedarf nach Nutzung zeigt deutlich, dass sich der nicht zu hohe Anstieg insgesamt nur dadurch erreichen lässt, dass große Einsparungen bei Haushalten und Industrie / GHD den Mehrbedarf an Strom für Wärmepumpen und Mobilität kompensieren. Ansonsten würde der gesamte Strombedarf, wie in der Grafik zu erkennen, stark ansteigen.

Die Einsparmöglichkeiten im Strombereich werden für Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung geringer angesehen als für die Haushalte (vgl. Kapitel 4.3). Die Gründe für die Einsparungen können allgemein die Energieeffizienzsteigerung in der Technik und ein Umweltbewusstsein der Bevölkerung sein. Dies wird durch eine genauere Betrachtung des Szenarios zur Stromnutzung deutlich.

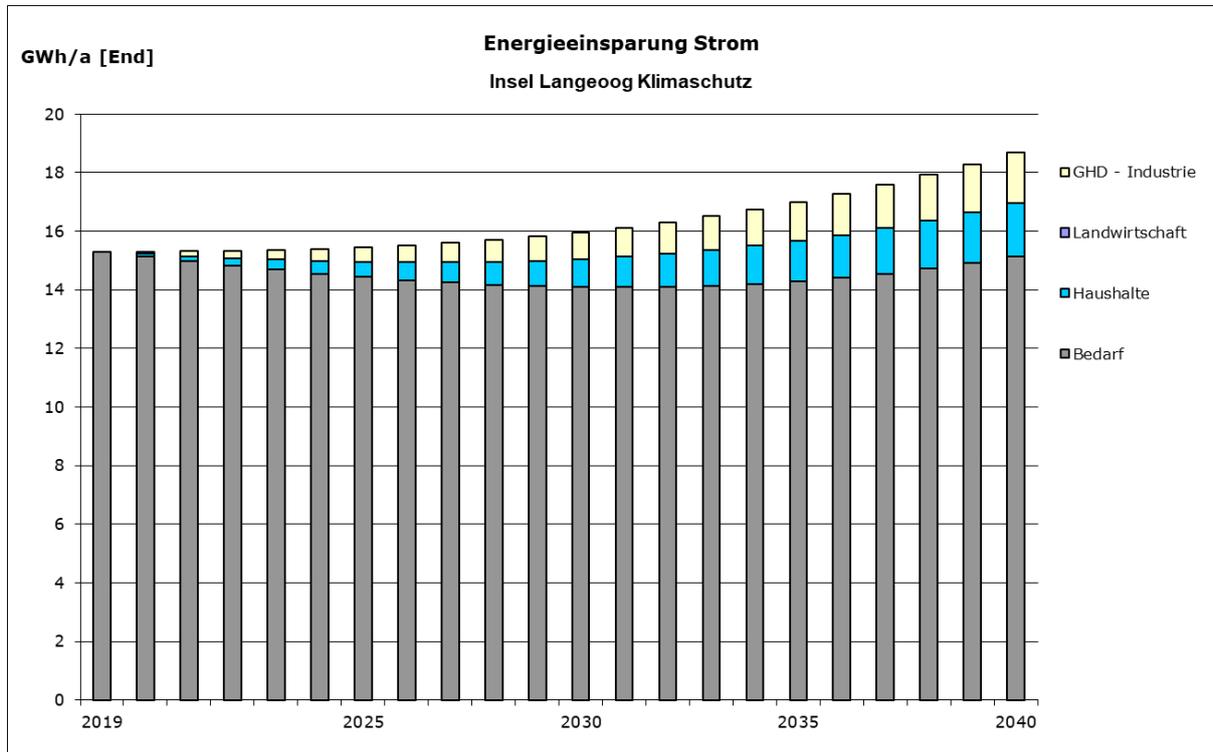


Abbildung 11-9: Stromeinsparungen nach Stromnutzung Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP)

So ist in der Abbildung 11-8 auch gut zu erkennen, dass der meiste Strom für Gewerbe (inkl. Industrie), Handel und Dienstleistung verwendet wird. Daher sind dort auch die größten Einsparungen möglich. Wie bereits beschrieben, wird zusätzlicher Strom für Wärmepumpen benötigt. Die Landwirtschaft hat nur einen geringen Anteil am weiteren Strombedarf.

### 11.3.2 Klimaschutzstrategie Wärme

#### 11.3.2.1 Endenergie Wärme

Der Wärmebedarf in der Inselgemeinde Langeoog wird vor allem durch die Sanierung der Gebäude reduziert. Mit der getroffenen Annahme für die Sanierungsraten von 1,5 % für Haushalte und GHD wird das Sanierungsziel für die Raumwärme bis 2040 nicht erreicht. Damit der verbleibende Wärmebedarf bis 2040 stärker durch Erneuerbare Energieträger gedeckt werden kann, müssen diese ausgebaut werden. Bilanziell kann 2040 mehr Wärme Erneuerbar erzeugt werden als benötigt wird. Da Wärme nur bedingt über größere Strecken transportiert werden kann, können hier ggf. die Wärmeenergieträger (Biogas, Biobrennstoffe) exportiert, oder die Erneuerbare Energieproduktion verringert werden. 2040 übernehmen die Sonnenwärme 21 %, die Biomasse 6 % und die oberflächennahe Geothermie 73 %. Zusammen mit Sonnenwärme und Biobrennstoffen kann die Inselgemeinde Langeoog den Wärmebedarf zu 100 % aus Erneuerbaren Quellen decken. (vgl. Abbildung 11-10).

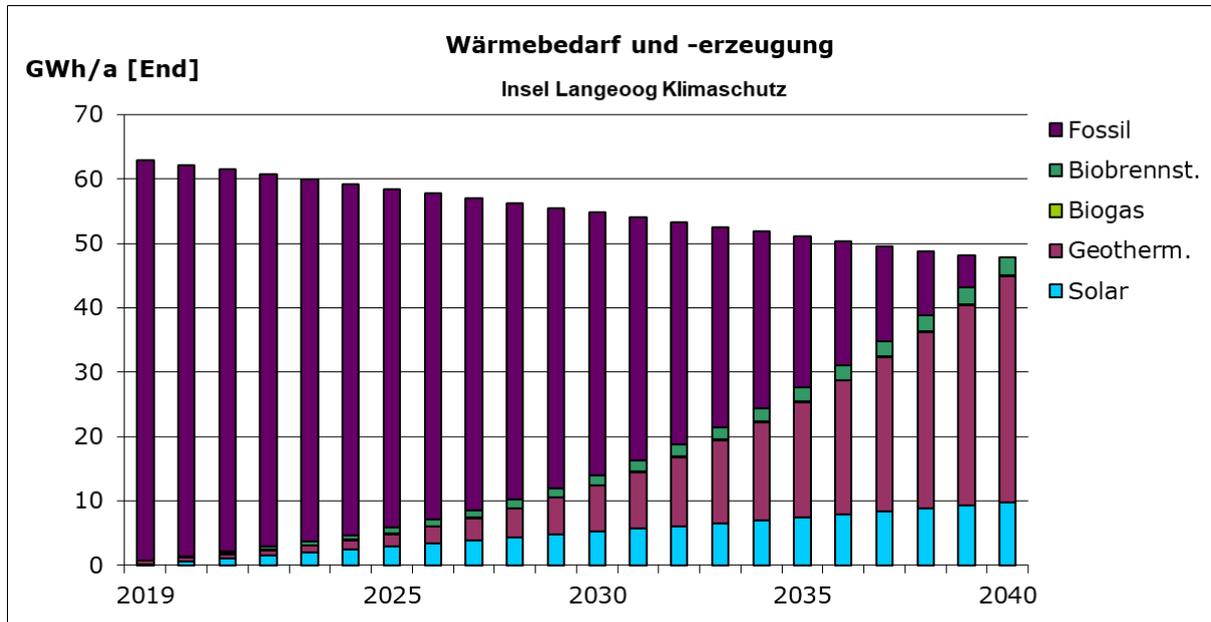


Abbildung 11-10: Wärmebedarf und -Erzeugung nach Energieträgern bis 2040 (Quelle: EKP)

Wie beschrieben lässt sich Wärme nur bedingt transportieren. Möglich ist dies bei den Energieträgern der Biomasse als Stückgut (z. B. Holz) oder Gas (z. B. Biomethan). Es ist im regionalen Zusammenhang aber auch möglich, die überschüssige Energie als Biomasse in Form von Stückgut oder Biomethan, z. B. an das Umland, abzugeben. Für die Wärmeenergie aus Geothermie müssen Wärmepumpen eingesetzt werden. Diese benötigen Strom, der im Strombereich berücksichtigt wird.

Bei der Betrachtung der Verwendung in den Sektoren zeigt sich, dass bei der Wärme der Verbrauch im Bereich Haushalte zukünftig den größeren Anteil gegenüber GHD / Industrie ausmacht. Für Raumwärme wird darüber hinaus bei beiden der größere Anteil des Energieverbrauchs verwendet. Warmwasser und Prozesswärme nehmen nur einen geringeren Teil für sich in Anspruch. Bei allen Verwendungen kann über die Jahre eine deutliche Reduktion erreicht werden (vgl. Abbildung 11-11).

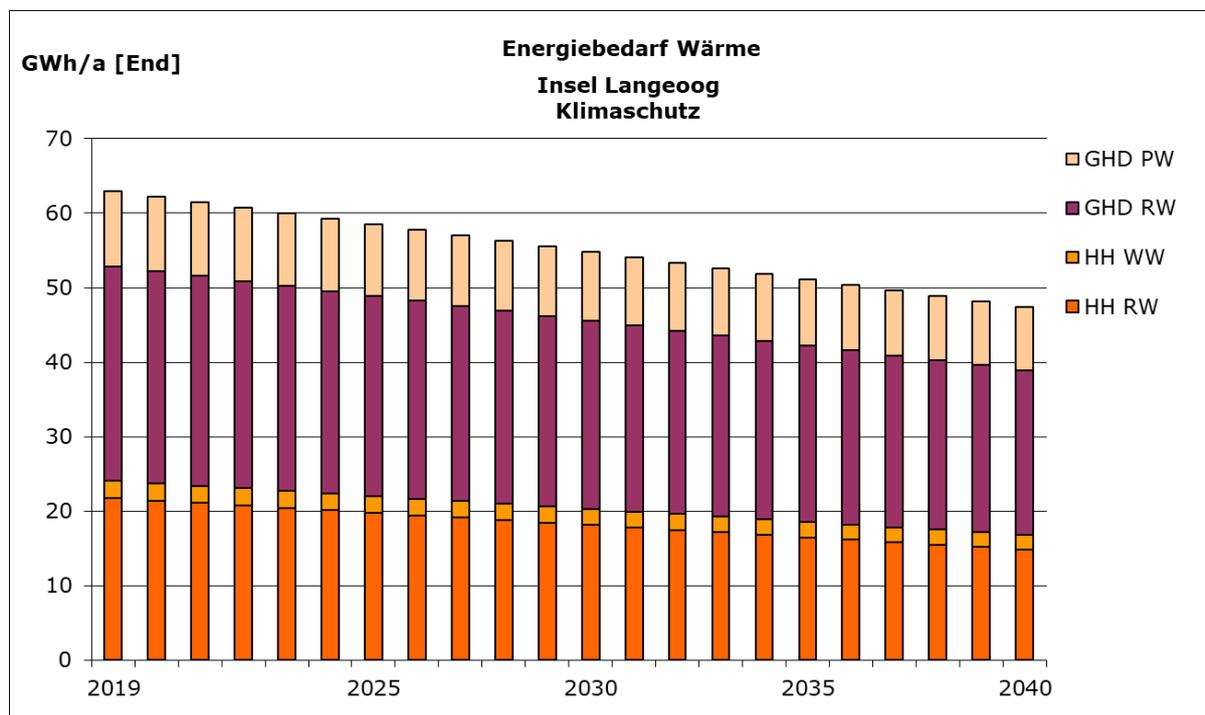


Abbildung 11-11: Wärmebedarf nach Nutzung: Die Haushalte mit Raumwärme und Warmwasserwärme, das Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit Raumwärme und Prozesswärme, bis 2040 (Quelle: EKP)

### 11.3.2.2 THG-Emissionen Wärme

Vor allem durch den steigenden Anteil an Erneuerbaren Energien im Wärmeenergiemix nehmen die THG-Emissionen für die Wärmeherstellung stark ab (vgl. Abbildung 11-12). Da große Teile der Erneuerbaren Wärmeherzeugung aus Solar- und Geothermie erbracht werden, welche mit einem hohen Anteil an Erneuerbarem Strom betrieben werden, sind diese nur mit sehr geringen Emissionen verbunden.

Die bei der Erneuerbaren Wärmeherzeugung entstehenden Emissionen werden im Wesentlichen durch Solar- und Geothermie verursacht, auch weil die Emissionen der Biomassewärme der Stromerzeugung angelastet werden. Da die Wärmepumpen, die zur Erzeugung der Wärme benötigt werden mit Strom betrieben werden, sinken diese, wenn der Anteil an Erneuerbarem Strom steigt.

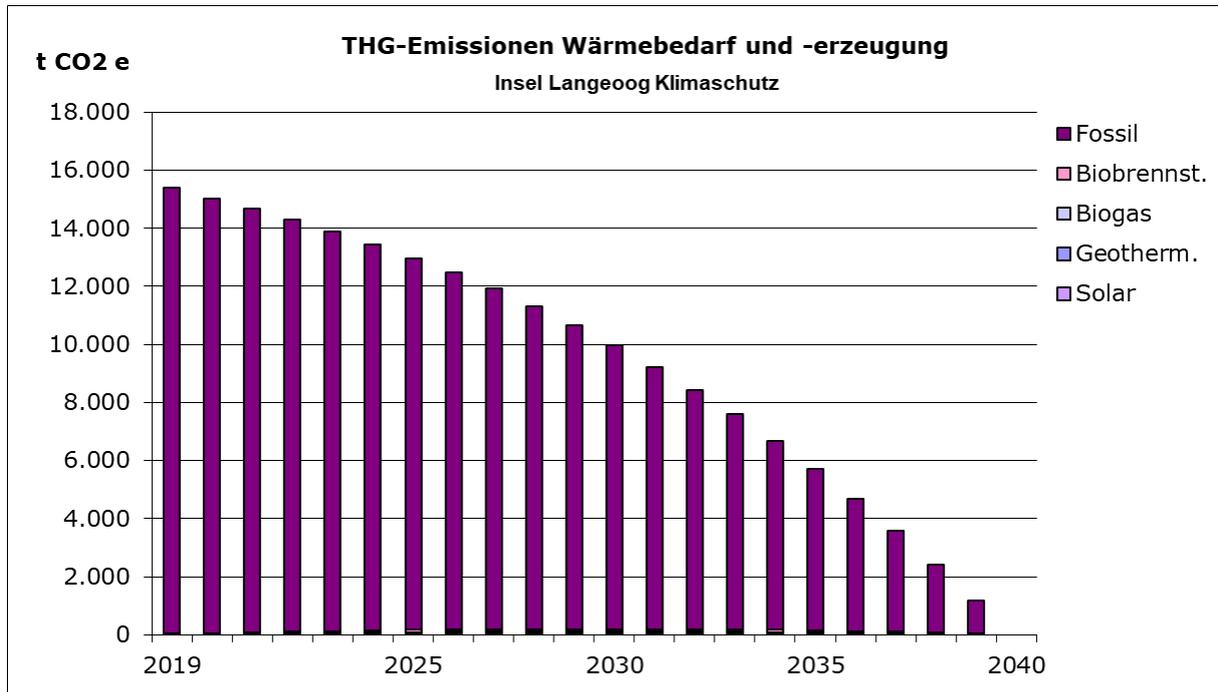


Abbildung 11-12: THG-Emissionen Wärmebedarf und -Erzeugung nach Energieträger bis 2040 (Quelle: EKP)

Bei der Betrachtung zeigt sich, dass auch bei der Wärme die THG-Reduktion der Endenergie-reduktion ähnelt, was durch die Berechnung über Faktoren zu erwarten ist. Auf zwei Besonderheiten soll an dieser Stelle hingewiesen werden: Für die Prozess- und Warmwasserwärme kann die Energie nur geringfügig reduziert werden. Bei den THG-Emissionen fällt die Reduzierung wesentlich höher aus. Dies ist durch den Einsatz der Solartechnik möglich, welche besonders bei der Prozess- und Warmwasserwärme gut eingesetzt werden kann (vgl. Abbildung 11-13).

Den größten Anteil leisten dabei die Sanierung der Gebäude und der verbesserte Mix bei der Wärmeerzeugung. Daher ist im Wärmebereich ein hoher Anteil Erneuerbarer Wärmeerzeugung anzustreben, damit die möglichen Reduzierungen der THG-Emissionen erreicht werden. Die verbleibenden Emissionen werden vor allem durch den Strombezug der Wärmepumpen verursacht.

Um die THG-Reduktion zu erhöhen könnte man den Bedarf weiter verringern. Die gesetzten Ziele, die Gebäude im Mittel auf 70 kWh/m<sup>2</sup>a im Wohnbereich und auf 50 kWh/m<sup>2</sup>a im Industrie- und GHD-Bereich zu sanieren, sind nicht hoch angesetzt. Eine Verringerung hier ist nur durch eine verstärkte Sanierung und durch eine höhere Sanierungsrate oder durch eine Reduzierung des individuellen Wohnflächenbedarfs zu erreichen.

