



## UNTERSTÜTZUNGSLEISTUNGEN ZUR ERSTELLUNG DES IKSK

für die Stadt Aurich



### Förderprojekt

Die Erstellung des Integrierten Klimaschutzkonzeptes der Stadt Aurich wird im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), vertreten durch den Projektträger ZUG (Zukunft, Umwelt, Gesellschaft), gefördert.

Förderkennzeichen: 03K13258

Laufzeit: 01.12.2020 – 30.11.2022

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

### Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Stadt Aurich und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Stadt  
Fachdienst Klima/Umwelt/Verkehr

Bgm.-Hippen-Platz 1

26603 Aurich

Tel.: +49 4941 12-26 10

Ansprechpartnerin:

Alexandra Busch-Maaß

Auftragnehmer

Aurich energielenker projects GmbH

Ella-Barowsky-Str. 44

10829 Berlin

Tel.: +49 30 308744 610

Ansprechpartnerin:

Dr. Gabi Zink-Ehlert



Lesehinweis:

## Unterstützungsleistungen Klimaschutzkonzept Aurich | Bericht 2022

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personen-bezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

## INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	6
TABELLENVERZEICHNIS.....	8
LITERATURVERZEICHNIS .....	9
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>10</b>
1.1 HINTERGRUND UND MOTIVATION.....	11
<b>2 Energie- und THG-Bilanz .....</b>	<b>11</b>
2.1 GRUNDLAGEN DER BILANZIERUNG NACH BSKO.....	11
2.1.1 Bilanzierungsprinzip im stationären Bereich .....	12
2.1.2 Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr .....	13
2.1.3 Datenerhebung der Energieverbräuche .....	14
2.1.4 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen .....	15
2.2 REGENERATIVE ENERGIEN .....	22
2.2.1 Strom .....	22
2.2.2 Wärme.....	23
2.3 FAZIT .....	24
<b>3 Potentialanalyse .....</b>	<b>26</b>
3.1 EINSPARUNGEN UND ENERGIEEFFIZIENZ .....	26
3.1.1 Private Haushalte.....	26
3.1.2 Wirtschaft.....	30
3.1.3 Verkehrssektor .....	35
3.2 ERNEUERBARE ENERGIEN .....	37
3.2.1 Windenergie.....	37
3.2.2 Sonnenenergie .....	40
3.2.3 Biomasse.....	43
3.2.4 Geothermie/Erdwärme .....	45
3.2.5 Zusammenfassung Erneuerbare Energien .....	48
<b>4 Szenarien zur Energieeinsparung.....</b>	<b>50</b>
4.1 DIFFERENZIERUNG TREND UND KLIMASCHUTZSZENARIO .....	50
4.2 SZENARIEN: BRENNSTOFFBEADRF .....	50

4.3	SZENARIEN KRAFTSTOFFBEDARF .....	54
4.4	SZENARIEN: STROMBEDARF UND ERNEUERBARE ENERGIEN .....	55
5	<b>Anhang</b> .....	<b>58</b>

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich nach Sektoren ..... 16

Abbildung 2: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich im Jahr 2019 unterteilt nach Sektoren \_\_\_\_ 17

Abbildung 3: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich im Jahr 2019 unterteilt nach Energieformen 17

Abbildung 4: Endenergie im stationären Bereich ..... 18

Abbildung 5: Endenergieverbrauch der kommunalen Einrichtungen ..... 19

Abbildung 6: THG-Emissionen der Stadt Aurich nach Sektoren ..... 19

Abbildung 7: THG-Emissionen der Stadt Aurich nach Energieträgern ..... 20

Abbildung 8: THG-Emissionen der Stadt Aurich 2019, prozentuale Verteilung der Sektoren \_\_\_\_ 20

Abbildung 9: THG-Emissionen pro Einwohner der Stadt Aurich ..... 21

Abbildung 10: TGH-Emissionen Gebäude und Infrastruktur nach Energieträgern ..... 22

Abbildung 11: Stromerzeugung aus EE-Anlagen im Stadtgebiet Aurich ..... 23

Abbildung 12: Regenerative Wärmeerzeugung 2019 ..... 24

Abbildung 13: Verteilung des flächenbezogenen Energieverbrauches heute und des Einsparpotentials 2050 [kWh/m2] (BMW, 2014) ..... 26

Abbildung 15: Einsparpotentiale der Wohngebäude "Trendszenario" saniert bis 2045 (Quelle: eigene Darstellung) ..... 27

Abbildung 16: Einsparpotentiale der Wohngebäude "Klimaschutzszenario" saniert bis 2045 (Quelle: eigene Darstellung) ..... 28

Abbildung 17: Spezifischer Haushaltsstrombedarf im kWh pro Jahr und Haushalt in Aurich (Quelle: eigene Darstellung) ..... 29

Abbildung 18: Gesamtstrombedarf der Haushalte in Aurich (Quelle: eigene Darstellung) ..... 30

Abbildung 19: Energieeinsparpotenziale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014) ..... 31

Abbildung 20: Entwicklung der Energiebedarfe von Industrie und Gewerbe in der Stadt Aurich in Prozent (Quelle: eigene Darstellung) ..... 33

Abbildung 21: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen 2019 und 2045 (Quelle: eigene Darstellung) ..... 34

Abbildung 22: Entwicklung der Fahrleistungen in der Stadt Aurich bis 2045 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Trendszenario (Quelle: eigene Darstellung) ..... 36

Abbildung 23: Entwicklung der Fahrleistungen in der Stadt Aurich bis 2045 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Klimaschutzszenario (Quelle: eigene Darstellung) ..... 36

Abbildung 24: Entwicklung der Fahrleistungen in der Stadt Aurich bis 2045 in Millionen Fahrzeugkilometer nach Verbrennern und E-Fahrzeugen (Quelle: eigene Darstellung) ..... 37

Abbildung 25 Bestehende Windkraftanlagen in Aurich ..... 38

Abbildung 26: Windpotenzial der Stadt Aurich ..... 40

Abbildung 27: PV-Dachflächen-Potenzial der Stadt Aurich ..... 41

Abbildung 28: Solarthermiefpotenzial der Stadt Aurich ..... 42

Abbildung 29: PV-Freiflächenpotenzial Stadt Aurich (eigene Abbildung anhand der Daten von Agora Energiewende [Agora Energiewende, 2021] ..... 42

Abbildung 30: PV - Freiflächen-Potenzial Stadt Aurich ..... 43

Abbildung 31: Wärme aus Waldholz ..... 44

Abbildung 32: Energie aus Biogas ..... 45

Abbildung 33: Gebietsabgrenzungen für Geothermie in Aurich ..... 47

Abbildung 34: Geothermiefpotenzial Aurich ..... 48

Abbildung 35: Potenzial Erneuerbare Energien gesamt und Energieverbrauch 2019 ..... 49

Abbildung 36: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Trendszenario (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) ..... 51

Abbildung 37: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario im Jahr 2045 (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) ..... 52

Abbildung 38: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario der Haushalte (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) ..... 53

Abbildung 39: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario der Wirtschaft (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) ..... 53

Abbildung 40: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Trendszenario (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) ..... 54

Abbildung 41: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Klimaschutzszenario (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten) ..... 55

Abbildung 42: Entwicklung des Strombedarfes im Trendszenario 2045 (Quelle: eigene Berechnung) ..... 56

Abbildung 43: Entwicklung des Strombedarfes im Klimaschutzszenario 2045 (Quelle: eigene Berechnung) ..... 56

Abbildung 44: Entwicklung der erneuerbaren Energien für das Szenario 2045 (Quelle: eigene Berechnung) ..... 57