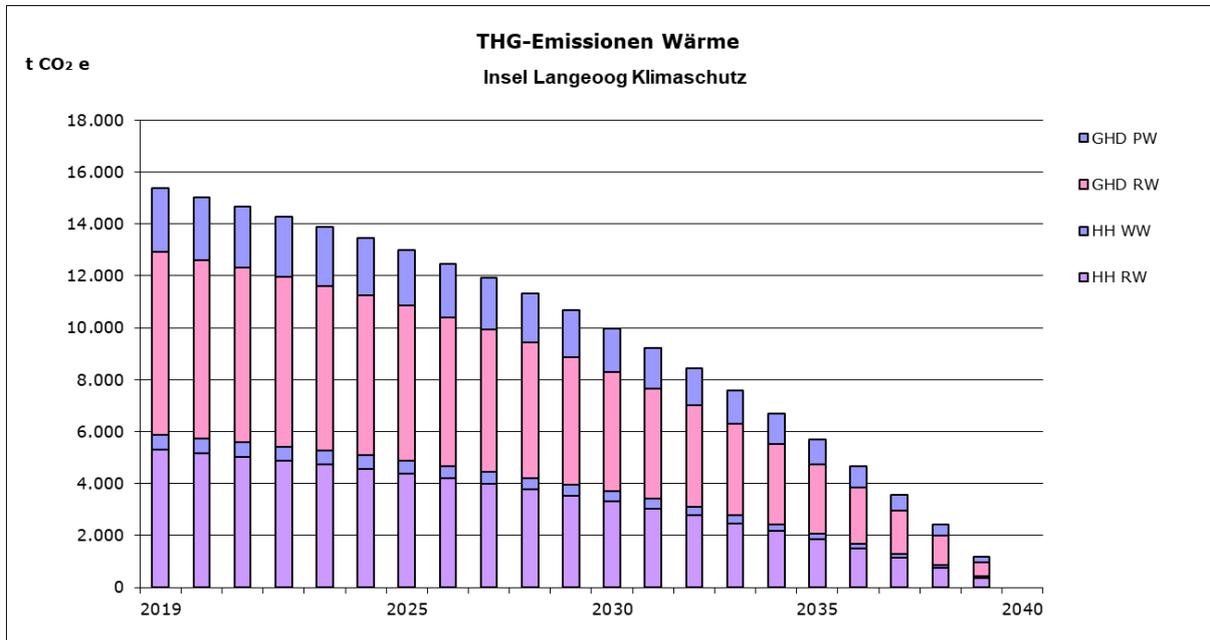


Abbildung 11-13: THG-Emission nach Wärmenutzungsart: Die Haushalte mit Raumwärme und Warmwasserwärme, das Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit Raumwärme und Prozesswärme, bis 2040 (Quelle: EKP)

## V Verstetigungsstrategie

### 12 Verstetigungsstrategie

Zur Umsetzung der Kommunalen Wärmeplanung ist ein Controlling-System notwendig. Anhand der erhobenen Daten kann durch einen jährlichen Soll-Ist-Abgleich die Entwicklung festgestellt werden. Daraus lassen sich Aktivitäten der lokalen Energiepolitik und des örtlichen Strukturwandels in der Energiewirtschaft abbilden. So ist im Rahmen der Umsetzung, zum Beispiel durch einen Kümmerer oder durch ein aufzubauendes Klimaschutzmanagement, der Aufbau eines umfassenden Monitoring-Systems zu empfehlen. Dazu können verschiedene Ansätze verwendet werden. Kurzfristig bietet sich die Fortschreibung der vorhandenen Methoden an, die sich verfeinern und aufgliedern lassen (Bestandsermittlung, Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz). So lässt sich ein Erfolg der gesetzten Ziele erkennen und fördern. Die jährlichen Ergebnisse sollen zentral gesammelt werden und können anhand des transparenten Monitorings der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

Es sind erste Maßnahmen priorisiert worden. Die zeitliche Abarbeitung muss ebenso kontrolliert und gesteuert werden wie die angegebene Wirksamkeit zur Erreichung der Klimaschutzziele und des Energie- und Ressourcenverbrauchs. Die Verstetigung erfolgt durch den Aufbau eines Klimamanagements oder eines Kümmerers in der Verwaltung und die Umsetzung der Maßnahmen und Ableitung von neuen.

Um die Fortschritte im Klimaschutz bewerten zu können, werden Indikatoren zur regelmäßigen Überprüfung gesetzt. Die Indikatoren lassen sich meist einfacher überprüfen als die tatsächlich eingesparte Energie oder die Reduktion der THG. Damit kann eine Überprüfung auch in der Zeit zwischen zwei vollständigen Bilanzierungen stattfinden. Die Indikatoren orientieren sich dabei an den gesetzten Zielen, welche für die Szenarien bestimmt wurden.

## 13 Maßnahmenentwicklung

### 13.1 Maßnahmenkatalog

Die Entwicklung und Sammlung von konkreten Maßnahmen ist ein wichtiges Ergebnis des Klimaschutzteilkonzeptes. Sie machen die zahlreichen bestehenden Querbezüge zwischen Klimaschutzziele und unterschiedlichen Akteuren und Handlungsfeldern deutlich. Der gesamte Komplex von Ideen, der während des Entstehungsprozesses dieses Wärmeplans zusammengeführt wurde, stellt zudem ein hohes Gut für die Entwicklung dar.

Die Maßnahmen wurden in einem Workshop der Kommunen gemeinsam diskutiert. Dabei wurden anhand regionaler Kenntnisse diejenigen Maßnahmen ausgewählt, die sowohl wirkungsvoll als auch umsetzbar für die Gemeinde sind.

Nachstehend wird ein zusammenfassender Überblick über die Maßnahmentitel und Inhalte gegeben. Die Maßnahmenblätter finden sich im Anhang. Enthalten ist darin u. a. die Darstellung der Wirksamkeit der Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele durch Angabe der Energie- und THG-Reduktion, der Strategie und der Priorisierung.

Tabelle 13-1: Klimaschutz Maßnahmen (Quelle: EKP, IP SYSCON GmbH)

Maßnahmentitel	Kurzbeschreibung
Beratungsangebot	Schaffung von Beratungsangeboten für Bürgerinnen und Bürger
Einführung eines Klimaschutzmanagements	Aufbau eines Klimaschutzmanagements für die Inselgemeinde mit ihren Eigenbetrieben
Klimaneutralität der Abwasserreinigungsanlage	Schaffung der Klimaneutralität der Abwasserreinigungsanlage
Energiemaßnahmen im Freizeit- und Erlebnisbad	Erstellung eines Energiekonzeptes und Sanierung des Erlebnisbades
Energiemaßnahmen bei Gebäudesanierungen	Berücksichtigung von Energiemaßnahmen bei Sanierungsprojekten der öffentlichen Gebäude

## 13.2 Darstellung der räumlich empfohlenen Versorgungslösung

In Abhängigkeit der berechneten spezifischen Wärmebedarfe mit APF in kWh/m<sup>2</sup>a im Gebäudebestand wurden energetische Quartiere aus mindestens fünf Gebäuden mit ähnlichem spez. Wärmebedarf und räumlicher Nähe gebildet. Die Quartiersflächen basieren dabei auf den Flurstücken.

Für die weitere energetische Bewertung von Quartieren und die Empfehlung von Wärmeversorgungslösung wurde pro Quartier zunächst gemäß Gl. 2 die Wärmedichte berechnet:

$$\text{Wärmedichte}_{\text{Quartier}} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \right] = \frac{\sum \text{Wärmebedarf}_{\text{Gebäude}} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right]}{\text{Fläche}_{\text{Quartier}} \left[ \text{m}^2 \right]} \quad (\text{Gl. 2})$$

Anhand der Geodaten kann die Wärmedichte im Quartier, wie in Abbildung 13-1 beispielhaft dargestellt, visualisiert und als Grundlage für die weitere Quartiersplanung herangezogen werden.

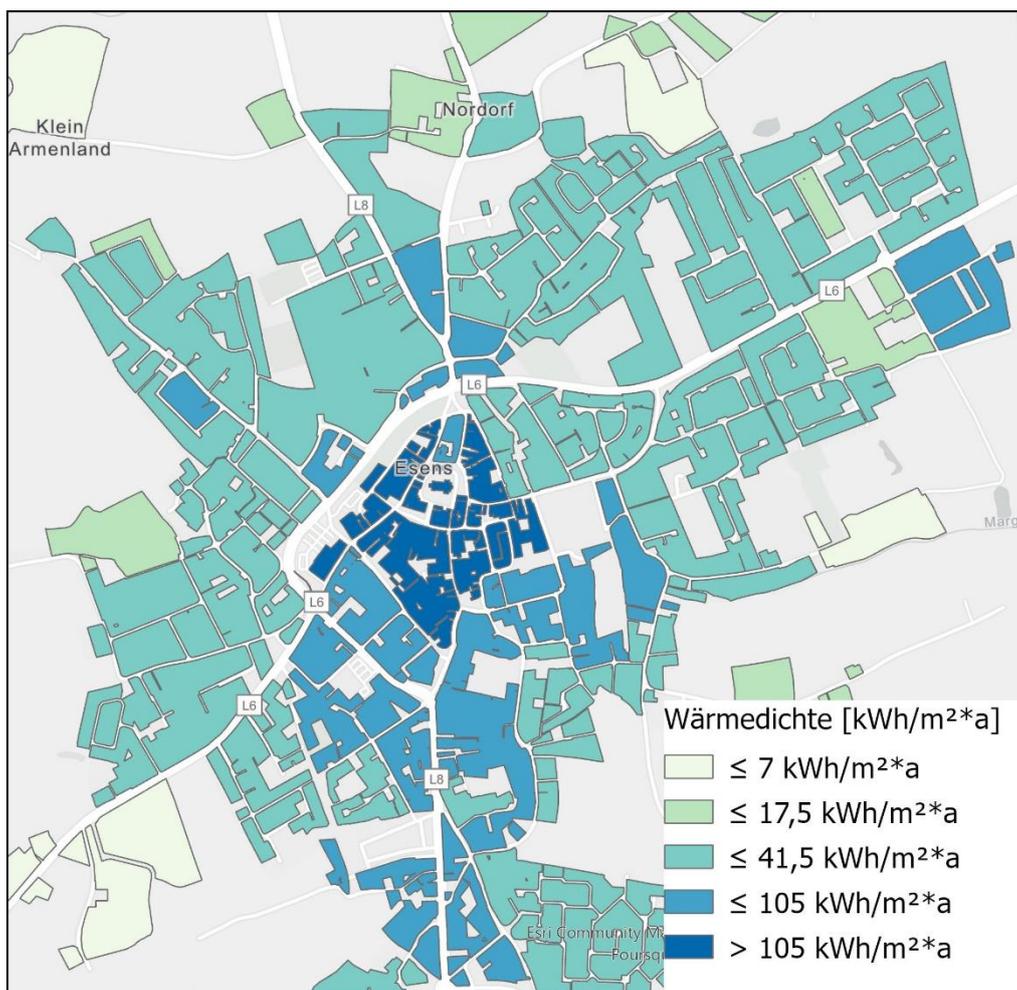


Abbildung 13-1: Grafische Darstellung der Wärmedichte auf Quartiersebene für das Stadtgebiet Esens (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Die errechnete Wärmedichte je Quartier kann gemäß dem Leitfadens für Kommunale Wärmeplanung der KEA (Peters et al. 2020) für eine erste Einschätzung der zukunftsfähigen Wärmeversorgungslösung herangezogen werden. In Tabelle 13-2 sind die empfohlenen Wärmeversorgungslösungen in Abhängigkeit der Wärmedichte im Quartier dargestellt.

Tabelle 13-2: Empfohlene Wärmeversorgungsoptionen in Abhängigkeit der Wärmedichte im Quartier (nach Peters et al. 2020)

Wärmedichte [kWh/m <sup>2</sup> a]	Empfohlene Wärmeversorgungslösung
< 7	Einzelversorgung
7 – 17,5	Bedingte Wärmenetzeignung
17,5 – 41,5	Moderate Wärmenetzeignung
41,5 – 105	Hohe Wärmenetzeignung
> 105	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Basierend auf den ermittelten Wärmedichten sind die verschiedenen Wärmeversorgungslösungen für die Anzahl der Quartiere in der Inselgemeinde Langeoog gemäß Abbildung 13-2 zu empfehlen.

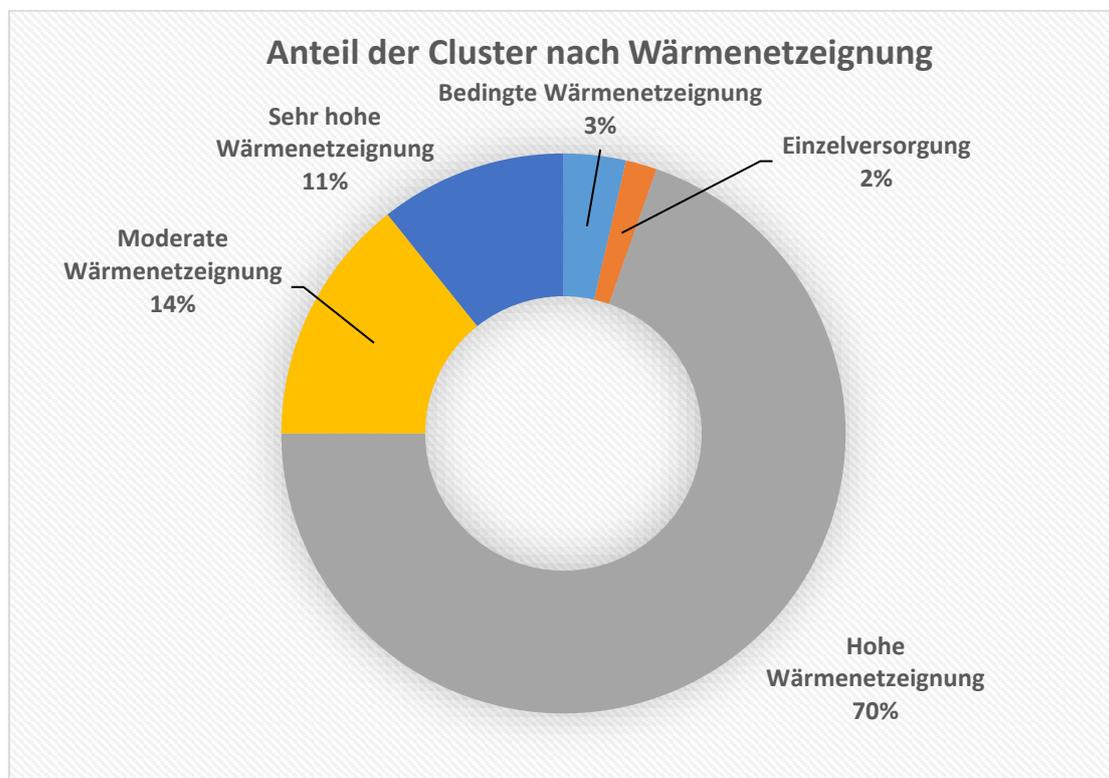


Abbildung 13-2: Anzahl der Quartiere nach empfohlener Wärmeversorgungslösung in der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IP SYSCON GmbH)

Ob sich die empfohlene Wärmeversorgungslösung in der Realität wirtschaftlich und energetisch für das Quartier eignet, ist in einer detaillierten Quartiersplanung zu untersuchen.

Grundlage dafür können die im Rahmen dieser Studie erstellten Geodaten auf Quartiersebene liefern. Jedem Quartier in der Inselgemeinde Langeoog ist in den Geodaten eine entsprechende Wärmeversorgungsempfehlung zugewiesen. Abbildung 13-3 zeigt die Zuordnung anhand eines Kartenausschnitts grafisch auf.

Unter Berücksichtigung der empfohlenen Wärmeversorgungslösungen in Abhängigkeit der Wärmedichte im Quartier sind Wärmenetze theoretisch für einen Großteil der Quartiere in der Inselgemeinde Langeoog geeignet, wohingegen die Einzelversorgung von Gebäuden nur in wenigen Quartieren die empfohlene Lösung ist.

Anhand der grafischen Darstellungen in Abbildung 13-1 und Abbildung 13-3 wird deutlich, dass Quartiere mit hohen Wärmedichten, und somit potenziell geeignet für die Wärmeversorgung über Wärmenetze, vor allem in dicht bebauten Gebieten liegen. Gebiete mit einer bedingten Eignung für Wärmenetze oder der Empfehlung zur Einzelversorgung liegen i.d.R. eher außerhalb dichter Bebauungsstrukturen. Die zunehmende Fläche der Quartiere, bedingt durch die Mindestanzahl von fünf Gebäuden im Quartier nimmt dabei maßgeblich Einfluss.

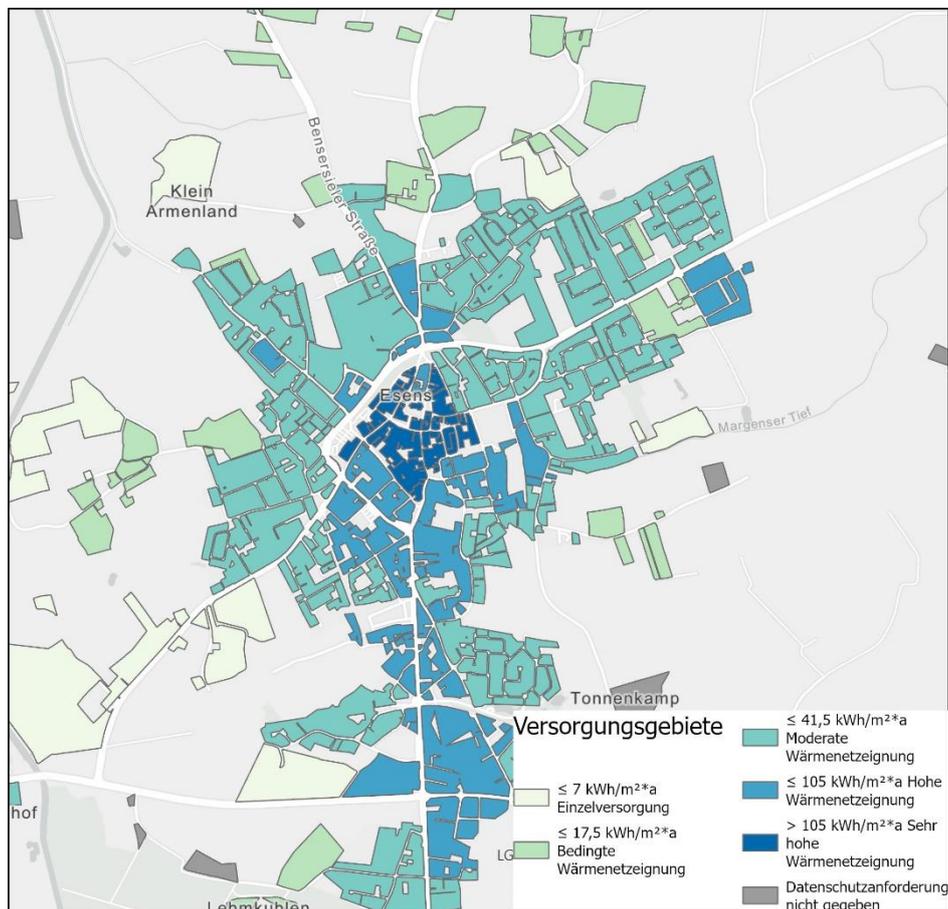


Abbildung 13-3: Grafische Darstellung der empfohlenen Wärmeversorgungslösung je Quartier in Esens (Quelle: IP SYSCON GmbH)

### 13.3 Ausweisung von Fokusgebieten

Auf der Grundlage der Wärmebedarfsdichten werden sogenannte Fokusgebiete für eine leitungsgebundene Versorgungslösung (Wärmenetze) für Gebiete mit besonders hoher Wärmenetzeignung ausgewiesen. Anhand der in Kapitel 13.2 vorgestellten Darstellungen der räumlich empfohlenen Versorgungslösungen (Eignung des Clusters zur Versorgung innerhalb eines Wärmenetzes) wurden für das Gemeindegebiet Fokusgebiete identifiziert. Da hier die Zielsetzung war, Gebiete in den Fokus zu nehmen, welche sich besonders für eine Wärmenetzversorgung eignen, wurden die Gebiete anhand der Wärmedichte ausgewählt. Zusammenhängende Gebiete mit ähnlich hoher Wärmedichte, wurden dabei zu Clustern zusammengefasst und ausgewertet.

Die Fokusgebiet-Steckbriefe geben dabei einen ersten Überblick über die Ausgangslage und die möglichen weiteren Schritte zur Wärmenetzplanung. Die Fokusgebiets-Steckbriefe finden sich im Anhang. Die Gebiete sind keine fest abgegrenzten Bereiche, sondern stellen vielmehr den Kern der aus Eignungssicht relevantesten Bereiche des Gemeindegebiets dar. Diese Gebiete können daher im Prozess angepasst werden.

In einem weiteren Schritt können für diese Gebiete die technischen, wirtschaftlichen und räumlichen Aspekte sowie Potenziale genauer untersucht und zusammengeführt werden und unter Beteiligung relevanter Akteure (EVU, Netzbetreiber, Abwärmelieferanten) für die einzelnen Gebiete Versorgungslösungen abgeleitet werden.

Tabelle 13-3: Maßnahmensteckbrief für die Fokusgebiete

<p><b>Strategie und Ziel:</b></p> <p>Für die Inselgemeinde Langeoog wurden zwei Fokusgebieten identifiziert, die bezüglich einer klimafreundlichen Wärmeversorgung kurz- bis mittelfristig prioritär zu behandeln sind.</p>
<p><b>Ausgangslage:</b></p> <p>Die Fokusgebiete wurden anhand der Wärmedichte identifiziert. Dabei wurden Quartiere mit sehr hoher und hoher Wärmenetztauglichkeit zusammengefasst. Den Steckbriefen wurden Daten zu Bestand und Potenzial hinterlegt, sowie eine Versorgungsempfehlung für eine treibhausgasneutrale Versorgung ausgesprochen.</p>
<p><b>Beschreibung:</b></p> <p>Für diese Fokusgebiete sind zusätzlich konkrete, räumlich verortete Umsetzungspläne zu erarbeiten.</p>
<p><b>Initiator:</b></p> <p>Inselgemeinde Langeoog</p>
<p><b>Akteure:</b></p> <p>Inselgemeinde Langeoog</p>
<p><b>Zielgruppe:</b></p> <p>Gebäudeeigentümer und -eigentümerinnen</p>
<p><b>Handlungsschritte und Zeitplan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmedichtekarten sichten und weitere Gebiete mit hoher Wärmedichte identifizieren</li> <li>- Ergebnisse der Fokusgebiete mit technischen und räumlichen Aspekten verknüpfen</li> <li>- Machbarkeitsstudie durchführen</li> <li>- Wärmebedarf quantifizieren</li> <li>- Fokusgebiete auswerten</li> <li>- Konzept für ein Wärmenetz anstoßen/ beauftragen (Förderprogramme)</li> </ul>
<p><b>Erfolgsindikatoren/ Meilensteine:</b></p> <p>Machbarkeitsstudie für Fokusgebiete beauftragt</p>
<p><b>Gesamtaufwand/ (Anschub-)Kosten:</b></p> <p>Gering, Personalaufwand in der Verwaltung, ggf. externe Vergabe und dort Baukosten</p>
<p><b>Finanzierungsansatz:</b></p> <p>Haushalt, Förderung, Netzbetreiber</p>

## 13.4 Adaptierung der Ergebnisse in die Raumordnung

### 13.4.1 Grundsatz zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen

Der weiteren Reduzierung von Treibhausgasemissionen ist durch eine komplexe Berücksichtigung von Maßnahmen

- zur Energieeinsparung,
- zur Steigerung der Energieeffizienz,
- zum Ausbau und zur Nutzung regenerativer Energieträger auch ggf. in einem kombinierten Energiemix
- zur Erschließung vorhandener Wärmepotenziale und dem damit verbundenen Ausbau von zukunftsfähigen Wärmeversorgungsinfrastrukturen (Wärmenetze)

Rechnung zu tragen.

- Die Träger der Regionalplanung sollen darauf hinwirken, dass unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten der Anteil erneuerbarer Energien insbesondere der Windenergie, der Solarenergie, der Geothermie und der Abwärme ausgebaut, sowie der von Biomasse und Biogas raumverträglich erhalten wird.

### 13.4.2 Solarenergienutzung auf und an Bauwerken

- Der Ausbau von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie (Photovoltaikanlagen) sowie die Erzeugung von thermischer Energie zur Warmwasserbereitung und/oder Heizungsunterstützung (Solarthermie) soll weiter vorangetrieben werden.
- Dabei sollen vorrangig bereits versiegelte Flächen und Flächen an, auf oder in baulichen Anlagen (Gebäude, Lärmschutzwände sowie sonstigen baulichen Anlagen) in Anspruch genommen werden.
- Die vorhandenen Dachflächen bieten erhebliche Potenziale der Solarstromproduktion (Photovoltaik) sowie Solarwärmenutzung (Solarthermie), die ausgeschöpft werden sollen.
- Die Aktivierung dieser Potenziale liegt im Vergleich zu den anderen regenerativen Energienutzungen in der Entscheidung der einzelnen privaten Haushalte.
- Kommunale Satzungen sollen dem Einsatz der Solarenergienutzung grundsätzlich nicht entgegenstehen.
- Im Bereich der Photovoltaiknutzung sollen bei der Einzelversorgung von Gebäuden die Kombinationsmöglichkeiten mit Wärmepumpen genutzt werden.
- Bei gebäudeübergreifenden zentralen Quartiersversorgungslösungen (Wärmenetz) bietet sich die Photovoltaiknutzung auf dem Dach an. Bei Niedertemperaturnetzen kommt ggf. die Einspeisung von Solarwärme aus der Solarthermienutzung auf dem Dach in Frage.

### 13.4.3 Solarenergienutzung auf Freiflächen

- Grundsätzlich weisen Solarthermie-Freiflächenanlagen ähnliche Wirkzusammenhänge wie Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf. Beide werden als Kollektorfelder errichtet und weisen ein ähnliches Erscheinungsbild auf. Solarthermie-Freiflächenanlagen haben jedoch andere Standortvoraussetzungen als Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Photovoltaikanlagen benötigen einen Zugang zu einem leistungsfähigen Stromnetz und einem Umspannwerk. Solarthermieanlagen müssen hingegen möglichst nah an den über ein Wärmenetz zu versorgenden

Siedlungsstrukturen errichtet werden, um die transportbedingten Wärmeverluste möglichst gering zu halten. Die Leitungen von Wärmenetzen werden in der Regel unterirdisch verlegt. Um die Wärme optimal zu nutzen, kann ein saisonaler Speicher, z.B. in Form eines Erdbeckenwärmespeichers, errichtet und in das Wärmenetz integriert werden. Solarthermieanlagen benötigen häufig Flächen für entsprechende Wärmespeicher, Heizhäuser und Wärmeübergabestationen. Dies muss bei der Planung frühzeitig mit berücksichtigt werden.

#### 13.4.4 Photovoltaik-Freiflächenanlagen

- Die Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie sollen vorzugsweise an, auf oder in baulichen Anlagen installiert werden. Für raumbedeutsame Photovoltaikanlagen dürfen folgende Gebiete nicht in Anspruch genommen werden:
  - Vorbehaltsgebiete Landwirtschaft. Abweichend davon können Vorbehaltsgebiete für die Landwirtschaft für raumverträgliche Anlagen der Agrar-Photovoltaik vorgesehen werden.
  - Vorbehaltsgebiete Wald,
  - Vorranggebiete Rohstoffgewinnung,
  - Vorranggebiete Natura 2000,
  - Vorranggebiete Biotopverbund,
  - Vorranggebiete Natur und Landschaft
- Freiflächenphotovoltaikanlagen sollen in dafür geeigneten Gebieten raumverträglich umgesetzt werden. Geeignete Gebiete sind Flächen,
  - die eine Vorbelastung mit großflächigen technischen Einrichtungen im räumlichen Zusammenhang aufweisen,
  - Lärmschutzeinrichtungen entlang von Verkehrsstraßen,
  - Parkplätze und andere großflächig versiegelte Flächen,
  - Halden,
  - Konversionsflächen mit hohem Versiegelungsgrad ohne besondere ökologische oder ästhetische Funktionen,
  - sonstige brachliegende ehemals baulich genutzte Flächen.
- Kommunen können Gunst- und Ausschlussräume für die solare Strahlungsenergienutzung bzw. die Errichtung von auf der Basis einer detaillierten Auseinandersetzung mit Eignungs- und Ausschlusskriterien festlegen, z.B. in Form eines regionalen Energiekonzeptes.
- Vorbehaltsgebiete für die Landwirtschaft sollen hierfür nicht in Anspruch genommen werden. Abweichend können Vorbehaltsgebiete für die Landwirtschaft für raumverträgliche Anlagen der Agrar-Photovoltaik vorgesehen werden. Ausgenommen davon sind auch Flächen innerhalb eines 200 Meter Puffers entlang von Autobahnen und Schienenwegen.

#### 13.4.5 Solarthermie-Freiflächenanlagen

- Solarthermie-Freiflächenanlagen sollen möglichst in guter städtebaulicher Anbindung, räumlicher Nähe zu Verbraucherinnen und Verbrauchern oder in räumlicher Nähe zu bestehenden oder geplanten Nah- oder Fernwärmenetzen beziehungsweise Wärmespeichern geplant und errichtet werden.
- Solarthermie-Freiflächenanlagen sollen vor allem auf ausreichend eingestrahlt Flächen und bei einer räumlichen Nähe von ca. bis zu 200 m Entfernung zu einem bestehenden oder geplanten Wärmenetz ausgebaut werden.

#### 13.4.6 Erdwärmennutzung (oberflächennahe Geothermie)

- Die Geothermie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche. Oberflächennahe Erdwärmesysteme benötigen eine Wärmepumpe, um die dem Untergrund entzogene Wärme vom niedrigen Quelltemperaturniveau (Erdreichtemperatur) auf ein höheres, zur Gebäudebeheizung nutzbares, Temperaturniveau anzuheben. Zu den Oberflächennahen Erdwärmesystemen gehören die Erdwärmesonden und -kollektoren, die in Kombination mit Wärmepumpen funktionieren.
- Die Erdwärmennutzung soll dort, wo technisch sinnvoll und wasserrechtlich verträglich, zur Stärkung der regenerativen Wärmeversorgung weiter ausgebaut werden. Die Belange des Grundwasserschutzes sind zu berücksichtigen. Kommunale Satzungen sollen der Nutzung oberflächennaher geothermischer Energie zur Wärmeversorgung grundsätzlich nicht entgegenstehen. Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme in Verbindung mit Wärmepumpen eignet sich für die Energieversorgung bei energetisch sanierten Gebäuden sowie Neubauten mit einem geringeren Wärmebedarf und entsprechend darauf ausgerichteten Flächenheizungen, um sie mit niedriger Vorlauftemperatur beheizen zu können. Insbesondere in Quartieren mit empfohlener Einzelversorgung soll nach energetischer Sanierung der jeweiligen Gebäude die Wärmeversorgung mittels oberflächennaher geothermischer Energie ausgebaut werden. Bei Neubaugebieten mit Gebäuden nach modernen energetischen Standards soll die Wärmeversorgung mittels oberflächennaher geothermischer Energie im Vorfeld berücksichtigt und bestärkt werden.
- Bei gebäudeübergreifenden zentralen Quartiersversorgungslösungen (Wärmenetz) bietet sich ggf. auch die Versorgung über Geothermie durch Sondenfelder oder Kollektorenflächen auf naheliegenden Freiflächen an, was zu prüfen ist.

#### 13.4.7 Abwärmepotenziale

- Abwärme, beispielsweise aus industriellen Fertigungsprozessen oder kommunalen Einrichtungen sollte in all den Fällen, in denen wesentliche Mengen solcher Abwärme anfallen und diese vom Erzeuger nicht weiter genutzt werden können, über bestehende oder neue Wärmenetze bereitgestellt werden. Technische Anforderungen und räumliche Gegebenheiten, die beispielsweise zu transportbedingten Wärmeverlusten zwischen Wärmequelle und Wärmesenke führen können, sind als Einflussfaktoren in jedem Fall zu prüfen.
- Die Nutzung von Abwärme aus Abwasser soll unter Berücksichtigung der technischen Voraussetzungen unter Berücksichtigung der Anforderungen und Gegebenheiten der Kläranlagen sowie des Kanalnetzes ausgekoppelt und über bestehende oder neue Wärmenetze bereitgestellt werden. In Gebieten mit hoher Wärmebedarfsdichte und geringen Vorlauftemperaturen (zutreffend bei energetisch sanierten Gebäuden und Neubauten) kann es sich daher als Alternative zu erneuerbaren Energieträgern erweisen. Technische Anforderungen und räumliche Gegebenheiten, die beispielsweise zu transportbedingten Wärmeverlusten zwischen Wärmequelle und Wärmesenke führen können, sind in jedem Fall zu prüfen.

#### 13.4.8 Begrünung auf und an Bauwerken

- Die Begrünung von Dachflächen und Fassaden zur Rückhaltung und Verdunstung von Niederschlägen, zur Verbesserung des lokalen Klimas und zur Reduktion des Kühl- und Wärmebedarfs von Gebäuden sowie der Eindämmung von Wärmeinseln und zur Steigerung der Biodiversität soll weiter vorangetrieben werden.
- Dabei sollen vorrangig Flächen auf oder an baulichen Anlagen (Gebäude, Lärmschutzwände sowie sonstigen baulichen Anlagen) in Anspruch genommen werden.
- Die vorhandenen Dachflächen bieten erhebliche Potenziale der Begrünung, die ggf. auch unter Berücksichtigung des Ausbaus der Solarenergienutzung ausgeschöpft werden sollen.