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Emissionsfaktoren 2019 (Klimaschutzplaner, 2021) .....	13
Tabelle 2: Datenquellen bei der Energie- und THG-Bilanzierung .....	15
Tabelle 3: Regenerative Wärmeproduktion der Stadt Aurich im Jahr 2019 in MWh .....	24
Tabelle 4: Gruppierung der Haushaltsgeräte .....	29
Tabelle 5: Grundlagendaten für Trend- und Klimaschutzszenario .....	32
Tabelle 6: Referenzanlage zur Berechnung des Windpotenzials .....	39
Tabelle 7: Annahmen für die Berechnung der PV-Potenziale .....	41
Tabelle 8: Annahmen für die Berechnung der PV-Freiflächen-Potenziale .....	43
Tabelle 9: Berechnung für die Nutzung von Waldholz .....	44
Tabelle 10; Annahmen für die Berechnung des Erdwärmepotenzials .....	47
Tabelle 11: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich nach Sektoren .....	58
Tabelle 12: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich nach Energieformen .....	58
Tabelle 13: Endenergie nach Energieformen .....	59
Tabelle 14: Endenergie im stationären Bereich .....	60
Tabelle 15: Gesamtendenergie in kommunalen Einrichtungen .....	60
Tabelle 16: Gesamt THG-Emissionen nach Sektoren .....	61
Tabelle 17: THG-Emissionen der Stadt Aurich nach Energieträgern .....	62
Tabelle 18: THG-Emissionen pro Einwohner der Stadt Aurich .....	63
Tabelle 19: THG-Emissionen Gebäude und Infrastruktur nach Energieträgern .....	63
Tabelle 20: Stromerzeugung aus EE-Anlagen im Stadtgebiet Aurich .....	64
Tabelle 21: Annahmen für die Berechnung der PV-Potenziale .....	64

## LITERATURVERZEICHNIS

- BMWi. (2014). *Die Energie der Zukunft. Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- ifeu. (2016:3). *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland*. Heidelberg: ifeu.
- IWU. (2015). *IWU - Institut Wohnen und Umwelt. Von TABULA - Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern*,  
<http://www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/tabula/> abgerufen
- Mikrozensus. (2011). *Zensusdatenbank*. Abgerufen am 16. 03 2017 von Ergebnisse Zensus 2011:  
[https://ergebnisse.zensus2011.de/#StaticContent:053620036036,ROOT,ROOT,](https://ergebnisse.zensus2011.de/#StaticContent:053620036036,ROOT,ROOT)
- NOAA. (2021). *Ozean- Atmosphärenbehörde*. Abgerufen am 15. 02 2017 von Recent Monthly Average Mauna Loa CO2: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>
- Öko-Institut, e. a. (2015). *Klimaschutzszenario 2050 - 2. Endbericht*. Berlin: Öko-Institut e.V. und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung.

## 1 EINLEITUNG

Die Herausforderungen des Klimawandels sind allgegenwärtig. Temperaturanstieg, schmelzende Gletscher und Pole, ein steigender Meeresspiegel, Wüstenbildung und Bevölkerungswanderungen - viele der vom Ausmaß der Erwärmung abhängigen Szenarien sind zum jetzigen Zeitpunkt kaum vorhersagbar. Hauptverursacher der globalen Erderwärmung sind nach Einschätzungen der Expertinnen und Experten, die Emissionen von Treibhausgasen (THG) wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffmonoxid (Lachgas: N<sub>2</sub>O), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Fluorkohlenwasserstoffe (FKW). Diese Einschätzungen werden durch den Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)-Bericht aus dem Jahre 2014 gestützt sowie mit dem Bericht aus 2018 bestärkt. Die Aussagen des Berichtes weisen auf einen hohen anthropogenen Anteil an der Erhöhung des Gehaltes von Treibhausgasen in der Atmosphäre hin. Auch ein bereits stattfindender Klimawandel, einhergehend mit Erhöhungen der durchschnittlichen Temperaturen an Land und in den Meeren, wird bestätigt und ebenfalls zu großen Teilen menschlichem Handeln zugeschrieben. Das Schmelzen der Gletscher und Eisdecken an den Polen, das Ansteigen des Meeresspiegels sowie das Auftauen der Permafrostböden in Russland werden durch den Bericht bestätigt. Dies scheint sich sogar im Zeitraum zwischen 2002 und 2011, im Vergleich zur vorigen Dekade, deutlich beschleunigt zu haben. Der menschliche Einfluss auf diese Prozesse wird im IPCC-Bericht, der jüngst im Jahr 2021 einer Erderwärmung um 1,5° bis 2030 prognostiziert hat, als sicher angesehen. Auch in Deutschland scheint der Klimawandel spürbar zu werden, wie die steigende Anzahl extremer Wetterereignisse (z. B. „Pfingststurm Ela“ im Jahr 2014, „Sturmtief Frederike“ und trockener Hitzesommer 2018 und 2019) oder auch die Ausbreitung von wärmeliebenden Tierarten (z. B. tropische Mückenarten am Rhein) verdeutlichen.

Die US-amerikanische Ozean- und Atmosphärenbehörde (NOAA) gibt für den Zeitraum Februar 2014 (397 ppm) bis Juli 2018 (408 ppm) den schnellsten Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre seit Beginn der Messungen an. Im April 2021 waren es bereits 419,05 ppm (NOAA, 2021). In vorindustriellen Zeiten lag der Wert bei etwa 280 ppm. Zu Beginn der Messungen in den 1950er Jahren bei etwa 320 ppm.

Um die Auswirkungen des Klimawandels möglichst weitreichend zu begrenzen, hat sich die Bundesregierung mit dem Beschluss vom 24.06.2021 das Ziel gesetzt, den bundesweiten Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen bis 2030 um 65 %, bis 2040 um 88 %, in Bezug auf das Ausgangsjahr 1990, zu senken und bis 2045 eine weitgehende Klimaneutralität zu erreichen (das Ziel aus dem Jahr 2020 mit einer Reduktion von minus 40 % konnte die Bundesregierung lediglich durch die Einschränkungen der Corona-Pandemie erreichen). Aus dieser Motivation heraus wird seit 2008, im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), die Erstellung von kommunalen Klimaschutzkonzepten gefördert. Hintergrund ist, dass die ehrgeizigen Ziele der Bundesregierung nur gemeinschaftlich, mit einer Vielzahl lokaler Akteure erreicht werden können.

Im Falle eines ungebremsten Klimawandels ist im Jahr 2100 in Deutschland z. B. durch Reparaturen nach Stürmen oder Hochwassern und Mindereinnahmen der öffentlichen Hand mit Mehrkosten in Höhe von 0,6 bis 2,5 %<sup>1</sup> des Bruttoinlandsproduktes zu rechnen. Von diesen Entwicklungen wird auch die Region der Stadt Aurich nicht verschont bleiben. Der Klimawandel

---

<sup>1</sup> Ergebnisse einer im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen von Ecologic Institut und Infas erhobenen Studie.

ist also nicht ausschließlich eine ökologische Herausforderung, insbesondere hinsichtlich der Artenvielfalt, sondern auch in ökonomischer Hinsicht von Belang.

### 1.1 HINTERGRUND UND MOTIVATION

Mit dem Ziel, die bisherige Energie- und Klimaschutzarbeit fokussiert voranzutreiben, hat sich die Stadt Aurich dazu entschlossen, dem Thema Klimaschutz eine höhere Priorität einzuräumen und die Bemühungen zu verstärken.

Mit dem integrierten Klimaschutzkonzept wird eine neue Grundlage für eine lokale Klimaschutzarbeit von hoher Qualität geschaffen, die eine nachhaltige Zukunft gestaltet. Wesentlicher Grundgedanke ist es, kommunales Handeln mit den Aktivitäten und Interessen aller weiteren Akteure im Stadtgebiet zu verbinden. Mit der Unterstützung von Akteuren im Stadtgebiet soll zielgerichtet auf die eigenen Klimaschutzziele hingearbeitet werden.

Die Erstellung des Klimaschutzkonzepts soll der Stadt Aurich ermöglichen, die vorhandenen Einzelaktivitäten und Potenziale sowie die bereits durchgeführten Projekte zu bündeln und Multiplikatoren- und Synergieeffekte zu schaffen und zu nutzen.

Potenziale in den verschiedenen Verbrauchssektoren (Haushalte, Verkehr, Wirtschaft und Verwaltung) sollen aufgedeckt werden und in ein langfristig umsetzbares Handlungskonzept zur Reduzierung der THG-Emissionen münden.

Mit dem Klimaschutzkonzept erhält die Stadt Aurich ein Werkzeug, die Energie- und Klimaarbeit sowie die zukünftige Klimastrategie konzeptionell, vorbildlich und nachhaltig zu gestalten. Gleichzeitig soll das Klimaschutzkonzept Motivation für die Einwohnerinnen und Einwohner der Stadt sein, selbst tätig zu werden und weitere Akteure zum Mitmachen zu animieren.

Nur über die Zusammenarbeit aller kann es gelingen, die gesteckten Ziele zu erreichen.

## 2 ENERGIE- UND THG-BILANZ

Zur Bilanzierung wurde der Klimaschutz-Planer verwendet, welcher speziell zur Anwendung in Kommunen entwickelt wurde. Bei diesem Tool handelt es sich, um ein Instrument zur Bilanzierung des Endenergieverbrauches und der Treibhausgase.

### 2.1 GRUNDLAGEN DER BILANZIERUNG NACH BSKO

Im Rahmen der Bilanzierung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) auf dem Stadtgebiet, wird der vom Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) entwickelte „Bilanzierungs-Standard Kommunal“ (BSKO) angewandt. Leitgedanke des vom BMU geförderten Vorhabens war die Entwicklung einer standardisierten Methodik, welche die einheitliche Berechnung kommunaler THG-Emissionen ermöglicht und somit eine Vergleichbarkeit der Bilanzergebnisse zwischen den Kommunen erlaubt (ifeu, 2016:3). Weitere Kriterien waren u. a. die Schaffung einer Konsistenz innerhalb der Methodik, um insbesondere Doppelbilanzierungen zu vermeiden, sowie eine weitestgehende Konsistenz zu anderen Bilanzierungsebenen (regional, national).

Zusammengefasst ist das Ziel des Systems zum einen die Erhöhung der Transparenz energiepolitischer Maßnahmen und zum anderen, durch eine einheitliche Bilanzierungsmethodik, einen hohen Grad an Vergleichbarkeit zu schaffen. Zudem ermöglicht die Software durch die Nutzung von hinterlegten Datenbanken (mit deutschen Durchschnittswerten) eine einfachere Handhabung der Datenerhebung.

Es wird im Bereich der Emissionsfaktoren auf national ermittelte Kennwerte verwiesen, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten (TREMODO, Bundesstrommix). Hierbei werden auch die weiteren Treibhausgase in die Berechnung der Emissionsfaktoren mit einbezogen. So werden neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) beispielsweise auch Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxide (Lachgas oder N<sub>2</sub>O) betrachtet. Zudem findet eine Bewertung der Datengüte statt. Grundlage dafür ist die Datenquelle. So wird zwischen Datengüte A (Regionale Primärdaten), B (Hochrechnung regionaler Primärdaten), C (Regionale Kennwerte und Statistiken) und D (Bundesweite Kennzahlen) unterschieden.

Im Gebäude- und Infrastrukturbereich wird auf eine witterungsbereinigte Darstellung der Verbrauchsdaten verzichtet.

Als Bilanzzeitraum wurden die Jahre 2015 bis 2019 festgelegt.

### 2.1.1 Bilanzierungsprinzip im stationären Bereich

Unter BSKO wird zur Bilanzierung das Territorialprinzip verfolgt. Diese auch als endenergiebasierte Territorialbilanz bezeichnete Vorgehensweise, betrachtet alle im Untersuchungsgebiet anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie, welche anschließend den einzelnen Sektoren zugeordnet werden. Dabei wird empfohlen, von witterungskorrigierten Daten Abstand zu nehmen und die tatsächlichen Verbräuche für die Berechnung zu nutzen. Standardmäßig wird eine Unterteilung in die Bereiche Private Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) Industrie/Verarbeitendes Gewerbe, Kommunale Einrichtungen und den Verkehrsbereich angestrebt.

Anhand der ermittelten Verbräuche und energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren Tabelle 4 werden anschließend die THG-Emissionen berechnet. Die THG-Emissionsfaktoren beziehen neben den reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen, weitere Treibhausgase (bspw. N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>) in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, inklusive energiebezogener Vorketten, in die Berechnung mit ein (Life Cycle Analysis (LCA)-Parameter). Das bedeutet, dass nur die Vorketten energetischer Produkte, wie der Abbau und Transport von Energieträgern oder die Bereitstellung von Energieumwandlungsanlagen, in die Bilanzierung miteinfließen. Sogenannte graue Energie, beispielsweise der Energieaufwand von konsumierten Produkten sowie Energie, die von den Bewohnerinnen und Bewohnern außerhalb der Stadtgrenzen verbraucht wird, findet keine Berücksichtigung in der Bilanzierung. Die empfohlenen Emissionsfaktoren beruhen auf Annahmen und Berechnungen des ifeu, des GEMIS (Globale Emissions-Modell integrierter Systeme), entwickelt vom Öko-Institut sowie auf Richtwerten des Umweltbundesamtes. Zudem wird empfohlen, den Emissionsfaktor des Bundesstrommixes heranzuziehen und auf die Berechnung eines lokalen, bzw. regionalen Strommixes zu verzichten.

In der untenstehenden Tabelle werden die Emissionsfaktoren für das Jahr 2019 dargestellt. Emissionsfaktoren für die Jahre 2020 und 2021 liegen derzeit noch nicht vor, da diese immer erst mit einem Verzug von 1,5 bis 2 Jahren vom ifeu berechnet und zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren 2019 (Klimaschutzplaner, 2021)

Energieträger	Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> e/ kWh]	Energieträger	Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> e/ kWh]
Strom	478	Braunkohle	411
Heizöl	318	Steinkohle	438
Erdgas	247	Heizstrom	478
Fernwärme	261	Nahwärme	260
Biomasse	22	Sonstige erneuerbare	25
Umweltwärme	150	Sonstige konventionelle	330
Sonnenkollektoren	25	Kerosin	322
Biogase	110	Benzin	321
Flüssiggas	276	Diesel	326
Windkraft	10	CNG	257
PV	40	LPG	290
Wasserkraft	3	Biobenzin + Biodiesel	118

### 2.1.2 Bilanzierungsprinzip im Sektor Verkehr

Zur Erfassung des Verkehrs in kommunalen THG-Bilanzen findet ebenfalls das Prinzip der endenergiebasierten Territorialbilanz Anwendung. Diese umfasst sämtliche motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr. Emissionen aus dem Flugverkehr werden nach Anzahl der Starts und Landungen auf dem Territorium erfasst.

Generell kann der Verkehr in die Bereiche gut kommunal beeinflussbar und kaum kommunal beeinflussbar unterteilt werden. Als gut kommunal beeinflussbar werden Binnen- und Quell- und Zielverkehr im Straßenverkehr (MIV, Lkw, LNF) sowie öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) eingestuft. Emissionen aus dem Straßendurchgangsverkehr, öffentlichen Personennahverkehr (ÖPFV, Bahn, Reisebus, Flug) sowie aus dem Schienen- und Binnenschiffsgüterverkehr werden als kaum kommunal beeinflussbar eingestuft. Durch eine Einteilung in Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Autobahn) kann der Verkehr differenzierter betrachtet werden. So ist anzuraten, die weniger beeinflussbaren Verkehrs- bzw. Straßenkategorien herauszurechnen, um realistische Handlungsempfehlungen für den Verkehrsbereich zu definieren.