- Die Aktivierung dieser Potenziale liegt im großen Umfang in der Entscheidung der einzelnen privaten Haushalte.
- Kommunale Satzungen sollen der Begrünung von Dachflächen und Fassaden auf oder an baulichen Anlagen grundsätzlich nicht entgegenstehen.
- Je nach baulicher Beschaffenheit bietet sich Begrünung von baulichen Anlagen in Kombination mit der Solarenergienutzung (Photovoltaik oder Solarthermie) an, um Synergien zu nutzen.

## 14 Monitoring- und Controlling-Konzept

Zur Umsetzung eines effizienten Klimaschutzmanagements ist ein Monitoring- und Controlling-System notwendig. Anhand der erhobenen Daten kann durch einen jährlichen Soll-Ist-Abgleich die Entwicklung festgestellt werden. Daraus lassen sich Aktivitäten der lokalen Energiepolitik und des örtlichen Strukturwandels in der Energiewirtschaft abbilden. So ist der Aufbau eines umfassenden Monitoring-Systems Teil der Arbeiten im Rahmen des Klimaschutzmanagements. Dazu können verschiedene Ansätze verwendet werden. Kurzfristig bietet sich die Fortschreibung der vorhandenen Methoden an, die sich verfeinern und aufgliedern lassen (Bestandsermittlung, Energie- und CO<sub>2</sub>e-Bilanz sowie - mit Einschränkungen - die Wertschöpfung). Diese sind detaillierter als eine Kurzbilanz und daher aussagekräftiger.

Daher ist es notwendig, die energetischen Grundlagendaten laufend zu dokumentieren, um die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz zu kontrollieren und entsprechend den Umsetzungsprozess zu optimieren. Nur so lässt sich ein Erfolg der gesetzten Ziele erkennen und fördern. Die jährlichen Ergebnisse sollen zentral gesammelt werden.

Dazu bedarf es aber zuerst eines Monitorings. Aus den Daten zur Energie- und THG-Bilanz und den Szenarien wurden die folgenden Indikatoren gebildet (s. Abbildung 14-1 mit Tabelle 14-1):

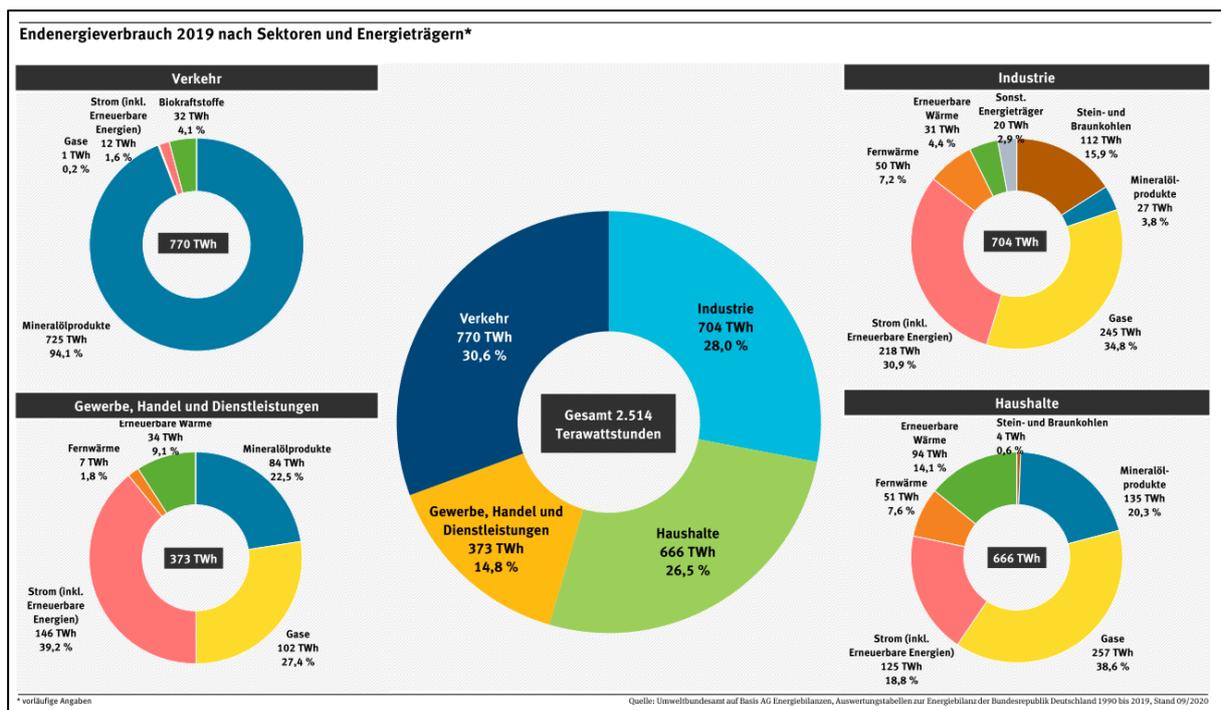


Abbildung 14-1: Indikatoren für das Monitoring Teil 1 (Quelle: UBA)

Tabelle 14-1: Indikatoren für das Monitoring Teil 2 (Quelle: EKP)

Klimabereinigt	Einheit	Bund
Gesamtwärmeverbrauch	GWh	1.253.000
Gesamtwärmeverbrauch Sektor Haushalte	GWh	541.000
Gesamtverbrauch Sektor Industrie (GHD)	GWg	712.000
Anzahl EW (Quelle: Landesamt)	Anzahl	83.166.700
Gesamtemissionen Wärme der Inselgemeinde Langeoog	tCO <sub>2</sub> e	311.761.590
Gesamtemissionen Wärme der Inselgemeinde Langeoog Sektor Haushalte	tCO <sub>2</sub> e	134.607.359
Gesamtemissionen der Inselgemeinde Langeoog Sektor Industrie (GHD)	tCO <sub>2</sub> e	177.154.232
Emissionen pro EinwohnerIn bezogen auf die Gesamtemissionen Wärme der Inselgemeinde Langeoog	tCO <sub>2</sub> e / Ew	3,75
Emissionen pro EinwohnerIn bezogen auf die Emissionen Wärme aus dem Sektor Haushalte	tCO <sub>2</sub> e / Ew	1,62
Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	%	45
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch	%	15
Wärmeverbrauch des Sektors GHD pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten	kWh	21.840

Um die Fortschritte im Klimaschutz bewerten zu können, werden diese Indikatoren zur regelmäßigen Überprüfung eingesetzt. Sie lassen sich meist einfacher überprüfen als die tatsächlich eingesparte Energie oder die Reduktion der THG-Emissionen. Damit kann eine Überprüfung auch in der Zeit zwischen zwei vollständigen Bilanzierungen stattfinden. Die Indikatoren orientieren sich dabei an den gesetzten Zielen, welche für die Szenarien bestimmt wurden.

Mit Hilfe von Evaluierungen werden die Entwicklungen über längere Zeiträume beobachtet, Fehlentwicklungen frühzeitig begegnet und Möglichkeiten aufgezeigt, um diesen entgegenzuwirken. Hierzu gehören die individuelle Betrachtung und Bewertung jeder einzelnen Maßnahme des Maßnahmenprogrammes.

Für jede Maßnahme des handlungsorientierten Maßnahmenprogrammes wurde (mindestens) ein Erfolgsindikator bzw. Meilenstein – mit einer dazugehörigen Erfolgsüberprüfung – definiert. Diese verdeutlichen, welche Ziele mit jeder Maßnahme verfolgt werden soll. Die zeitliche Abarbeitung muss ebenso kontrolliert und gesteuert werden wie die angegebene Wirksamkeit zur Erreichung der Klimaschutzziele und des Energie- und Ressourcenverbrauchs. Dazu dienen auch die abgeleiteten Erfolgsindikatoren.

Ziele sind beispielsweise, die Reduktion von Energieverbräuchen und die daraus resultierenden THG-Emissionen, die Steigerung von Teilnehmerzahlen bei Veranstaltungen oder die Anzahl an erreichten BürgerInnen im Zuge von durchgeführten Kampagnen.

## 15 Kommunikationsstrategie

Für einen langfristig ausgerichteten und erfolgreichen Klimaschutzprozess gibt es zwei wichtige Voraussetzungen und Aspekte. Die wichtigsten Bausteine für die Verstetigung sind im Bereich Finanzierung und Personal:

- Personalressourcen zur Umsetzung von Maßnahmen und Projekten in allen relevanten Verwaltungsbereichen sowie
- Finanzmittel zur Umsetzung von Maßnahmen und Projekten, z. B. durch die Bereitstellung eines festen jährlichen Budgets für Klimaschutzmaßnahmen.

Zu den wichtigsten organisatorischen Bausteinen für die Verstetigung des Klimaschutzprozesses zählen die Aspekte:

- Beibehaltung und Stärkung des Klimaschutzmanagements,
- Vorbildwirkung und –Funktion der Inselgemeinde Langeoog sowie
- Fortsetzung von Netzwerken,
- zielgruppenspezifische Angebote und Ansprache sowie Öffentlichkeitsarbeit.

### 15.1 Klimaschutzmanagement

Von besonderer Bedeutung für die Umsetzungsstrategie des Konzeptes, sowohl im Hinblick auf die Vernetzung der Akteure als auch auf Öffentlichkeitsarbeit, ist die Betrachtung der personellen und zeitlichen Ressourcen. Die Fortsetzung der zusätzlichen Personalkapazitäten ist wünschens- und empfehlenswert und soll künftig weitergeführt und ausgebaut werden.

Das Klimaschutzmanagement begleitet die Umsetzung und Fortschreibung des Maßnahmenprogrammes und fungiert – auch fachlich – als zentraler Ansprechpartner vor Ort. Die unterschiedlichen Akteure im Landkreis können sich bei der Umsetzung von Klimaschutzaktivitäten gezielt an das Klimaschutzmanagement wenden. Es behält den Überblick über relevante Aktivitäten der lokalen und regionalen Akteure und sorgt zudem für einen kontinuierlichen Erfahrungsaustausch zwischen den Akteuren, wodurch diese von den unterschiedlichen Erfahrungen wechselseitig profitieren können. Zudem können Hemmnisse frühzeitig erkannt und gegebenenfalls gemeinsame Lösungsvorschläge und Strategien im Bereich des Klimaschutzes erarbeitet werden.

Das Klimaschutzmanagement hat zudem die Aufgabe, strategische Schwerpunkte in eine operative Projektebene zu überführen und zum anderen, den Nutzen der umgesetzten Projekte zur übergeordneten Zielerreichung zu evaluieren und den Gemeinnutzen aufzubereiten und aufzuzeigen. In einem kontinuierlichen Kreislaufprozess des Projektmanagements erstellt das Klimaschutzmanagement ein jährliches Arbeitsprogramm, welches auf den formulierten Zielen und Strategien basiert. Es kommuniziert, welche Ressourcen für die Umsetzung von Maßnahmen bereitgestellt werden müssen, hält nach, ob Verantwortlichkeiten (z. B. Ansprechpartner für die Maßnahmen) definiert sind, überprüft und dokumentiert den Umsetzungsstand der Maßnahmen und spiegelt die Ergebnisse den relevanten Akteuren innerhalb der Verwaltung, der Politik, der Bürgerschaft etc. wider.

### 15.2 Netzwerkmanagement

Viele Maßnahmen des Konzeptes können von der Verwaltung der Inselgemeinde Langeoog in Eigenregie angestoßen werden. Dabei kann das Maßnahmenprogramm jedoch nicht durch

das Klimaschutzmanagement allein umgesetzt werden, sondern es bedarf der Unterstützung durch die verschiedenen Fachdienste der Verwaltung. Die laufende Vernetzung zwischen den Fachdiensten bzw. die weitere Implementierung des Klimaschutzgedankens in die bereits vorhandenen Aufgabenfelder der verschiedenen Fachdienste stellt neben der eigenständigen Umsetzung von Maßnahmen und Projekten eine wichtige Aufgabe des Klimaschutzmanagements dar.

Bei Maßnahmen, die nur bedingt im direkten Einflussbereich der Verwaltung liegen, ist eine Umsetzung gemeinsam mit externen Akteuren bzw. Akteursgruppen anzustreben. Um den Klimaschutzprozess voranzubringen und ggf. gesetzte Ziele zur THG-Reduktion zu erreichen, ist es daher wichtig, gemeindeweit/ andkreisweit eine Vielzahl von unterschiedlichen Akteuren zu motivieren, ihrerseits Klimaschutzmaßnahmen durchzuführen. Neben der direkten Ansprache zentraler Personen oder Institutionen mit Multiplikatorwirkung haben sich der Aufbau bzw. die Nutzung und die Pflege themen- oder branchenspezifischer Netzwerke (mit der Einbindung weiterer wesentlicher Akteure) als wirkungsvoll erwiesen. Diese Netzwerke dienen dabei – neben dem Wissenstransfer – dem Erfahrungsaustausch sowie der Motivation der Mitglieder und sind meist mittel- bis langfristig angelegt. Neben lokalen Akteuren (z. B. Handwerker, Wohnungsunternehmen etc.) können für bestimmte Maßnahmen und Projekte zudem regional agierende Akteure (z. B. die niedersächsische Klima- und Energieagentur – KEAN) eingebunden werden.

Um die bestehenden Akteursgruppen, bereits laufende Projekte sowie Projektplanungen auf Basis des vorliegenden Maßnahmenprogrammes einzubinden oder zusammenzuführen, sollte ihr Zusammenspiel in einem effektiven Klimaschutz- und Netzwerkmanagementprozess koordiniert werden. Das Netzwerkmanagement bedarf dabei einer umfassenden und zugleich effektiven Öffentlichkeitsarbeit auf lokaler und regionaler Ebene, um sein Anliegen im Bereich des Klimaschutzes zu verdeutlichen und mit gezielten Aktivitäten weiter zu gestalten. Dabei ist es von großer Bedeutung, dass die Politik diese Ziele aktiv unterstützt, kommuniziert und damit vorantreibt – nach dem Motto: „Tue Gutes und rede darüber“.

### 15.3 Vorbildfunktion der Verwaltung

Eine wichtige Rolle für einen positiven Klimaschutzprozess in und für die Inselgemeinde Langeoog spielt das Verhalten der Verwaltung. Diese nimmt gegenüber den BürgerInnen sowie den Gewerbetreibenden eine besondere Vorbildfunktion ein und sollte daher im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit regelmäßig über

- die kommunalen Ziele,
- die Darstellung von Entscheidungsfindungsprozessen und
- die (verwaltungseigenen) durchgeführten, laufenden und zukünftig geplanten Klimaschutzaktivitäten

transparent informieren. So kann den unterschiedlich hohen Erwartungshaltungen an kommunale Aktivitäten pro aktiv begegnet werden und die Inselgemeinde Langeoog geht mit guten Beispielen voran. Hierbei ist es sinnvoll, die bestehenden Informationskanäle für ein Kommunikationsgeflecht des Klimaschutzes effektiv zu nutzen und stetig zu optimieren und auszubauen. Gleichzeitig sollte auch innerhalb der Verwaltung im verwaltungseigenen Intranet ausführlich über laufende sowie umgesetzte Projekte und bestehende Klimaschutzaktivitäten berichtet werden, um die Akzeptanz und das Wissen auch innerhalb der Belegschaft zu verfestigen und zu stärken.

## 15.4 Öffentlichkeitsarbeit und zielgruppen-spezifische Ansprache

Eine zentrale Aufgabe der lokalen Öffentlichkeitsarbeit stellt das Zusammentragen und die Veröffentlichung aller relevanten Informationen über laufende und geplante Aktivitäten in der Inselgemeinde Langeoog dar. So wird gewährleistet, dass alle internen Akteure (z. B. VerwaltungsmitarbeiterInnen) über die Vielfalt derzeitiger und geplanter Maßnahmen informiert sind. Hierfür können Newsletter, soziale Netzwerke und Homepages genutzt werden. Nur so können Informationen lokal und regional weitergegeben und eine parallele Bearbeitung des entsprechenden Themengebietes vermieden werden. Ist mit Hilfe eines Konzeptes für die Kommunikation (mit Festlegung der Zielgruppen und der Instrumente) die Grundlage der Öffentlichkeitsarbeit geschaffen, können auch die weiteren Handlungsempfehlungen des vorliegenden Konzeptes effektiv eingebunden werden. Diese haben die Information und vor allem auch Motivation von relevanten Zielgruppen mittels Kampagnen und Aktionen (wie die Online-Beteiligungen) zum Ziel. Es empfiehlt sich, die Erstellung eines Zeitplans für Aktionen und Kampagnen der Öffentlichkeitsarbeit vorzunehmen, um diese gleichmäßig über das Jahr zu verteilen sowie eine vorausschauende, mehrjährige Planung ins Auge zu fassen, die die Themenschwerpunkte und die Ansprache unterschiedlicher Zielgruppen definiert.

Die Durchführung von Klimaschutzmaßnahmen bedeutet häufig zunächst einmal die Tötigung einer Investition (z. B. in eine neue Haustechnik) oder den Verzicht auf Benziner. Damit Investitionen sinnvoll eingesetzt werden, bedarf es vielfach umfassender Detailinformationen und Beratungen. Daher müssen für alle Zielgruppen entsprechende Informationsmaterialien und Beratungsangebote bereitgestellt werden.

Folgende übergeordnete Ziele sind dabei im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit und Beratung besonders zu verfolgen (vgl. DIFU 2018, S. 85):

- Wissensvermittlung (Information),
- Überzeugen (Persuasion) und
- Beteiligen (Partizipation).