Harmonisierte und aktualisierte Emissionsfaktoren für den Verkehrsbereich stehen in Deutschland durch das TREMOD-Modell zur Verfügung. Diese werden in Form von nationalen Kennwerten differenziert nach Verkehrsmittel, Energieträger und Straßenkategorie bereitgestellt. Wie bei den Emissionsfaktoren für den stationären Bereich, werden diese in Form von CO<sub>2</sub>-

Äquivalenten inklusive Vorkette berechnet. Eine kommunenspezifische Anpassung der Emissionsfaktoren für den Bereich erfolgt demnach nicht.

### 2.1.3 Datenerhebung der Energieverbräuche

Die Endenergieverbräuche der Stadt Aurich sind in der Bilanz differenziert nach Energieträgern berechnet worden. Die Verbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger (Strom und Erdgas) sind vom Netzbetreiber der Stadt (EWE Netz GmbH) bereitgestellt worden. In die Berechnung des Endenergieverbrauchs sind die netzseitigen Energieverbräuche eingeflossen, die im Stadtgebiet angefallen sind. Dadurch werden auch die Endenergieverbräuche erfasst, die im Netz des Energieversorgers verteilt werden, aber die von anderen Energieversorgern vertrieben werden.

Im Stadtgebiet gibt es diverse Biogasanlagen, die z.T. auch Wärme liefern. Die größten Betreiber von Biogasanlagen sind bezüglich der In- und Outputdaten angefragt worden. In der Bilanz sind diese bei den lokalen Anlagen eingetragen wurden und im Energieverbrauch unter der Rubrik „Nahwärme“ zusammengefasst.

Angaben zum Ausbau erneuerbarer Energien stützen sich auf die EEG-Einspeisedaten und wurden ebenfalls von der EWE Netz GmbH bereitgestellt.

Der Sektor kommunale Einrichtungen erfasst hier die eigenen Liegenschaften und Zuständigkeiten der Stadt. Die Verbrauchsdaten sind in den einzelnen Fachabteilungen der Verwaltungen erhoben und an die energielenker projects GmbH übermittelt worden.

**Nicht-leitungsgebundene Energieträger** werden in der Regel zur Erzeugung von Wärmeenergie genutzt. Zu nicht-leitungsgebundenen Energieträgern im Sinne dieser Betrachtung zählen Heizöl, Flüssiggas, Braun- und Steinkohle, Holz, Umweltwärme, Biogase und Sonnenkollektoren. Für die Berechnung der Energieverbräuche (innerhalb des Bilanzierungstools) durch die Energieträger Heizöl, Flüssiggas, Kohle sowie Holz wurden die Schornsteinfegerdaten aus dem Jahre 2019 genutzt.

Die Wärme, die durch Solarthermieanlagen erzeugt und genutzt wird, wurde über die geförderte Fläche innerhalb des Bilanzierungstools berechnet. Die erforderlichen Daten sind über den Solaratlas des Bundesverband Solarwirtschaft e.V. erhältlich. Das Online-Portal stellt umfassende, aktuelle Informationen über den deutschen Solarthermiemarkt bereit. Dabei nutzt es den Datenbestand von Förderanträgen der MAP (Marktanreizprogramm) und BAFA (Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle).

Die Energieerträge für Wärmepumpen basieren auf Daten des Wärmepumpenatlases. Das Online-Portal stellt umfassende, aktuelle Informationen über den deutschen Wärmepumpenmarkt bereit. Dabei nutzt es den Datenbestand von Förderanträgen der MAP (Marktanreizprogramm) und BAFA (Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle).

Die Energieverbräuche für Biomasse basieren auf den Schornsteinfegerdaten 2019.

Nachfolgende **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** stellt die Quellen der Datenerhebung dar.

Tabelle 2: Datenquellen bei der Energie- und THG-Bilanzierung

Energieträger	Quelle	Energieträger	Quelle
Strom	Netzbetreiber (EWE Netz GmbH)	Erdgas	Netzbetreiber (EWE Netz GmbH)
Flüssiggas	Feuerungsanlagen (Schornsteinfeger)	Umweltwärme	Wärmepumpenatlas (BAFA und MAP)
Steinkohle	Feuerungsanlagen (Schornsteinfeger)	Heizöl	Feuerungsanlagen (Schornsteinfeger)
Benzin	hinterlegte Endenergieverbräuche im Klimaschutz-Planer	Holz	Feuerungsanlagen (Schornsteinfeger)
Diesel	hinterlegte Endenergieverbräuche im Klimaschutz-Planer	Nahwärme	Abfrage der Biogasanlagenbetreiber
Kerosin	hinterlegte Endenergieverbräuche im Klimaschutz-Planer	Sonnenkollektoren (Solarthermie)	Solaratlas (BAFA und MAP)
Biodiesel	hinterlegte Endenergieverbräuche im Klimaschutz-Planer	Erneuerbare Stromproduktion	Netzbetreiber (EWE Netz GmbH)

#### 2.1.4 Endenergieverbrauch und THG-Emissionen

Die tatsächlichen Energieverbräuche der Stadt Aurich sind für das Bilanzjahr 2015-2019 erfasst und bilanziert worden. Die Energieverbräuche werden auf Basis der Endenergie und die THG-Emissionen auf Basis der Primärenergie anhand von LCA-Parametern beschrieben. Die Bilanz ist vor allem als Mittel der Selbstkontrolle zu sehen. Die Entwicklung im Stadtgebiet lässt sich damit gut nachzeichnen. Ein interkommunaler Vergleich ist häufig nicht zielführend, da regionale und strukturelle Unterschiede sehr hohen Einfluss auf die Energieverbräuche und Emissionen von Kommunen haben.

Im Folgenden werden die Endenergieverbräuche und die THG-Emissionen der Stadt Aurich dargestellt. Hierbei erfolgt eine Betrachtung des gesamten Stadtgebietes sowie der einzelnen Sektoren. Im Anhang 1 „Zahlen der Energie und THG-Bilanz“ sind, von ausgewählten nachfolgenden Abbildungen, die verwendeten Zahlen tabellarisch aufgeführt.

##### Endenergieverbrauch der Stadt Aurich

Im Jahr 2015 wurden im Stadtgebiet Aurich 1.070.721 MWh Endenergie verbraucht. Im Bilanzjahr 2019 waren es 1.067.821 MWh. Insgesamt ist der Energieverbrauch in etwa gleichgeblieben.

##### Endenergieverbrauch nach Sektoren

Die Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. veranschaulicht die Aufteilung der Endenergieverbräuche für die Bilanzjahre 2015 bis 2019 für die unterschiedlichen Sektoren.

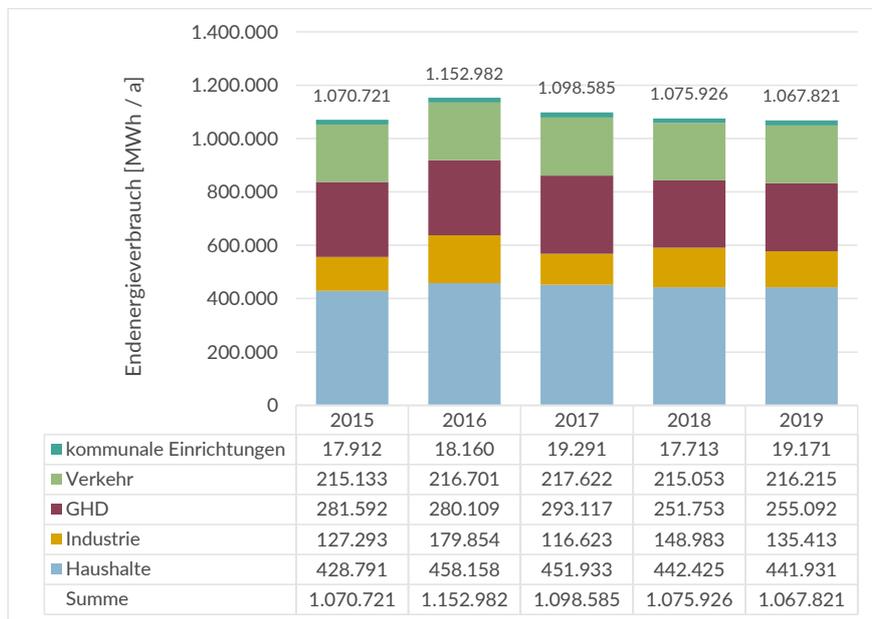


Abbildung 1: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich nach Sektoren

Aus der Abbildung 1 wird deutlich, dass es im Jahr 2016 einen Anstieg des Endenergiebedarfs (Differenz 2015/2016: 82.261 MWh) gab, welcher in den darauffolgenden Jahren wieder sank. Im Jahr 2019 befindet sich Aurich dann wieder auf dem Niveau des Jahres 2015.

Der Anstieg des Energieverbrauches resultiert aus einem Mehrverbrauch in den Sektoren der privaten Haushalte und der Industrie. Im Sektor der privaten Haushalte erreicht der Endenergieverbrauch im Jahr 2016 seine Spitze und sinkt dann wieder schrittweise bis 2019, liegt aber auf einem höheren Niveau als im Ausgangsjahr 2015.

Der industrielle Sektor unterliegt häufig produktionsbedingten und saisonalen Schwankungen, die sich auch in der Grafik bestätigen.

Die Endenergieverbräuche in den Sektoren kommunale Einrichtungen und Verkehr sind im Betrachtungszeitraum leicht gestiegen.

Lediglich der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen hat im Jahr 2019 einen niedrigeren Endenergieverbrauch als 2015. Das Jahr 2017 zeigt in der Abbildung 1 den Höchstverbrauch und dann eine sprunghafte Abnahme in den darauffolgenden Jahren 2018/2019.

Im Verlauf der Jahre von 2015 bis 2019 ist der Endenergiebedarf, abgesehen von einem deutlichen Anstieg im Jahr 2016, insgesamt in allen fünf Sektoren nahezu konstant geblieben. Aufgrund minimaler jährlicher Schwankungen ist kein Trend bezüglich Zu- oder Abnahmen zu erkennen.

Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt die prozentualen Anteile des Endenergieverbrauches der Stadt Aurich, unterteilt in die Sektoren Haushalte, Industrie, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Verkehr und kommunale Einrichtungen für das Jahr 2019. Aus der Darstellung wird deutlich, dass der Haushaltssektor den größten Anteil am Endenergieverbrauch der Stadt mit 41 % aufweist. Im Gewerbesektor wird ein Anteil von 24 % verbraucht. Dem Industriesektor ist ein Endenergieverbrauch von 13 % zuzuordnen.

Der Verkehrssektor weist einen Endenergieverbrauch von 20 % auf. Den geringsten Anteil bildet der Sektor der kommunalen Einrichtungen mit lediglich 2 %.

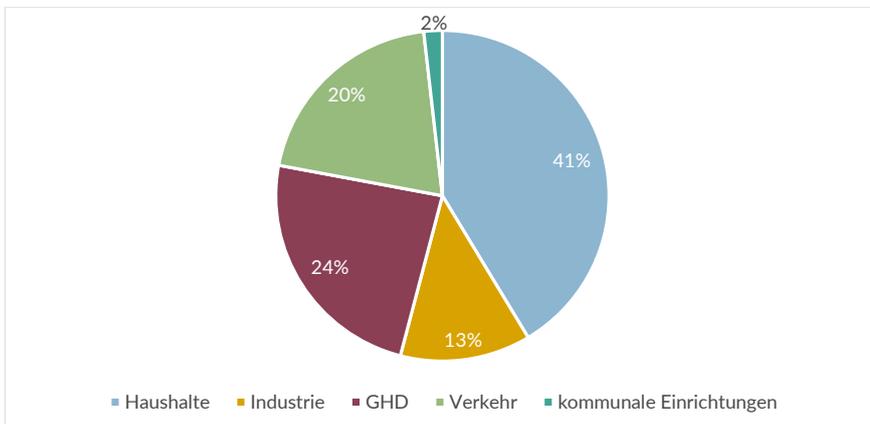


Abbildung 2: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich im Jahr 2019 unterteilt nach Sektoren

#### Endenergieverbrauch nach Energieformen

Die nachfolgende Abbildung 3 zeigt die prozentualen Anteile der Endenergieverbräuche der Stadt Aurich in den Sektoren Strom, Kraftstoff und Wärme. Aus der Darstellung wird deutlich, dass der Wärmesektor den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Stadt aufweist.

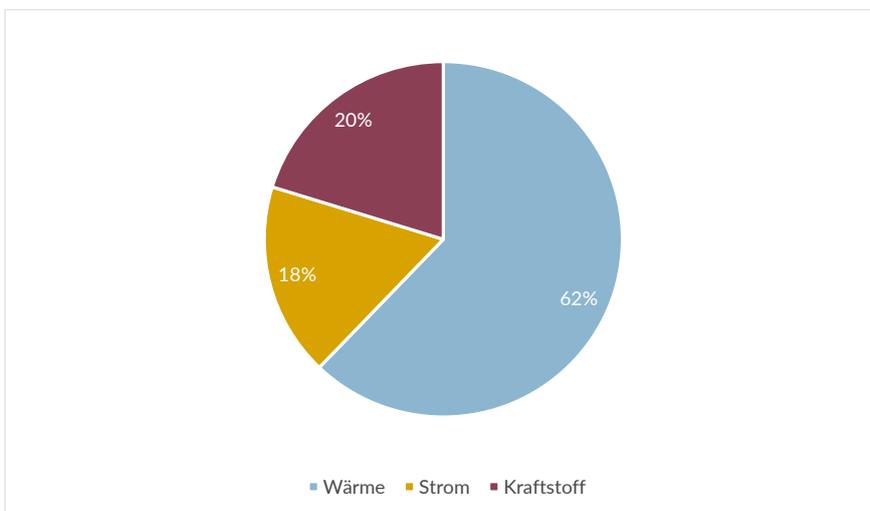


Abbildung 3: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich im Jahr 2019 unterteilt nach Energieformen

Im Jahr 2019 lag der Gesamtenergieverbrauch der Stadt Aurich bei 1.067.821 MWh. Etwa 62 % des Gesamtenergieverbrauches geht in die Wärmeversorgung. Dies entspricht einer Wärmemenge von 663.932 MWh/a. Die Wärmeversorgung wird durch fossile Brennstoffträger und einen kleinen Teil erneuerbaren Energien abgedeckt. Die gesamtstädtischen Verbräuche in den Sektoren Strom mit 187.834 MWh/a und Kraftstoff mit 216.055 MWh/a sind etwa gleich hoch.

**Endenergieverbrauch nach Energieträgern im stationären Bereich**

Im Sektor Verkehr werden überwiegend Kraftstoffe wie Benzin und Diesel bilanziert. Des Weiteren liegen geringe Verbräuche an Strom, CNG (Compressed Natural Gas), LPG (Liquified Petroleum Gas), Biobenzin oder Biodiesel innerhalb des Stadtgebietes vor.

Die Gebäude und Infrastruktur umfassen die Sektoren Wirtschaft, Haushalte und Kommune. Der Endenergieverbrauch der Gebäude und Infrastruktur der Stadt Aurich summiert sich im Jahr 2019 auf 851.606 MWh/a.

Die Energieträger zur Strom- und Wärmeversorgung im stationären Bereich werden in der nachfolgenden Abbildung 4 detailliert dargestellt, dies verdeutlicht, welche Energieträger überwiegend im Stadtgebiet Aurich zum Einsatz kommen. Im Unterschied zur vorherigen Darstellungsweise werden hier nicht mehr die Energieverbräuche aus dem Verkehrssektor betrachtet, sodass sich die prozentualen Anteile der übrigen Energieträger gegenüber dem Gesamtenergieverbrauch verschieben.