Zur Erreichung dieser Ziele bieten sich die folgenden Instrumente nach Abbildung 15-1 an:

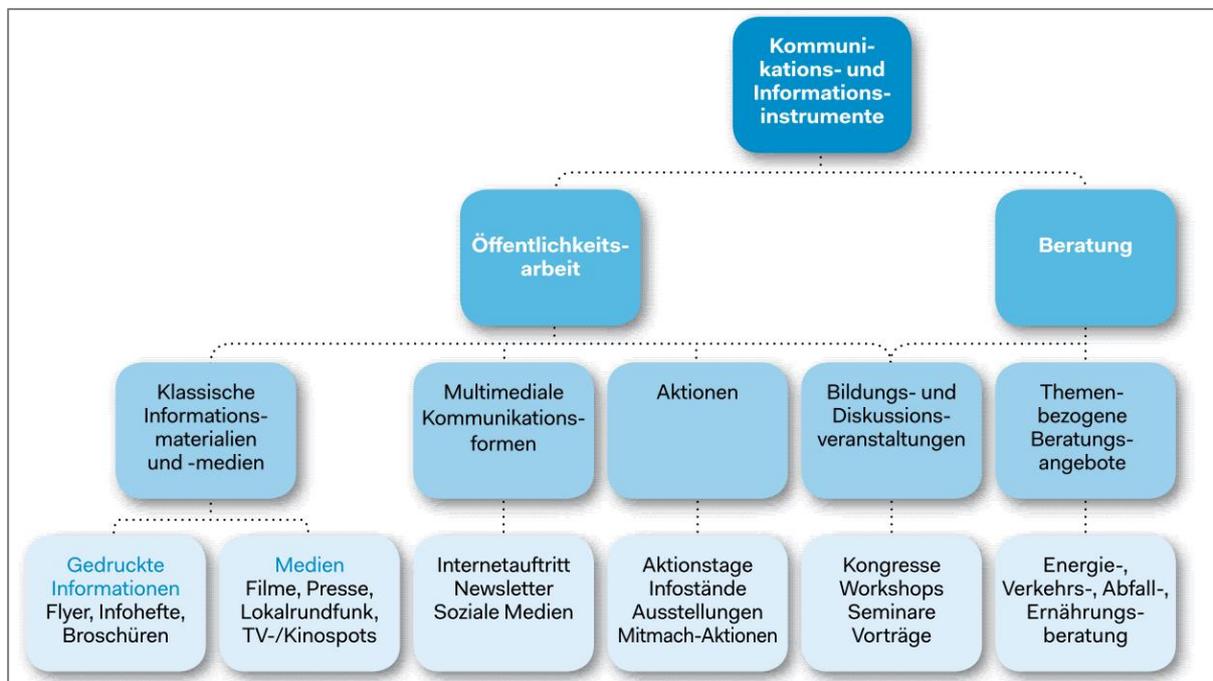


Abbildung 15-1: Kommunikative Instrumente für die Öffentlichkeitsarbeit (DIFU 2018, S. 85)

Für einen fokussierten Klimaschutzprozess sind insbesondere die zentralen Zielgruppen (wie Gebäudeeigentümer, Gewerbetreibende etc.) und bekannten Akteure anzusprechen und zu motivieren. Zielgerichtete Akteursansprache gelingt bspw. mittels Presseartikeln, Social Media, vor allem aber über eine fokussierte, (quartiersgenaue) Ansprache mittels Broschüren, Plakaten oder (BürgermeisterInnen-) Anschreiben. Durch die Einbindung von Akteuren aus den Nachbar- und Mitgliedskommunen im Erstellungsprozess ist die interkommunale Kooperation gestärkt und sorgt bei Weiterführung für einen Erfahrungsaustausch und gemeinsame Klimaschutzprojekte.

Die in der Inselgemeinde Langeoog etablierten Instrumente können – je nach Zielgruppe und zu vermittelndem Thema – ausgewählt und angepasst werden. So bietet es sich an, jüngere Menschen über digitale Medien zu erreichen, ältere Menschen möglicherweise besser über eine Lokalzeitung. Eine Ansprache der breiten Bevölkerung wird hingegen über ein Medium wie die städtische Homepage erzielt. Hierbei sollte auf die bereits bestehenden Strukturen aufgebaut und das Themenfeld des kommunalen Klimaschutzes ggf. noch prominenter herausgestellt werden. Die Entscheidungen pro/ kontra Kommunikationskanal sollten je nach Maßnahme, Zielgruppe und Fragestellung differenziert werden.

Die durchgeführten Klimaschutzaktivitäten sollten in Form von Statusberichten (z. B. im Sinne von regelmäßigen Sachstandsberichten) zusammengefasst werden. Neben den abgeschlossenen Aktivitäten könnten darin auch die geplanten Aktivitäten sowie Umsetzungsergebnisse bekannt gemacht werden.

An die bestehende Öffentlichkeitsarbeit der Verwaltung inkl. Internetauftritt ist anzuknüpfen. Um Kommunikation aber nicht zu überfrachten, sind Veranstaltungs- und Veröffentlichungsreihen anzustreben. Dies sollte mit den Veröffentlichungen von politischen Ortsgruppen und –verbänden verknüpft sein, um darüber mehr Personen anzusprechen und Synergien zu nutzen (vgl. DIFU 2018, S. 88).

Der online verfügbare „Leitfaden Kommunaler Klimaschutz“ des Deutschen Instituts für Urbanistik gibt darüber hinaus zahlreiche Hilfestellungen und Beispiele für die Öffentlichkeitsarbeit der Kommunen im Klimaschutz (vgl. DIFU 2018).

## VI Zusammenfassung

Anhand der durchgeführten Untersuchungen für die Inselgemeinde Langeoog konnte ein ausführlicher Überblick der aktuellen Siedlungs- und Wärmeversorgungsstruktur erstellt werden. Darüber hinaus liefert die erstellte Treibhausgasbilanz wichtige Anhaltspunkte zu den Treibhausgasemissionen. Dieser erfasste Ist-Zustand ist als Ausgangspunkt für die strategische Planung hin zu einer dekarbonisierten Energiebereitstellung mit Fokus auf die Wärmeversorgung zu betrachten. Die vielschichten Erkenntnisse der kommunalen Wärmeplanung sollen ganzheitlich als Grundlage dienen und für die Planung und Umsetzung von erforderlichen Maßnahmen herangezogen werden.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden darüber hinaus die Energiepotenziale verschiedener regenerativer Energiequellen wie Photovoltaik oder Solar- und Geothermie anhand von Geoanalysen quantifiziert, wie auch Potenziale zur Abwärmenutzung aus Industrie, Gewerbe oder Abwasser identifiziert werden. Der Ausbau der erneuerbaren Energien zur nachhaltigen Energieversorgung und die Nutzung verfügbarer Abwärmepotenziale sind die Schlüssel zum Erreichen der auferlegten Klimaziele und folglich zur Eindämmung der globalen Klimakrise. Darüber hinaus bieten diese Energiequellen die Chance zur unabhängigen und kostengünstigen Energieversorgung sowie Möglichkeiten zur regionalen Wertschöpfung.

Für eine ganzheitliche Umstellung der Wärmeversorgung hin zu einem nachhaltigen Gesamtsystem ist der Ausbau der regenerativen Energieerzeugung allein jedoch nicht ausreichend. Zusätzlich müssen die Versorgungsstrukturen anhand von energetischen Quartieren kleingliedrig betrachtet werden. Ausgehend von dieser Betrachtung müssen unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und energetischen Anforderungen die bestmöglichen Versorgungslösungen für die Quartiere in Abhängigkeit der individuellen Charakteristika identifiziert und darauf aufbauend in Quartierskonzepten festgelegt werden. Gleichzeitig gilt es den Wärmebedarf zu reduzieren, um das Delta zwischen regenerativer Energiebereitstellung und Nachfrage zu verkleinern. Hier birgt der Gebäudebestand, i. d. R. allen voran die Gebäude älterer Baualtersklassen, ein besonders hohes Einsparpotenzial. Dieses Einsparpotenzial lässt sich anhand umfänglicher energetischer Sanierungsmaßnahmen, wie z.B. die Dämmung der Außenfassade, den Austausch von Fenstern und Türen oder den Austausch veralteter Heizungsanlagen durch moderne Technologien wie Wärmepumpen erschließen. Hier gilt es entsprechende Vorgaben und Anreize zu schaffen und diese ebenfalls in Quartierskonzepten zu verankern und umzusetzen. Zusammenfassend ist also ein Ausbau auf der einen Seite und eine Reduktion auf der anderen Seite erforderlich, um das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung zu erreichen.

Um die vielseitigen Aspekte dieser herausfordernden Aufgabe zu adressieren, wurde ein Maßnahmenkatalog entwickelt. Die definierten Maßnahmen umfassen die erforderlichen Schritte, unter Berücksichtigung der im Rahmen dieser kommunalen Wärmeplanung identifizierten lokalen Gegebenheiten und Potenziale. Der erstellte Maßnahmenkatalog adressiert dabei sowohl die gesellschaftliche und technische Ebene wie auch auf die Verwaltungsebene. Für eine erfolgreiche Transformation der Wärmeversorgung ist es unausweichlich, die verschiedenen Akteursgruppen gezielt anzusprechen, zu aktivieren und zusammenzuführen. Neben der kommunalen Verwaltung müssen diese Maßnahmen daher auch BürgerInnen sowie Unternehmen und Interessenverbände als direkte Akteure adressieren, die maßgeblich an der technologischen Umsetzung beteiligt sind. Zugleich sind die Kommunikation sowie der Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Akteursgruppen essenzielle Elemente in der strategischen Planung und der Umsetzung von Potenzialen. Die kommunale Verwaltung muss bei der Umsetzung der Maßnahmen dabei als übergeordnete Instanz die koordinierende und federführende Rolle einnehmen.

## 16 Anhang

### 16.1 Anlagenband Überblick

- Maßnahmen
- Fokusgebiete
- Quellenverzeichnis
- Verzeichnis der Abbildungen
- Verzeichnis der Tabellen
- Verzeichnis der Abkürzungen
- Verzeichnis der Geodaten

## 16.2 Maßnahmen

Handlungsfeld:	Maßnahmen- Nummer	Maßnahmen-Typ:	Einführung der Maßnahme:	Dauer der Maßnahme
Öffentlichkeitarbeit und Bildung	1	Personal	2024	2 Jahre
<b>Beratungsangebot für Bürgerinnen und Bürger</b>				
<b>Strategie und Ziel:</b>				
Informationen für Bürgerinnen und Bürger, Gewerbetreibende und Zweitwohnungsbesitzerinnen und -besitzer schaffen				
<b>Ausgangslage:</b>				
Schlechte Findbarkeit von Informationen für Interessierte, häufig aufgrund von Fehlinformationen oder fehlenden bzw. unübersichtlichen Informationsquellen kein Planungsansatz für regenerative Energien				
<b>Beschreibung:</b>				
Aufbau von Informationsmöglichkeiten über eine/n Klimamanager/in				
<b>Initiator:</b>				
Inselgemeinde Langeoog				
<b>Akteure:</b>				
Klimamanager/in				
<b>Zielgruppe:</b>				
Langeooger Bevölkerung, Gewerbetreibende, Zweitwohnungsbesitzerinnen und -besitzer				
<b>Handlungsschritte und Zeitplan:</b>				
Die Handlungsschritte können erstellt werden, wenn die/der Klimamanager/in eingestellt ist. Der Förderantrag ist noch nicht bewilligt.				
<b>Erfolgsindikatoren/ Meilensteine:</b>				
Verstärkte Maßnahmenumsetzung auf der Insel				
<b>Gesamtaufwand/ (Anschub-)Kosten:</b>				
Nicht förderfähige Kosten Klimamanager/in				
<b>Finanzierungsansatz:</b>				
Haushalt, Förderung				
<b>Energie- und Treibhausgaseinsparung</b>				
<b>Endenergieeinsparungen (MWh/a):</b>			<b>THG-Einsparungen (t/a):</b>	
indirekt			indirekt	
<b>Wertschöpfung:</b>				
indirekt				
<b>Flankierende Maßnahmen:</b>				
<b>Priorität:</b> hoch				

<b>Handlungsfeld:</b> Politik/Orga/Beschlüsse/Netzwerke	<b>Maßnahmen-Nummer</b> 2	<b>Maßnahmen-Typ:</b> Personal	<b>Einführung der Maßnahme:</b> 2024	<b>Dauer der Maßnahme</b> 5 Jahre
<b>Einführung eines Klimaschutzmanagements (Fokus Wärmeplanung)</b>				
<b>Strategie und Ziel:</b> Aufbau eines Klimaschutzmanagements für die Inselgemeinde mit ihren Eigenbetrieben sowie Implementierung eines Informationsangebotes für Langeoog				
<b>Ausgangslage:</b> Derzeit fehlt eine Strategie zur Wärmeplanung in den öffentlichen Gebäuden				
<b>Beschreibung:</b> Aufbau einer Wärmeplanung und Umsetzung eines Quartiersmanagements				
<b>Initiator:</b> Inselgemeinde Langeoog				
<b>Akteure:</b> Klimamanager/in				
<b>Zielgruppe:</b> Betriebe der Inselgemeinde				
<b>Handlungsschritte und Zeitplan:</b> Die Handlungsschritte können erstellt werden, wenn die/der Klimamanager eingestellt ist. Der Förderantrag ist noch nicht bewilligt.				
<b>Erfolgsindikatoren/ Meilensteine:</b> Entwicklung einer Wärmeplanung insbesondere im Kurviertel				
<b>Gesamtaufwand/ (Anschub-)Kosten:</b> Nicht förderfähige Kosten Klimamanager/in				
<b>Finanzierungsansatz:</b> Haushalt, Förderung				
<b>Energie- und Treibhausgaseinsparung</b>				
<b>Endenergieeinsparungen (MWh/a):</b> Keine direkten			<b>THG-Einsparungen (t/a):</b> Keine direkten	
<b>Wertschöpfung:</b> 1 neuer Arbeitsplatz				
<b>Hinweise:</b> Für den kommunale Anteil können ggf. auch Sponsoren gesucht werden. Alternativ müssen die Aufgaben von Personen in der Verwaltung übernommen werden, wodurch sich eine erhebliche Verschiebung ergeben würde, da eine ausreichende Bereitstellung von Personal nicht absehbar ist.				
<b>Priorität:</b> hoch				

<b>Handlungsfeld:</b> Eigener Wirkungskreis	<b>Maßnahmen- Nummer</b> 3	<b>Maßnahmen-Typ:</b> Sanierung/Bestandsaufnahme der technischen Möglichkeiten bei kommunalen Kläranlagen	<b>Einführung der Maßnahme:</b> 2024	<b>Dauer der Maßnahme</b> 10 Jahre
<b>Klimaneutralität der Abwasserreinigungsanlage</b>				
<b>Strategie und Ziel:</b> Schaffung der Klimaneutralität der Abwasserreinigungsanlage gemäß den gesetzlichen Vorgaben				
<b>Ausgangslage:</b> Die derzeitigen rechtlichen Vorgaben fordern eine künftige Klimaneutralität von Abwasserreinigungsanlagen				
<b>Beschreibung:</b> Planung und Entwicklung von Maßnahmen zur Schaffung einer Klimaneutralität der Abwasserreinigungsanlage				
<b>Initiator:</b> Inselgemeinde Langeoog				
<b>Akteure:</b> Inselgemeinde Langeoog				
<b>Zielgruppe:</b> Inselgemeinde Langeoog				
<b>Handlungsschritte und Zeitplan:</b> Planung, behördliche Abstimmung und Entwicklung alternativer Energiequellen für die Abwasserreinigungsanlage				
<b>Erfolgsindikatoren/ Meilensteine:</b> Planung der Maßnahmen, rechtliche Klärung der geplanten Maßnahmen				
<b>Gesamtaufwand/ (Anschub-)Kosten:</b> Noch nicht abschätzbar				
<b>Finanzierungsansatz:</b> Gebührenhaushalt Abwasserreinigungsanlage, Einsparpotential nach Fertigstellung				
<b>Energie- und Treibhausgaseinsparung</b>				
<b>Endenergieeinsparungen (MWh/a):</b> Noch unklar			<b>THG-Einsparungen (t/a):</b> Alle derzeitigen	
<b>Wertschöpfung:</b> Durch Nutzung der lokalen Handwerksbetriebe, falls lokales Handwerk den Zuschlag bei der Ausschreibung bekommt				
<b>Hinweise:</b>				
<b>Priorität:</b> hoch				

<b>Handlungsfeld:</b> Eigener Wirkungskreis	<b>Maßnahmen- Nummer</b> 4	<b>Maßnahmen-Typ:</b> Sanierungskonzept/PV auf eigenen Liegenschaften	<b>Einführung der Maßnahme:</b> 2025	<b>Dauer der Maßnahme</b> 10 Jahre
--	-------------------------------	--	---	---------------------------------------

### Energiemaßnahmen im Freizeit- und Erlebnisbad

#### Strategie und Ziel:

Erstellung eines Energiekonzeptes und Sanierung der veralteten Gebäudestruktur

#### Ausgangslage:

Das Gebäude ist hinsichtlich der Energieeffizienz veraltet und hat lediglich noch eine Notenergiequelle über fossile Brennstoffe. Der Wärmeverbrauch betrug für das Jahr 2022 laut Energiebericht 3.485 MWh/a.