Der Energieträger Strom hat nach dieser Aufstellung im Jahr 2019 einen Anteil von ca. 22 % am Endenergieverbrauch. In der Wärmeversorgung ist Erdgas als Brennstoff mit einem Anteil von 69 % der Hauptenergieträger. Weitere, weniger häufig eingesetzte Energieträger sind Heizöl (2 %), Biomasse (1 %), Solarthermie (unter 0,5 %), Umweltwärme (unter 0,4 %) und Flüssiggas (unter 0,1 %).

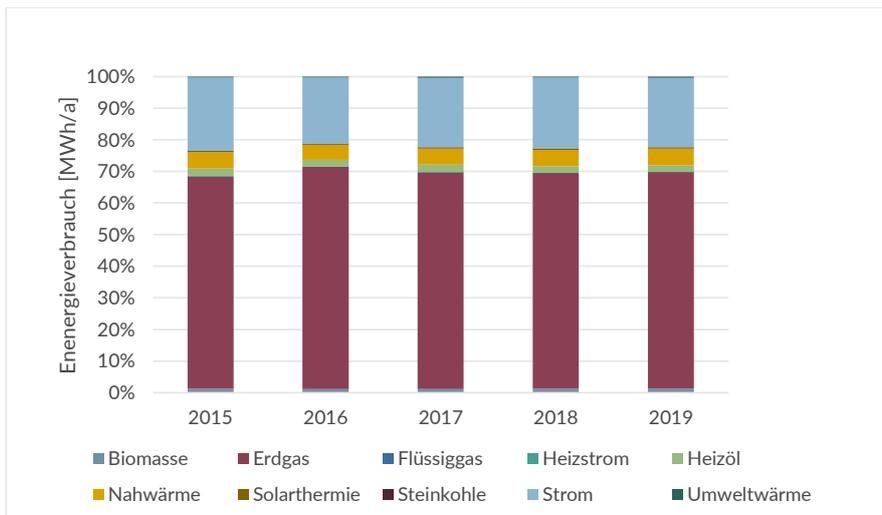


Abbildung 4: Endenergie im stationären Bereich

**Endenergieverbrauch der kommunalen Einrichtungen**

In diesem Abschnitt werden ausschließlich die Endenergieverbräuche der kommunalen Einrichtungen betrachtet. Die Energieverbräuche werden auf Basis der Endenergie beschrieben.

Der Endenergieverbrauch der kommunalen Einrichtungen ist von 2015 bis 2019 um 7 % gestiegen. Im Bilanzjahr 2015 sind 18.842 MWh Endenergie verbraucht worden. Im Jahr 2019 waren es 20.156 MWh. Aus der Darstellung wird deutlich, dass der Energieträger Erdgas dem größten Anteil mit 70 % am Energieverbrauch der Stadt Aurich aufweist.

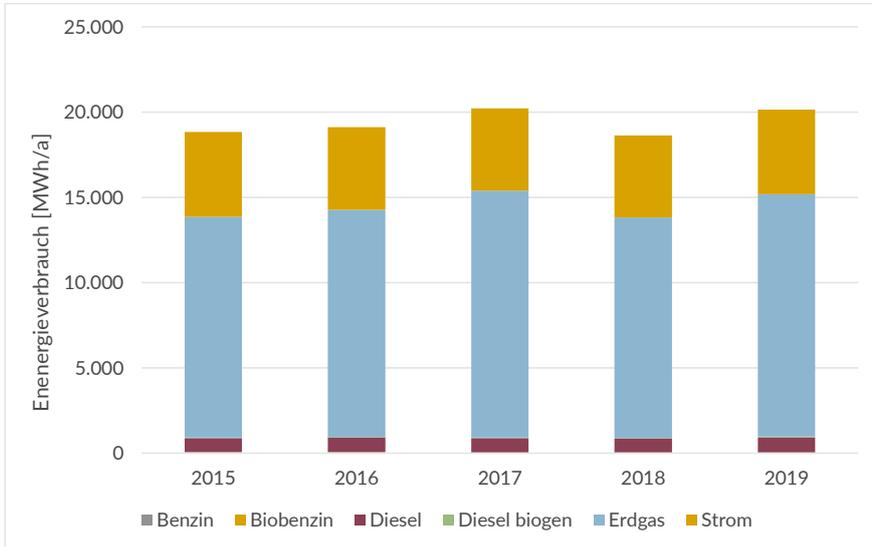


Abbildung 5: Endenergieverbrauch der kommunalen Einrichtungen

#### THG-Emissionen der Stadt Aurich

Die nachfolgende Abbildung zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen unterteilt in Sektoren. Im Bilanzjahr 2019 lagen die Gesamt-Treibhausgasemission bei 320.062 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2e</sub>).

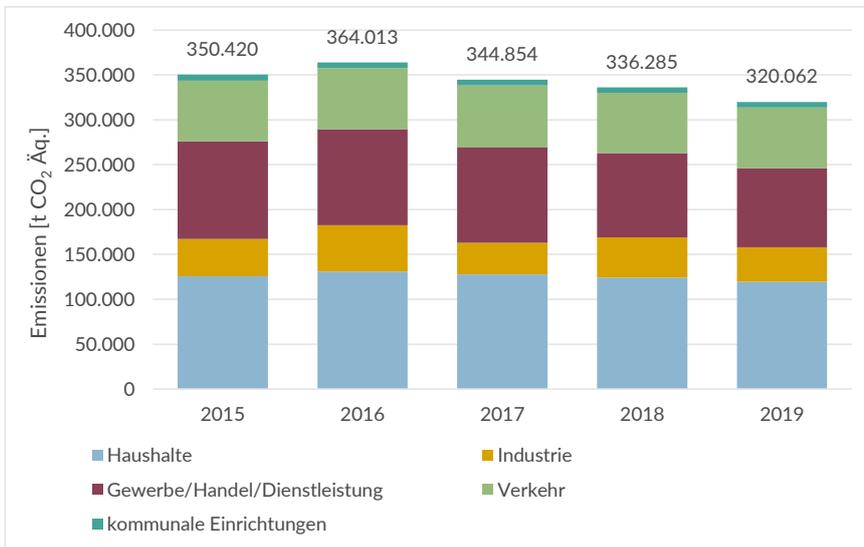


Abbildung 6: THG-Emissionen der Stadt Aurich nach Sektoren

Die Gesamt-Treibhausgasemissionen sind seit 2015 um etwa 9 % gesunken. Im Haushaltssektor sind die Emissionen lediglich leicht gesunken. In den Sektoren GHD und Industrie gehen die Emissionen deutlich zurück. Dies ist vor allem auf den sinkenden Emissionsfaktor für Strom zurückzuführen. Der Verkehrssektor weist konstante Emissionen im Bilanzierungszeitraum auf.

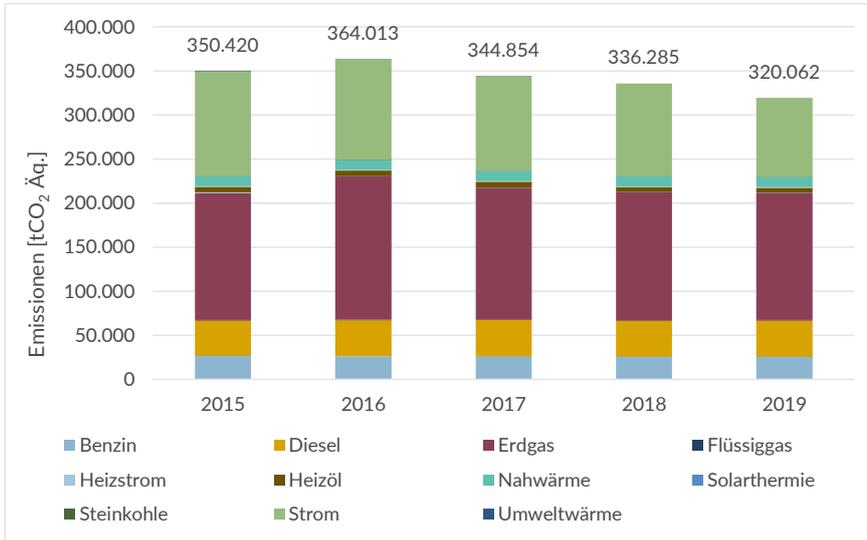


Abbildung 7: THG-Emissionen der Stadt Aurich nach Energieträgern

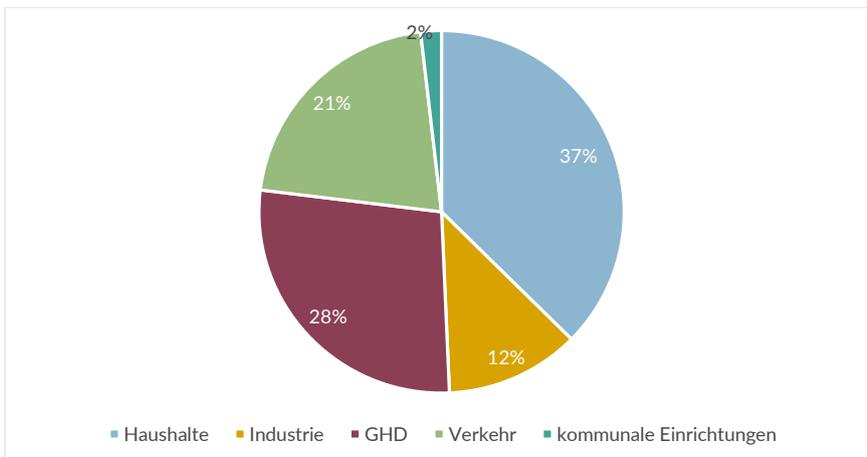


Abbildung 8: THG-Emissionen der Stadt Aurich 2019, prozentuale Verteilung der Sektoren

Im Jahr 2019 fällt der größte Anteil der THG-Emissionen mit 37 % auf die Haushalte. Es folgt mit 28 % der Sektor GHD sowie Verkehr mit 21 %. Der Sektor Industrie hat einen Anteil von 12 %. Durch die kommunalen Einrichtungen werden etwa 2 % der THG-Emissionen verursacht.

Gegenüber den absoluten Werten in Abbildung 7 werden die sektorspezifischen THG-Emissionen in Abbildung 9 auf die Einwohner der Stadt Aurich bezogen.

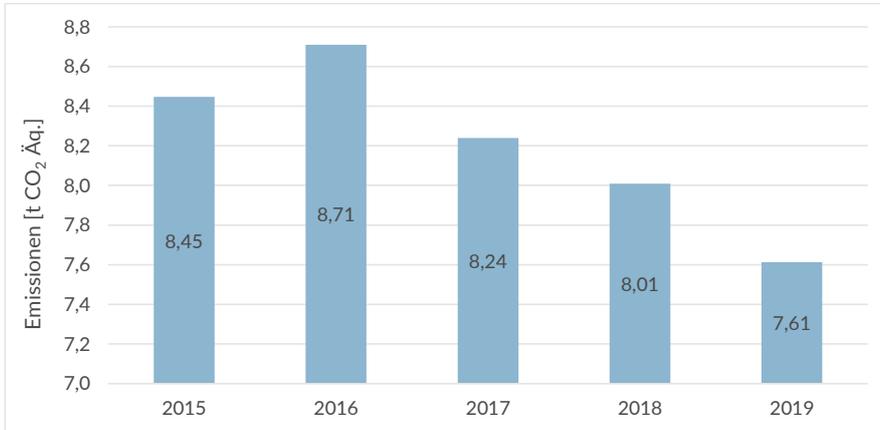


Abbildung 9: THG-Emissionen pro Einwohner der Stadt Aurich

Bezogen auf die Einwohner der Stadt Aurich betragen die THG-Emissionen pro Einwohner demnach 7,6 t CO<sub>2</sub> im Bilanzjahr 2019. Damit liegt die Stadt unterhalb des bundesweiten Durchschnitts von knapp 9,7 t/a<sup>2</sup>.

In Abbildung 10 werden die aus den Energieverbräuchen resultierenden THG-Emissionen nach Energieträgern für die Gebäude und Infrastruktur dargestellt. Die THG-Emissionen der Gebäude und Infrastruktur betragen 252.111 t im Jahr 2019. In der Auswertung wird die Relevanz des Energieträgers Strom sehr deutlich: Während der Stromanteil am Endenergieverbrauch der Gebäude und Infrastruktur knapp 22 % beträgt, beträgt er an den THG-Emissionen rund 35 %. Ein bundesweit klimafreundlicherer Strom-Mix mit einem höheren Anteil an erneuerbaren Energien und somit geringeren Emissionsfaktoren, würde sich reduzierend auf die Höhe der THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch des Stadt Aurich auswirken. Die Reduzierung der Emissionen ist hauptsächlich auf den zurückgehenden Stromverbrauch und den stetig sinkenden Emissionsfaktor für den Energieträger Strom zurückzuführen.

<sup>2</sup> Ergebnis aus eigener Berechnung mithilfe der Emissionen des UBA (UBA, 2021) und des Bevölkerungsstandes des Statistischen Bundesamtes (statistisches Landesamt, 2021)

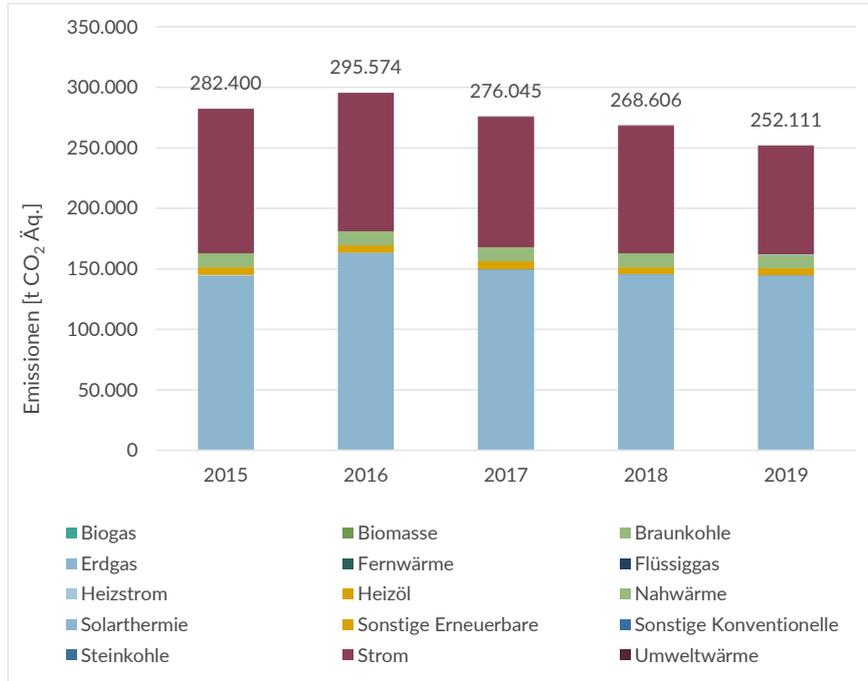


Abbildung 10: TGH-Emissionen Gebäude und Infrastruktur nach Energieträgern

## 2.2 REGENERATIVE ENERGIEN

Neben den Energieverbräuchen und den Emissionen sind auch die erneuerbaren Energien und deren Erzeugung im Stadtgebiet von hoher Bedeutung. Im Folgenden wird zum einen auf den Energieträger Strom sowie auf die regenerativ erzeugte Wärme im Stadtgebiet eingegangen.