#### Legende

kWp Leistung	56 - 134
0,2 - 7,6	134 - 273
7,6 - 25,2	Geothermie_Kollektor
25,2 - 56	

*Abbildung 2: Hallenbad mit PV-Dachpotenzial und Potenzialfläche für Geothermie.*

Der theoretische Wärmeertrag der umliegenden Geothermiepotenzialfläche liegt bei 326 MWh/a, das PV-Dachpotenzial der geeigneten Flächen liegt bei 354 MWh/a (ohne Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit oder Statik) und das theoretische Potenzial der Wärmemenge einer Thermie-Flachkollektoranlage bei 1158 MWh/a (Ohne Berücksichtigung des zeitlichen Auftretens des Potenzials).

#### Beschreibung:

Planung und Entwicklung von Maßnahmen zur Schaffung regenerativer Wärmequellen

#### Initiator:

Inselgemeinde Langeoog, Eigenbetrieb Tourismus-Service

<b>Akteure:</b> Inselgemeinde Langeoog, Eigenbetrieb Tourismus-Service	
<b>Zielgruppe:</b> Inselgemeinde Langeoog, Eigenbetrieb Tourismus-Service	
<b>Handlungsschritte und Zeitplan:</b> Planung möglicher Energiequellen und -anlagen, Sanierung, z.B. der veralteten Fensterfronten	
<b>Erfolgsindikatoren/ Meilensteine:</b> Planung der Maßnahmen	
<b>Gesamtaufwand/ (Anschub-)Kosten:</b> Noch nicht abschätzbar	
<b>Finanzierungsansatz:</b> Haushalt, Förderung	
<b>Energie- und Treibhausgaseinsparung</b>	
<b>Endenergieeinsparungen (MWh/a):</b> Je nach Maßnahme	<b>THG-Einsparungen (t/a):</b> Je nach Maßnahme
<b>Wertschöpfung:</b> Je nach Maßnahme	
<b>Flankierende Maßnahmen:</b>	
<b>Hinweise:</b>	
<b>Priorität:</b> hoch	

<b>Handlungsfeld:</b> Eigener Wirkungskreis	<b>Maßnahmen- Nummer</b> 5	<b>Maßnahmen-Typ:</b> Sanierungskonzept eigenen Liegenschaften	<b>Einführung der Maßnahme:</b> 2025	<b>Dauer der Maßnahme</b> 15 Jahre
--	-------------------------------	---	---	---------------------------------------

### Energiemaßnahmen bei Gebäudesanierungen

#### Strategie und Ziel:

Berücksichtigung von Energiemaßnahmen bei Sanierungsprojekten der öffentlichen Gebäude

#### Ausgangslage:

Die öffentlichen Gebäude der Inselgemeinde sind weitgehend veraltet, energetisch auf einem schlechten Stand und werden über fossile Brennstoffe betrieben. Nach Energiebericht lag der Energieverbrauch für die Wärmebereitstellung der öffentlichen Gebäude für das Jahr 2022 bei 5.874 MWh/a.

Das theoretische PV-Dachflächenpotenzial für alle, nach Einstrahlungsverhältnissen geeignete, Dachflächen auf den öffentlichen Gebäuden beträgt ca. 4208 MWh/a. Das wirtschaftlich realisierbare Potenzial dürfte dabei deutlich geringer sein, da hier keine wirtschaftliche Auslegung berücksichtigt wurde und keine statische Auswertung der Gebäude erfolgt. Es zeigt sich jedoch, dass hier ein erhebliches Potenzial zur Stromerzeugung besteht.



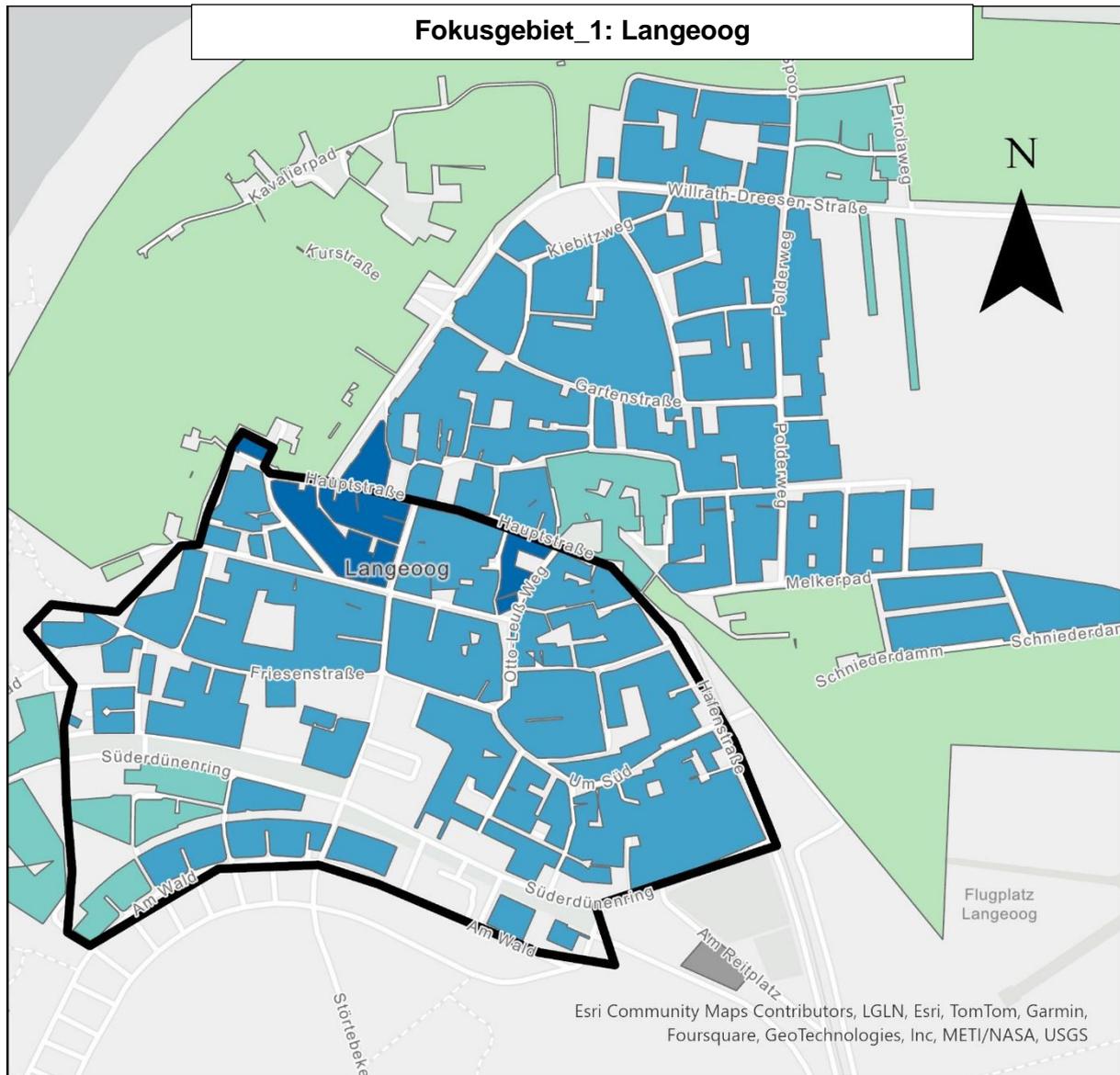
#### Legende

Versorgungsgebiete	≤ 41,5 kWh/m²*a
Wärmedichte [kWh/m²*a]	Moderate Wärmenetzeignung
≤ 7 kWh/m²*a Einzelversorgung	≤ 105 kWh/m²*a Hohe Wärmenetzeignung
≤ 17,5 kWh/m²*a Bedingte Wärmenetzeignung	> 105 kWh/m²*a Sehr hohe Wärmenetzeignung
	Datenschutzanforderung nicht gegeben

Abbildung 3: Wärmenetzeignung der Quartiere auf dem Gemeindegebiet

<b>Wärmenetzeignung</b> Die meisten der öffentlichen Gebäude liegen in Quartieren mit hoher Wärmenetzeignung, nur für etwa 30 % eignet sich das umliegende Quartier nur bedingt oder gar nicht zur Wärmenetzversorgung. Für die meisten Gebäude wäre der Netzanschluss an ein Wärmenetz daher eine zu betrachtende Option zur Bereitstellung der Wärme (vgl. Abbildung 1)	
<b>Beschreibung:</b> Planung und Entwicklung von Maßnahmen zur Schaffung regenerativer Wärmequellen	
<b>Initiator:</b> Inselgemeinde Langeoog	
<b>Akteure:</b> Inselgemeinde Langeoog	
<b>Zielgruppe:</b> Inselgemeinde Langeoog	
<b>Handlungsschritte und Zeitplan:</b> Planung möglicher Energiequellen und -anlagen	
<b>Erfolgsindikatoren/ Meilensteine:</b> Planung der Maßnahmen	
<b>Gesamtaufwand/ (Anschub-)Kosten:</b> Noch nicht abschätzbar	
<b>Finanzierungsansatz:</b> Haushalt, Förderung	
<b>Energie- und Treibhausgaseinsparung</b>	
<b>Endenergieeinsparungen (MWh/a):</b> Je nach Maßnahme	<b>THG-Einsparungen (t/a):</b> Gemäß der Energieeinsparungen
<b>Wertschöpfung:</b> Je nach Maßnahme	
<b>Flankierende Maßnahmen:</b>	
<b>Hinweise:</b>	
<b>Priorität:</b> hoch	

### 16.3 Steckbriefe der Fokusgebiete



### Legende

#### Versorgungsgebiete

Wärmedichte [kWh/  
m<sup>2</sup>\*a]

≤ 7 kWh/m<sup>2</sup>\*a  
Einzelversorgung

≤ 17,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a  
Bedingte  
Wärmenetzeignung

≤ 41,5 kWh/m<sup>2</sup>\*a  
Moderate  
Wärmenetzeignung

≤ 105 kWh/m<sup>2</sup>\*a Hohe  
Wärmenetzeignung

> 105 kWh/m<sup>2</sup>\*a Sehr  
hohe  
Wärmenetzeignung

Datenschutzanforderung  
nicht gegeben

Fokusgebiet\_1

Abbildung 4: Wärmenetzeignung der Versorgungsgebiete in der Inselgemeinde Langeoog und Darstellung des Fokusgebiets

## Informationen zum Fokusgebiet

Fläche:	266.675 m <sup>2</sup>
Anzahl Gebäude:	456
Wärmebedarf:	17.585 MWh/a
Summe des Jahresheizenergiebedarfs - GEG-Zustand	9.431 MWh/a
Versorgungsempfehlung:	Hohe Wärmenetzeignung

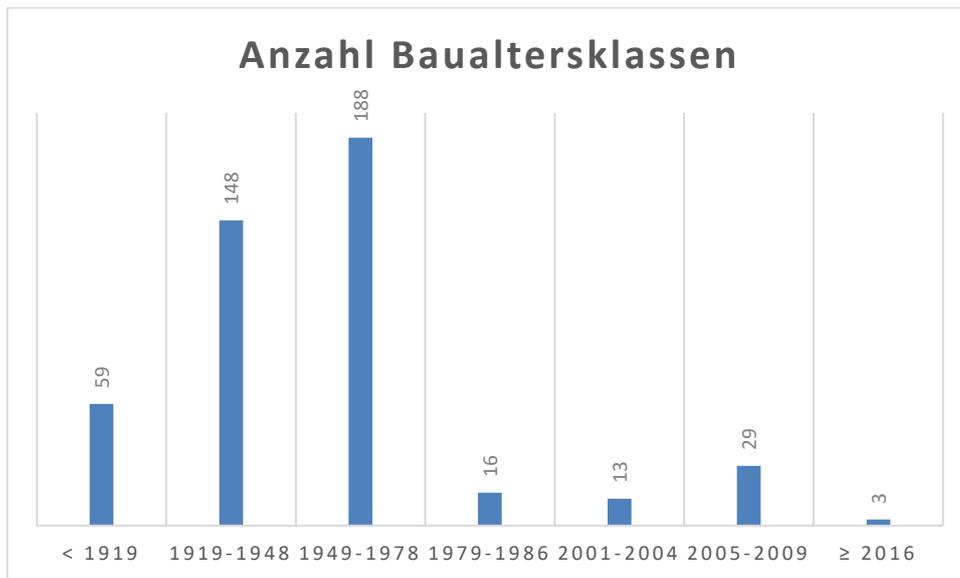


Abbildung 5: Darstellung der Baualtersklassen im Fokusgebiet

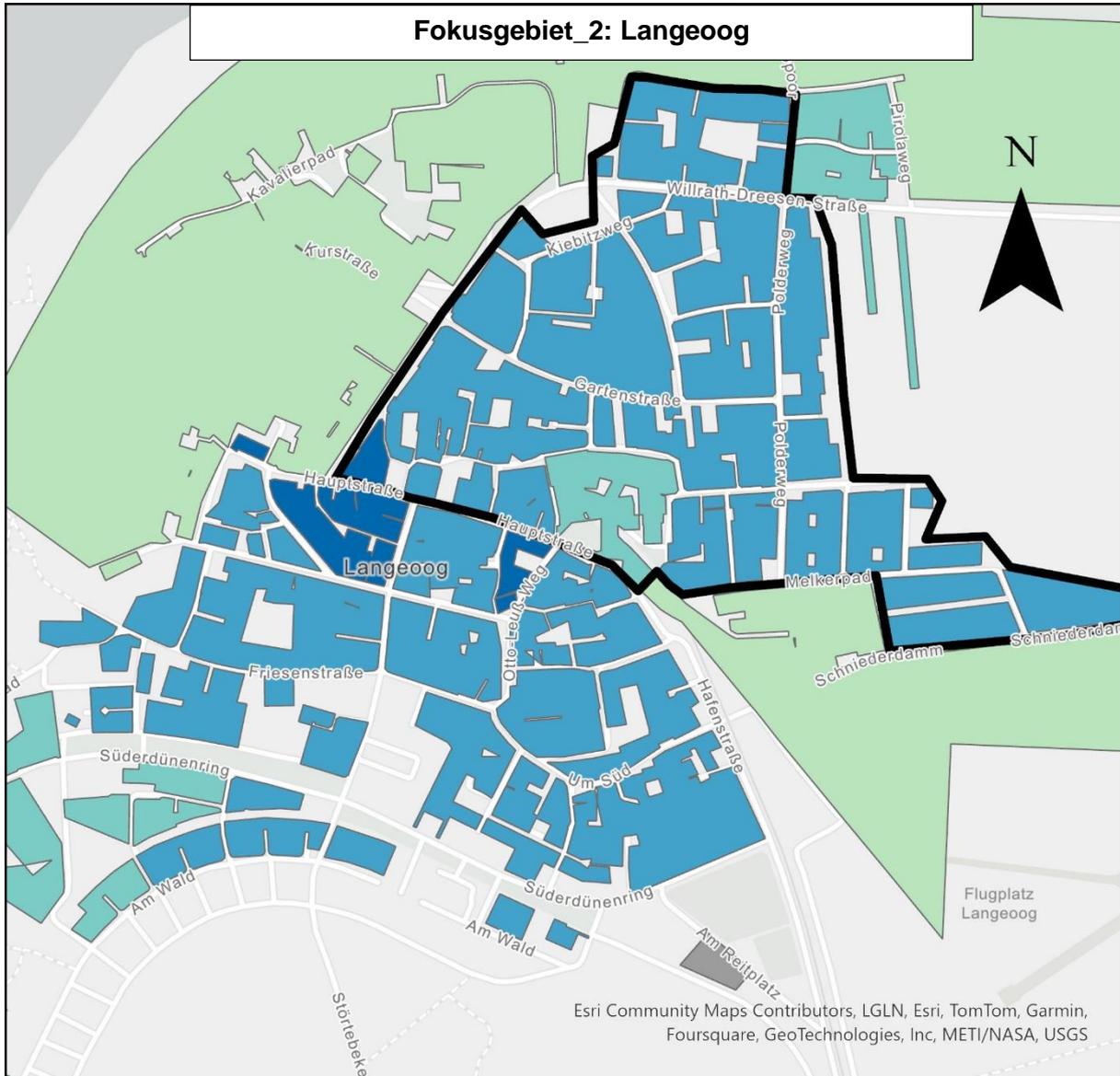
## Lokale Potenziale innerhalb des Gebiets

Einsparpotenzial Wärmebedarf	8.154 MWh/a (46%)
Geothermie (Sonden)	12.326 MWh/a
Geothermie (Kollektorfläche)	6.914 MWh/a
Gesamt Dachpotenzial (PV-Anlagen)	14.423 MWh <sub>el</sub> /a
Industrielle Abwärme (Umkreis 1 km)	Nicht vorhanden
Abwasserwärmepotenzial (Umkreis 1 km)	Nicht vorhanden (Entfernung ca. 1,5 km)

**Kurzbeschreibung Gebiet und Versorgungsempfehlung abgeleitet aus den Potenzialen:**

Das Cluster Langeoog zeichnet sich durch eine dichte Bebauung mit mittelgroßen Wohn- und Nichtwohneinheiten aus. Dies führt zu einer hohen Wärmedichte. Der Anteil der Gebäudealtersklassen, bei Gebäuden mit Wohnraum, mit besonders hohem Energieeinsparpotenzial (Bj. <1978) ist sehr hoch. Das mit dem Einsatz von Erdsonden nutzbare Geothermiepotenzial ist als hoch einzuschätzen. Das Gebiet ist für die Nutzung von Erdkollektoren geeignet. Das vorhandene Dachflächenpotenzial kann für PV-Anlagen oder Solarthermieanlagen genutzt werden.

Das Gebiet eignet sich aufgrund seiner dichten Bebauung und hohen Wärmedichte für die Wärmenetzversorgung. Potenziale zur erneuerbaren Wärmeerzeugung sind vorhanden, verfügbare Flächen für die Nutzung dieses Potenzials sind zu identifizieren. Eine Deckung des Wärmebedarfs anhand der im Gebiet liegenden erneuerbaren Potenzialen wäre theoretisch möglich.



### Legende

#### Versorgungsgebiete

Wärmedichte [ $\text{kWh}/\text{m}^2\text{*a}$ ]

$\leq 7 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{*a}$   
Einzelversorgung

$\leq 17,5 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{*a}$   
Bedingte  
Wärmenetzeignung

$\leq 41,5 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{*a}$   
Moderate  
Wärmenetzeignung

$\leq 105 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{*a}$  Hohe  
Wärmenetzeignung

$> 105 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{*a}$  Sehr  
hohe  
Wärmenetzeignung

Datenschutzanforderung  
nicht gegeben

Fokusgebiet\_2

Abbildung 6: Wärmenetzeignung der Versorgungsgebiete in der Inselgemeinde Langeoog und Darstellung des Fokusgebiets

## Informationen zum Fokusgebiet

Fläche:	267.734 m <sup>2</sup>
Anzahl Gebäude:	419
Wärmebedarf:	16.527 MWh/a
Summe des Jahresheizenergiebedarfs - GEG-Zustand	8.825 MWh/a
Versorgungsempfehlung:	Hohe Wärmenetzeignung

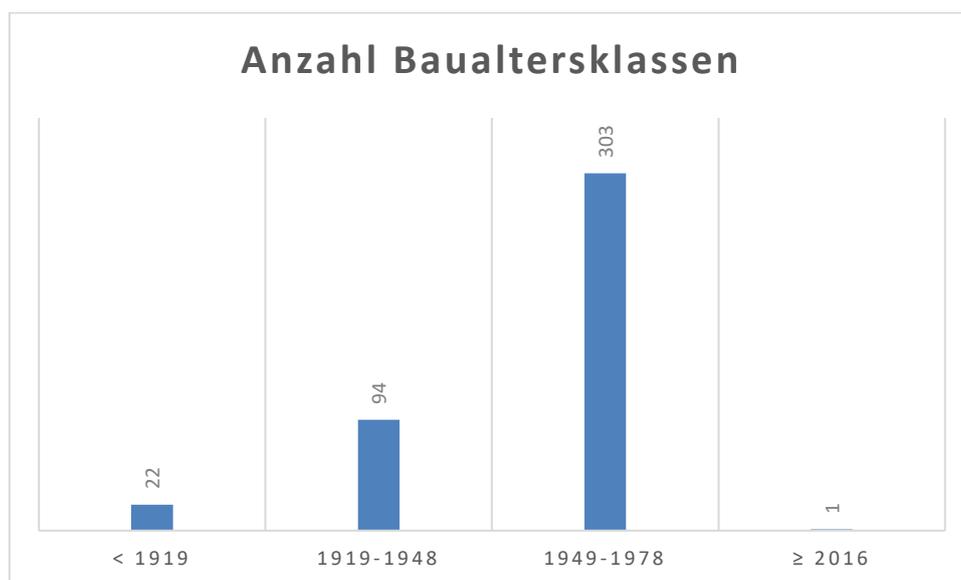


Abbildung 7: Darstellung der Baualtersklassen im Fokusgebiet

## Lokale Potenziale innerhalb des Gebiets

Einsparpotenzial Wärmebedarf	7.702 MWh/a (47%)
Geothermie (Sonden)	14.100 MWh/a
Geothermie (Kollektorfläche)	9.103 MWh/a
Gesamt Dachpotenzial (PV-Anlagen)	14.005 MWh <sub>el</sub> /a
Industrielle Abwärme (Umkreis 1 km)	Nicht vorhanden
Abwasserwärmepotenzial (Umkreis 1 km)	Nicht vorhanden (Entfernung ca. 1,5 km)

**Kurzbeschreibung Gebiet und Versorgungsempfehlung abgeleitet aus den Potenzialen:**

Das Cluster Langeoog\_2 zeichnet sich durch eine dichte Bebauung mit mittelgroßen Wohn- und Nichtwohneinheiten aus. Dies führt zu einer hohen Wärmedichte. Der Anteil der Gebäudealtersklassen, bei Gebäuden mit Wohnraum, mit besonders hohem Energieeinsparpotential (Bj. <1978) ist sehr hoch. Das mit dem Einsatz von Erdsonden und Flächenkollektoren nutzbare Geothermiepotential ist als hoch einzuschätzen. Das vorhandene Dachflächenpotential kann für PV-Anlagen oder Solarthermieanlagen genutzt werden.

Das Gebiet eignet sich aufgrund seiner dichten Bebauung und hohen Wärmedichte für die Wärmenetzversorgung. Potenziale zur erneuerbaren Wärmezeugung sind vorhanden, verfügbare Flächen für die Nutzung dieses Potentials sind zu identifizieren. Eine Deckung des Wärmebedarfs anhand der im Gebiet liegenden erneuerbaren Potenzialen wäre theoretisch möglich.

## 16.4 Quellenverzeichnis

AGEB - Arbeitsgemeinschaft Energie Bilanzen e.V. (Hrsg.) (2019): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2019, Berlin

Agentur für Arbeit Statistik - <http://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Statistik-nach-Regionen/BA-Gebietsstruktur/Niedersachsen-Bremen-Nav.html>.

Agentur für Erneuerbarer Energien (Hrsg.) – [www.foederal-erneuerbar.de](http://www.foederal-erneuerbar.de).

Agora Energiewende (Hrsg.) (2013): Kurzstudie: Entwicklung der Windenergie in Deutschland – Eine Beschreibung von aktuellen und zukünftigen Trends und Charakteristika der Einspeisung von Windenergieanlagen, Berlin.

Agora Energiewende (Hrsg.) (2017): Wärmewende 2030 - Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor – Studie, Berlin.

Bayerischer Kommunalen Prüfungsverband (BKPV) (2014): Geschäftsbericht 2013, München.

Begleitforschung EnEff:Stadt (Hrsg.) (2016-1): Energetische Bilanzierung von Quartieren – Ergebnisse und Benchmarks aus Pilotprojekten – Forschung zur energieeffizienten Stadt, Berlin.

Begleitforschung EnEff:Stadt (Hrsg.) (2016-2): Planungshilfsmittel: Praxiserfahrung aus der energetischen Quartiersplanung, Berlin.

bepeg – bio-e-power-engineer-group (Hrsg.): Bio-Energie aus Geflügelmist - <http://www.engineer-group.eu/biogas-gefluegel.html>.

Bertelsmann Stiftung – [www.wegweiser-InselgemeindeLangeoog.de](http://www.wegweiser-InselgemeindeLangeoog.de).

BMVBS (Hrsg.) (2013): Systematische Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude – Erfassung und Quantifizierung von Energieeinspar- und CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzialen. BMVBS-Online-Publikation 27/2013.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2017): BBSR-Online-Publikation Nr. 03/2017: CO<sub>2</sub>-neutral in Stadt und Quartier – die europäische und internationale Perspektive, Bonn.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.) (2007): Leitstudie 2007. Ausbaustrategie Erneuerbare Energien; Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.) (2010): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global „Leitstudie 2010“, BMU - FKZ 03MAP146, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.) (2011): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global Schlussbericht, BMU - FKZ 03MAP146, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2015-1): Klimaschutzszenario 2050 2. Endbericht, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2015-2): Richtlinie zur Förderung von Klimaschutz in Masterplan-Kommunen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2016): Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, Berlin.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.) (2016): Nationaler Strategierahmen für den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe als Teil der Umsetzung der Richtlinie 2014/94/EU, Berlin.

Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) (1977): Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV), Bonn.

Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) (2017): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND) (Hrsg.) (2016): Kommunale Suffizienzpolitik - Strategische Perspektiven für Städte, Länder und Bund, Kurzstudie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie, Berlin.

Cardiff University (Hrsg.) (2017): European Perceptions of Climate Change (EPCC) - Topline findings of a survey conducted in four European countries in 2016, Cardiff.

Das Magazin für die Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion (DGS) (2013): Betonpaneele: Effiziente Wärmedämmung in: Betrieb der Zukunft: Schwerpunkt Energie, Sonderbeilage in DGS 14/2013, Stuttgart.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) (Hrsg.) (2009): Energierückgewinnung aus häuslichem und kommunalen Abwasser – Heizen und Kühlen mit Abwasser – Ratgeber für Bauträger und Kommunen, Osnabrück.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (Hrsg.) (2013): Strategieplattform Power to Gas – Positionspapier, Berlin.

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (difu) (Hrsg.) (2011): Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden, unter: [https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/leitfaden/b5potenzial-analysen-und-szenarien.html#toc2\\_1](https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de/leitfaden/b5potenzial-analysen-und-szenarien.html#toc2_1), Berlin.

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (difu) (Hrsg.) (2018): Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden, unter: <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de>, Berlin.

Deutsche WindGuard GmbH (2016): Status des Offshore-Windenergieausbaus in Deutschland, Varel.

EEG Daten Energymap (Hrsg.) (2017): [www.energymap.info](http://www.energymap.info)

Eicke-Henning, Wolfgang et al (1995): Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern, Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) (Hrsg.), Darmstadt.

Enercon.de: [www.enercon.de](http://www.enercon.de): E-138 EP3 - Technische Daten im Überblick; <https://www.enercon.de/produkte/ep-3/e-138-ep3/>, Zugriff am 16.12.2021.

Everding, Dagmar et al. (Hrsg.) (2007): Solarer Städtebau. Vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild. Stuttgart. Leitbilder und Potenziale ein es solaren Städtebaus. Forschungsprojekt der Ecofys GmbH in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen und der FH Köln. 2002-2004.

FH Aachen, Körperschaft des öffentlichen Rechts, ausführende Stelle Solar-Institut Jülich der FH Aachen (SIJ) in Kooperation mit Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) und Deutschem Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (2016): Handbuch methodischer

Grundfragen zur Masterplan-Erstellung Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz, Jülich.

FH Aachen, Körperschaft des öffentlichen Rechts, ausführende Stelle Solar-Institut Jülich der FH Aachen (SIJ) in Kooperation mit Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) (2016-1): Korrekturblatt 1 zum „Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung - Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz“, Jülich.

FH Aachen, Körperschaft des öffentlichen Rechts, ausführende Stelle Solar-Institut Jülich der FH Aachen (SIJ) in Kooperation mit Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) (2016-2): Leitfragen zur Entwicklung von Klimaschutz-Strategien für Masterplan-Kommunen (MPK), Jülich.

Genske, Dr. Ing. Dieter et al. (2009): Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien, Nordhausen.

Genske, Dr. Ing. Dieter et al. (2010): Energieatlas Zukunftskonzept Erneuerbares Wilhelmsburg. Internationale Bauausstellung IBA Hamburg (Hrsg.). Jovis, Berlin: 43-66, 79-119.

Heinrich-Böll-Stiftung e. V. (hbs) (Hrsg.) (2015): Band 41 der Schriftenreihe Ökologie: Wärmewende in Kommunen – Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung, Berlin.

Hirschl, Bernd et al., Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Hrsg.) (2010): Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien, Schriftenreihe des IÖW 196/10, Berlin.

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Hrsg.) (2014-1): Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland -Im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“, Heidelberg.

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Hrsg.) (2014-2): Konzept für den Masterplan 100 % Klimaschutz für die Stadt Heidelberg - Endbericht im Auftrag der Stadt Heidelberg, Heidelberg.

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Hrsg.) (2016): BISCO - Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland - Kurzfassung - Im Rahmen des Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“, Heidelberg.

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Hrsg.) (2017-1): Checkliste Masterplan 100 % Klimaschutz (Bilanz, Potenziale, Szenarien, Strategien), Heidelberg.

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Hrsg.) (2017-2): Kurzinformation Potenziale/ Szenarien für MPK-Kommunen (Emissionsfaktoren und Verkehr), Heidelberg.

Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Hrsg.) (2021-4): Integrierte Photovoltaik – Flächen für die Energiewende (Positionspapier)

IINAS GmbH – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien (Hrsg.): GEMIS - Globales Emissions-Modell integrierter Systeme; <http://www.iinas.org/gemis-de.html>.

Institut Wohnen und Umwelt (IWU) – [www.iwu.de](http://www.iwu.de).

Investitions- und Förderbank Niedersachsen (NBank) (Hrsg.) (2017): Förderberatung Klimaschutz Kommunen, unter: <http://www.nbank.de/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energie-Umwelt/ Klima-schutzberatung-f%C3%BCr-Kommunen/ index.jsp>, Hannover.

IP Syscon GmbH (2023) Abschlussbericht zum Projekt: Digitale Wärmebedarfskarte für Niedersachsen

Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.) (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor, Braunschweig.

Klima-Bündnis e. V. (Hrsg.): Klimaschutz-Planer; Frankfurt.

Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e. V. (3N) - [www.3n.info](http://www.3n.info).

KomSIS-Netzwerk der Landkreise und kreisfreien Städte in Niedersachsen – [www.komsis.de](http://www.komsis.de).

Krafftahrt-Bundesamt (KBA) (Hrsg.) (2019): Fahrzeugzulassungen (FZ) - Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden - 1. Januar 2019 FZ 3 , Flensburg.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) (2009): Heizungstechnik in Geflügelställen und richtige Installation von Warmluftzeugern, Darmstadt.

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (2012): Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen – Rechtliche und technische Grundlagen, Download unter [www.lbeg-niedersachsen.de](http://www.lbeg-niedersachsen.de), Hannover.

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG) – [nibis.lbeg.de/geothermie](http://nibis.lbeg.de/geothermie).

Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN): Niedersachsen-Navigator – [www.lgln.de](http://www.lgln.de).

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN) - [www1.nls.niedersachsen.de/statistik/](http://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/).

Landkreis Osnabrück (LK OS) (Hrsg.) (2010): Integriertes Klimaschutzkonzept des Landkreis' Osnabrück, Osnabrück.

Landkreis Osnabrück (LK OS) (Hrsg.) (2014): Masterplan 100 % Klimaschutz, Osnabrück.

Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N., Born, R. (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Zweite erweiterte Auflage. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

Lundtang Petersen, E., Toren, I. (1990): Europäischer Windatlas. Roskilde

Majer, Stefan; Kornatz, Peter; Daniel-Gromke, Jaqueline; Rensberg, Nadja; Brosowski, André; Oehmichen, Katja; Liebetrau, Jan (2019): Stand und Perspektiven der Biogaserzeugung aus Gülle, DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig.

NIBIS® Kartenserver (2021): Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie in Niedersachsen 1 : 500 000 - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.

NIBIS® Kartenserver (2021): Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren (Einbautiefe 1,2 m – 1,5m) in Niedersachsen - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.

PANORAMIO – [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com).

Projekträger Jülich (PTJ) - [www.ptj.de/klimaschutzinitiative](http://www.ptj.de/klimaschutzinitiative).

Solar-Atlas des BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e. V. - [www.solaratlas.de](http://www.solaratlas.de).

Solarbundesliga – [www.solarbundesliga.de](http://www.solarbundesliga.de).

- Stadt Cloppenburg (Hrsg.) (2017): Klimaschutzteilkonzepte Erneuerbare Energien + Integrierte Wärmenutzung der Stadt Cloppenburg, Cloppenburg.
- Landkreis Friesland (Hrsg.) (2021) – [www.Friesland.de](http://www.Friesland.de).
- Landkreis Wittmund (Hrsg.) (2021) – [www.Wittmund.de](http://www.Wittmund.de).
- Nielsen, J., E., Battisti, R. (2012). Solar District Heating Guidelines.
- Peters, M., Steidle, T., Böhnisch, H., Nagel, F., Kurtz, T. (2020): Kommunale Wärmeplanung Handlungsleitfaden. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Quaschnig, Volker: (2015). Regenerative Energiesysteme, 9., aktualisierte und erweiterte Ausgabe, Carl Hanser Verlag, München.
- Stadt Emden (Hrsg.) (2017): Masterplan 100 % Klimaschutz, Emden.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.): Regionaldatenbank Deutschland; <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online>.
- Stein, B., Hörner, M. (2015): Typologie-gestützte Kennwerte für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude am Beispiel von 10 Gerichts-, Verwaltungs- und Polizeidiengebäuden. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.
- Trier, D., Skov, C. K., Sørensen, S. S., Bava, F. (2018). Solar District Heating Trends and Possibilities. PlanEnergie (Hrsg.). Copenhagen
- TUBS – [http://de.wikipedia.org/wiki/Landkreis\\_Wittmund](http://de.wikipedia.org/wiki/Landkreis_Wittmund).
- TUBS – [http://de.wikipedia.org/wiki/Landkreis\\_Friesland](http://de.wikipedia.org/wiki/Landkreis_Friesland).
- UMBW (2019). Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.).
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2021): Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren; <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraeger-sektoren#allgemeine-entwicklung-und-einflussfaktoren>.
- VDI Gesellschaft für Bauen und Gebäudetechnik (Hrsg.) (2012): Verbrauchskennwerte für Gebäude, Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser, VDI 3807 Blatt 2, Düsseldorf.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2019): Thermische Nutzung des Untergrunds, Entkoppelte Wärmepumpenanlagen, Blatt 2, Düsseldorf.
- Verband der Landwirtschaftskammern e. V. (Hrsg.) (2009): Energietechnik: Energieeffizienzverbesserung in der Landwirtschaft, Berlin.
- Walter, Anna; Wiehe, Julia; Schlömer, Gerrit; Hashemifarzad, Ali; Wenzel, Tim; Albert, In-grid et al. (2018): Naturverträgliche Energieversorgung aus 100 erneuerbaren Energien 2050. Bonn - Bad Godesberg (BfN-Skripten 501), 2018. Online verfügbar unter <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript501.pdf>, zuletzt geprüft am 10.01.2019.
- WWF Deutschland (Hrsg.) (2009): Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Langfassung. Unter Mitarbeit von Almut Kirchner und Felix Christian Matthes. Öko-Institut e. V.; prognos. Basel, Berlin.

## 16.5 Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1-1: Mittlere Lufttemperatur Deutschlands dargestellt als Temperaturstreifen nach einer Idee von Ed Hawkins (Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)).....	9
Abbildung 3-1: Zugeordneter Wärmeverbrauch in MWh/a in der Stadt Wittmund (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	15
Abbildung 3-2: Potenzialpyramide (Quelle: difu 2018, S. 252) .....	20
Abbildung 4-1: Anzahl der Gebäude in der Inselgemeinde Langeoog nach Baualtersklassen .....	22
Abbildung 4-2: Gesamter Wärmebedarf der Gebäudealtersklassen in der Inselgemeinde Langeoog .....	23
Abbildung 5-1: Endenergieverbrauch der Inselgemeinde Langeoog 2019 (Quelle: EKP) .....	24
Abbildung 5-2: Lokaler Wärmemix der Inselgemeinde Langeoog im Jahr 2019 (Quelle: EKP) .....	25
Abbildung 5-3: THG-Bilanz für den Endenergiebedarf (Quelle: EKP) .....	26
Abbildung 6-1: Summierter Wärmeverbrauch aus leitungsgebundenen und nicht-leitungsgebundenen Energieträgern je Straßenzug in MWh/a (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	27
Abbildung 6-2: Wärmeverbrauch in Relation zur Länge des Straßenzugs in MWh/a*m (=Wärmeverbrauchsliniendichte) (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	28
Abbildung 6-3: Prozentuale Verteilung der Leitungsgebundenen und Nicht-Leitungsgebundenen Energieträger je Gemeinde sowie die durchschnittliche Verteilung für den gesamten Landkreis (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	29
Abbildung 7-1: Veränderung des spez. Wärmebedarfs im Vergleich: Spez. Wärmebedarf (o. l.), spez. Wärmebedarf mit APF (o. r.), spez. Wärmebedarf im vollsanierten Zustand des Gebäudes (u. m.) (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	31
Abbildung 7-2: Darstellung des spez. Wärmebedarfs im Quartier im Stadtgebiet Esens (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	32
Abbildung 9-1: Räumliche Darstellung des Windpotenzials für den Landkreis Wittmund (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	42
Abbildung 9-2: Standortermittlung für Erdwärmesonden am Beispiel der Stadt Wittmund. Berücksichtigung der Sondenabstände untereinander von 6 m und der Abstände zwischen Grundstücksgrenzen (hier Flurstücksgrenzen) von 10 m Entfernung (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	51
Abbildung 9-3: Potenzielle Wärmemenge [GWh/a] bei 1.800 Betriebsstunden im Jahr aus Erdwärmekollektoren (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	52
Abbildung 9-4: Potenzielle Wärmeerzeugung Holz im Landkreis Wittmund (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	54
Abbildung 9-5: Potenzielle Wärmeerzeugung Biogas (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	55
Abbildung 9-6: Energiebedarf des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland und Niedersachsen nach Energieträgern im Vergleich (Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2019) .....	57

Abbildung 9-7: Abwärmepotenziale reskaliert auf Unternehmensäquivalente (Quelle: LANUV 2019, S. 95).....	57
Abbildung 9-8: Beispielhafte Darstellung der geothermischen Eignung (Kollektoren) in zusammenhängenden Quartieren mit der Empfehlung Niedertemperaturnetz und bedingter Wärmenetzeignung (Quelle: IP SYSCON GmbH).....	60
Abbildung 9-9: Beispielhafte Darstellung von geeigneten Dach- und Freiflächen für solarthermische Anlagen (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	62
Abbildung 9-10: Transportverlust in % je km in Abhängigkeit der Größe von solarthermischen Freiflächenanlagen in m <sup>2</sup> (Quelle: Nielsen & Battisti 2012) .....	63
Abbildung 9-11: Ermittlung geeigneter Freiflächen für die solarthermische Wärmeversorgung von Quartieren (Quelle: IP SYSCON GmbH).....	64
Abbildung 10-1: Darstellung des durchschnittlichen Einsparpotenzials auf Quartiersebene in Friedeburg (Quelle: IP SYSCON GmbH).....	70
Abbildung 11-1: Gesamtszenario Endenergie (Trend) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	72
Abbildung 11-2: Gesamtszenario THG (Trend) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	73
Abbildung 11-3: Gesamtszenario Endenergie (Klimaschutzszenario) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP).....	74
Abbildung 11-4: Gesamtszenario THG (Klimaschutzszenario) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	75
Abbildung 11-5: THG-Einsparungen (Klimaschutzszenario) Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	76
Abbildung 11-6: Vergleich Klimaschutz- und Trendszenario (THG-Emissionen) (Quelle: EKP) .....	77
Abbildung 11-7: Strombedarf und –Erzeugung Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	78
Abbildung 11-8: Strombedarf nach Nutzung Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	79
Abbildung 11-9: Stromeinsparungen nach Stromnutzung Inselgemeinde Langeoog bis 2040 (Quelle: EKP) .....	80
Abbildung 11-10: Wärmebedarf und -Erzeugung nach Energieträgern bis 2040 (Quelle: EKP) .....	81
Abbildung 11-11: Wärmebedarf nach Nutzung: Die Haushalte mit Raumwärme und Warmwasser- wärme, das Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit Raumwärme und Prozesswärme, bis 2040 (Quelle: EKP).....	82
Abbildung 11-12: THG-Emissionen Wärmebedarf und -Erzeugung nach Energieträger bis 2040 (Quelle: EKP) .....	83
Abbildung 11-13: THG-Emission nach Wärmenutzungsart: Die Haushalte mit Raumwärme und Warmwasserwärme, das Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) mit Raumwärme und Prozesswärme, bis 2040 (Quelle: EKP).....	84
Abbildung 13-1: Grafische Darstellung der Wärmedichte auf Quartiersebene für das Stadtgebiet Esens (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	87

Abbildung 13-2: Anzahl der Quartiere nach empfohlener Wärmeversorgungslösung in der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	88
Abbildung 13-3: Grafische Darstellung der empfohlenen Wärmeversorgungslösung je Quartier in Esens (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	89
Abbildung 14-1: Indikatoren für das Monitoring Teil 1 (Quelle: UBA) .....	95
Abbildung 15-1: Kommunikative Instrumente für die Öffentlichkeitsarbeit (DIFU 2018, S. 85) .....	100
<i>Abbildung 2: Hallenbad mit PV-Dachpotenzial und Potenzialfläche für Geothermie. ....</i>	<i>107</i>
<i>Abbildung 3: Wärmenetzeignung der Quartiere auf dem Gemeindegebiet .....</i>	<i>109</i>
Abbildung 4: Wärmenetzeignung der Versorgungsgebiete in der Inselgemeinde Langeoog und Darstellung des Fokusgebiets .....	111
Abbildung 5: Darstellung der Baualtersklassen im Fokusgebiet.....	112
Abbildung 6: Wärmenetzeignung der Versorgungsgebiete in der Inselgemeinde Langeoog und Darstellung des Fokusgebiets .....	114
Abbildung 7: Darstellung der Baualtersklassen im Fokusgebiet.....	115

## 16.6 Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 3-1: Datenquellen Bilanz (Quelle: EKP) .....	12
Tabelle 3-2: Übersicht Energieträger aus Datengrundlagen .....	14
Tabelle 3-3: Datenquellen Potenziale und Szenarien (Quelle: EKP) .....	17
Tabelle 4-1: Allgemeine Kennzahlen der Inselgemeinde Langeoog .....	21
Tabelle 4-2: Verbrauchswerte und erneuerbare Energien der Inselgemeinde Langeoog.....	21
Tabelle 4-3: Wohnstatistik der Inselgemeinde Langeoog.....	22
Tabelle 4-4: EEG-Anlagen in der Inselgemeinde Langeoog 2021 (Quelle: Marktstammdaten und eigene Berechnung) .....	23
Tabelle 7-1: Wärmebedarfsstruktur in der Inselgemeinde Langeoog nach Baualtersklassen (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	33
Tabelle 8-1: Prototypische Siedlungs- und Landschaftsräume in Landkreisen (Quelle: LK OS 2010) .....	34
Tabelle 9-1: Theoretische Solarpotenziale der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IPS).....	37
Tabelle 9-2: Annahmen Solarthermie Dach (Quelle: EKP) .....	38
Tabelle 9-3: Kennzahlen der Windenergieanlage (Quelle: Enercon.de).....	39
Tabelle 9-4: Ergebnis der Windpotenzialanalyse im Vergleich für 2019 (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	40
Tabelle 9-5: Spezifische Entzugsleistung für Erdwärmesonden < 30 kW (nach VDI 4640 Blatt 2 2019).....	44
Tabelle 9-6: Nutzungsbedingungen oberflächennaher Erdwärmesonden in Niedersachsen 1:500.000 eingeteilt in drei Flächenkategorien (Quelle: NIBIS© 2021). .....	44

Tabelle 9-7: Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren für Einbautiefe 1,2 m bis 1,5 m in Niedersachsen (Quelle: NIBIS® 2021).....	45
Tabelle 9-8: Ausschlusskriterien aus den genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzen in Niedersachsen für Erdwärmesonden (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	46
Tabelle 9-9: Ausschlusskriterien aus den genehmigungsrechtlichen Anforderungen und Grenzen in Niedersachsen für Erdwärmekollektoren (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	47
Tabelle 9-10: Berechnung der thermischen Wärmeleistung und der potenziellen Wärmemenge für Erdwärmesonden (Quelle: Quaschnig 2015).....	49
Tabelle 9-11: Berechnung der thermischen Wärmeleistung und der nutzbaren Wärmemenge für Erdwärmekollektoren (Quelle: Quaschnig 2015) .....	49
Tabelle 9-12: Anzahl der Sonden und jährliches Potenzial aus Erdwärmesonden in der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	50
Tabelle 9-13: Flächeneignung und jährliches Potenzial aus Erdwärmekollektoren in der Inselgemeinde Langeoog (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	51
Tabelle 9-14: Unternehmensäquivalente zur Bestimmung der Abwärmepotenziale je Branche im Verarbeitenden Gewerbe (Quelle: LANUV 2019, S. 97) .....	58
Tabelle 10-1: Annahmen Einsparungen Strom (Quelle: EKP).....	66
Tabelle 10-2: Annahmen Einsparungen Wärme (Quelle: EKP).....	67
Tabelle 10-3: Berechnete Heizwärmebedarfe im gesamten Gebäudebestand nach Baualtersklasse (Quelle: IP SYSCON GmbH) .....	68
Tabelle 10-4: Berechnete Heizwärmebedarfe im Wohngebäudebestand nach Baualtersklasse (Quelle IP SYSCON GmbH) .....	69
Tabelle 13-1: Klimaschutz Maßnahmen (Quelle: EKP, IP SYSCON GmbH).....	86
Tabelle 13-2: Empfohlene Wärmeversorgungsoptionen in Abhängigkeit der Wärmedichte im Quartier (nach Peters et al. 2020) .....	88
Tabelle 13-3: Maßnahmensteckbrief für die Fokusgebiete .....	91
Tabelle 14-1: Indikatoren für das Monitoring Teil 2 (Quelle: EKP) .....	96

## 16.7 Verzeichnis der Abkürzungen

∅	Durchschnitt
°	Grad
€	Euro
%	Prozent
3N	3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e.V.
a	annum (Jahr)
A	Bundesautobahn
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC) e. V.

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
APF	Anpassungsfaktor (für berechneten Wärmebedarf) in Abhängigkeit des spez. Wärmebedarfs
B	Bundesstraße
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Bautyp	Einteilung der Gebäudefunktionen in EFH, RH, MFH, GMH, HD, GI, Oe usw.
BHKW	Blockheizkraftwerk
Biobrennst.	Biobrennstoff
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft e. V.
bzw.	beziehungsweise
C	Celsius
ca.	circa
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> -äquivalente Emissionen (Treibhausgase)
d	Tag
dena	Deutsche Energie-Agentur
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DStGB	Deutscher Städte- und Gemeindebund
e. G.	eingetragene Genossenschaft
e. V.	eingetragener Verein
EE	Erneuerbare Energien
EG	Energiegenossenschaft
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
el	elektrisch
E-Mobilität	Elektromobilität
End	Endenergie
ENWE	EnergieNetzwerk Weser-Ems e. G.
et al.	et alia (und andere)
etc.	et cetera (und die übrigen Dinge)

EUR	Euro
EVU	Energieversorgungsunternehmen
Ew.	EinwohnerIn
EWE	Regionaler Energieversorger
Forstw.	Forstwirtschaft
Freifl.	Freifläche
g	Gramm
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GEMIS	Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme
Geotherm.	Geothermie
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe Handel Dienstleistung
GI	Gewerbe & Industrie (Bautyp)
GMH	Großes Mehrfamilienhaus (Bautyp)
GV	Güterverkehr
GWh	Gigawattstunde(n)
h	Stunde
ha	Hektar
HD	Handel & Dienstleistung (Bautyp)
HH	Hochhaus, Haushalte
Hrsg.	Herausgeber
IBA	Internationale Bauausstellung
IINAS	Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien
ILEK	Integriertes ländliches Entwicklungskonzept
inkl.	inklusive
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
IT	Informationstechnik
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
KNX	KNX-Standard (Feldbus zur Gebäudeautomation)
Kom.EMS	Kommunales Energiemanagement-System

Komp.	Kompensation
KomSIS	Kommunales Standort-Informations-System
KSI	Klimaschutzinitiative
KUP	Kurzumtriebsplantage
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde(n)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt peak
l	Liter
IWU	Institut Wohnen und Umwelt GmbH
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen
LCA	Life Cycle Assessment (Lebenszyklusanalyse)
LED	lichtemittierende Diode
LIV	Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Niedersachsen
LK OS	Landkreis Osnabrück
LK VEC	Landkreis Vechta
Lkw	Lastkraftwagen
LoD1	Level of Detail 1 (3D-Gebäudemodell)
LSN	Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
MaStR	Marktstammdatenregister
MFH	Mehrfamilienhaus
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
NWG	Nichtwohngebäude
o. ä.	oder ähnlich
Oe	Öffentliches Gebäude (Bautyp)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	Open Street Map (Datensatz für Straßen)
P	Person
PDCA	Demingkreis (Plan, Do, Check, Act)
Pkw	Personenkraftwagen

PTJ	Projektträger Jülich
PV	Photovoltaik
PW	Prozesswärme
RH	Reihenhaus (Bautyp)
RROP	Regionales Raumordnungsprogramm
RW	Raumwärme
Siedl.	Siedlung
SNPV	Schienenpersonennahverkehr
soz.	sozial
St.	Sankt
t	Tonne
th	thermisch
THG	Treibhausgas
TVÖD	Tarifvertrag für den Öffentlichen Dienst
u. a.	und andere, unter anderem
u. U.	unter Umständen
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m <sup>2</sup> *K]
VCD	Verkehrsclub Deutschland
vgl.	vergleiche
VR	Volks- und Raiffeisenbank
W	Watt
WG	Wohngebäude (Bautyp)
WS	Wohnsiedlung
WW	Warmwasser
WWF	World Wide Fund For Nature
z. B.	zum Beispiel

## 16.8 Verzeichnis der Geodaten

### 16.8.1 Datenliste

Die Geodaten werden separat zur Verfügung gestellt. Diese sind wie folgt unterteilt:

- 01\_Bestandsanalyse
  - Wärmebedarf
    - Gebäude
    - Wärmelinien
    - Versorgungsgebiete

- 02\_Potenzialanalyse
  - Biomasse
  - Geothermie
    - Kollektoren
    - Sonden
  - Industrielle\_Abwärme
  - Solar
    - Dach
    - Freiflächen
  - Windenergie
- 03\_Fokusgebiete

### 16.8.2 Metadaten

Die Metadaten werden gemeinsam mit den Geodaten als XLSX-Dateien zur Verfügung gestellt.