### 2.2.1 Strom

Zur Ermittlung der Strommenge, die aus erneuerbaren Energien hervorgeht, wurden die Daten der EWE Netz GmbH verwendet. Die Abbildung 11 zeigt die EEG-Einspeisemengen nach Energieträgern für die Jahre 2015 bis 2019 von Anlagen im Stadtgebiet Aurich.

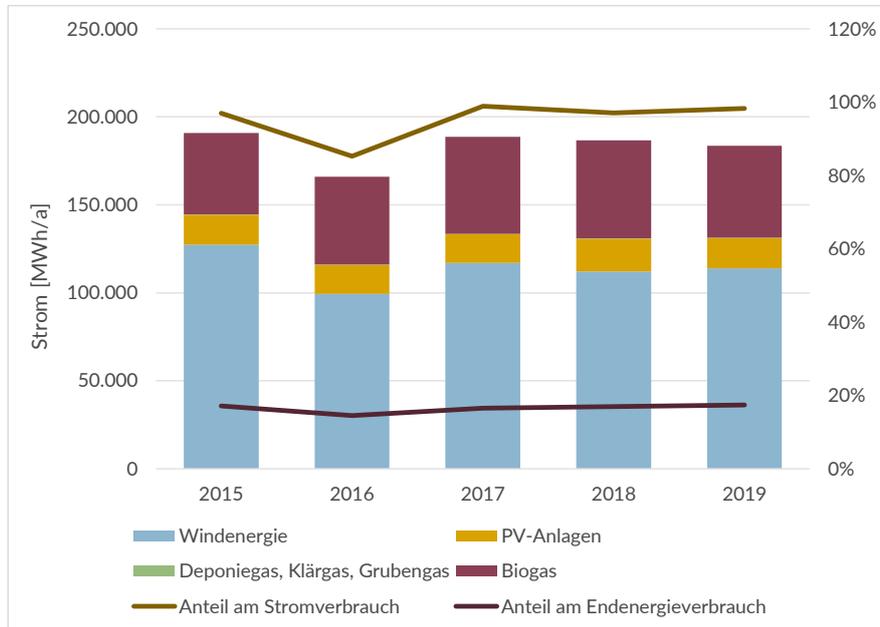


Abbildung 11: Stromerzeugung aus EE-Anlagen im Stadtgebiet Aurich

Die Erzeugungsstruktur gründet sich im Jahr 2019 mit einem Anteil von ca. 62 % auf den Energieträger Wind und mit 29 % auf Biomasse. PV-Anlagen im Stadtgebiet erzeugen etwa 9 % und der Energieträger Deponiegas weit unter 0,1 % des eingespeisten Stromes. Innerhalb des betrachteten Zeitraums sind diskontinuierliche leicht sinkende Einspeisemengen der Windkraft zu beobachten.

Der Anteil des erneuerbaren Stromes am Gesamtenergieverbrauch inkl. Wärme liegt bei etwa 17 %. Mit 183.630 MWh in Bilanzjahr 2019 wurden im Stadtgebiet Aurich ca. 98 % des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien gewonnen. Dieser Wert liegt weit über dem Bundesdurchschnitt von 42 %. Dieser Anteil wirkt sich im Rahmen der THG-Bilanzierung jedoch nicht auf den Emissionsfaktor für Strom aus, da der aufgeführte Strom nach EEG vergütet wurde und somit dem nationalen Strom-Mix zugerechnet wird. Er wird also bilanziell nicht direkt in Aurich verbraucht, sondern im gesamten Bundesgebiet.

### 2.2.2 Wärme

Zur Berechnung der regenerativ erzeugten Wärmemenge werden die Daten für Nahwärme aus Biogas, Solarthermie, Umweltwärme und Biomasse (Holz) verwendet. Die nachfolgende Abbildung 12 verdeutlicht dabei den prozentualen Anteil der regenerativen Wärmeerzeugung im Jahr 2019, die Tabelle 3 beinhaltet die regenerativen Wärmeproduktionswerte in Megawattstunden.

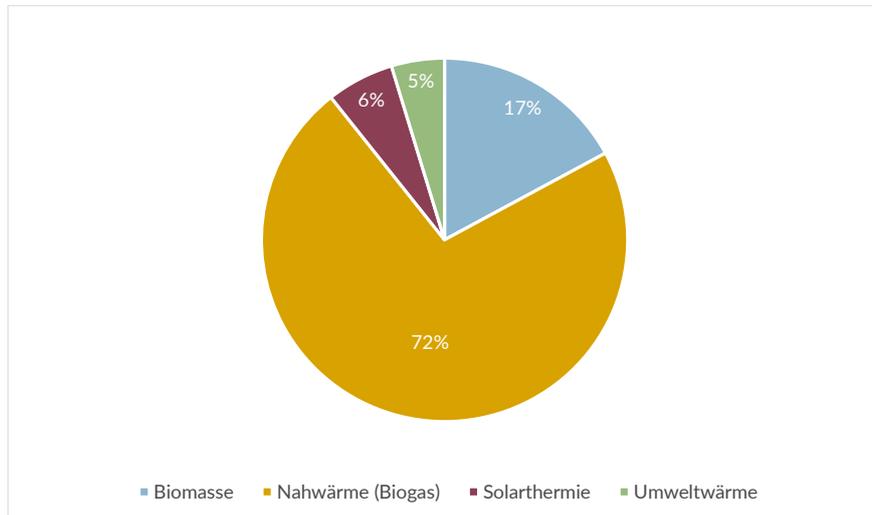


Abbildung 12: Regenerative Wärmeerzeugung 2019

Tabelle 3: Regenerative Wärmeproduktion der Stadt Aurich im Jahr 2019 in MWh

Energieträger	Wärmemenge [MWh/a]
Solarthermie	3.638
Umweltwärme	2.886
Biomasse (Holz)	10.515
Nahwärme (Biogas)	44.493
Summe	61.532

Mit insgesamt 89 % (Biomasse 72 %, Biogas 17 %) werden der Großteil der erneuerbaren Wärme aus Biomasse gewonnen. Mit 5 % und 6 % haben Umweltwärme und Solarthermie einen vergleichsweise geringen Anteil. Der Gesamtwärmeverbrauch in der Stadt Aurich beträgt 663.932 MWh/a. Die Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energieträgern beträgt 61.532 MWh/a und deckt damit bilanziell einen Anteil von 9 % am Gesamtwärmeverbrauch.

### 2.3 FAZIT

Der Endenergieverbrauch der Stadt Aurich beträgt 1.070.721 MWh im Jahr 2019. Die Haushalte haben mit etwa 41 % den höchsten Anteil des Endenergieverbrauchs aufgewiesen. Dem Sektor Wirtschaft sind 38 % des Endenergieverbrauchs zuzuordnen (Industrie: 13 %; Gewerbe: 25 %). Der Sektor Verkehr hat einen Anteil von ca. 20 % und die kommunalen Liegenschaften haben lediglich einen Anteil von etwa 2 % am Endenergieverbrauch der Stadt.

Die Aufschlüsselung des Energieträgereinsatzes für den stationären Einsatz (umfasst die Sektoren Wirtschaft, Haushalte und Kommune) ergab für den Energieträger Strom im Bilanzjahr 2019 einen Anteil von rund 22 %. Daraus resultiert ein Brennstoffanteil von 78 %.

Bei den Brennstoffen kommt vorrangig Erdgas zum Einsatz. Das Stadtgebiet Aurich ist nahezu flächendeckend mit einem Erdgasnetz ausgestattet.

Die aus dem Endenergieverbrauch der Stadt Aurich resultierenden Emissionen summieren sich im Bilanzjahr 2019 auf 320.062 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Die Anteile der Sektoren korrespondieren in etwa mit ihren Anteilen am Endenergieverbrauch. Werden die THG-Emissionen auf die Einwohner bezogen, ergibt sich ein Wert von 7,61 t CO<sub>2</sub>/a. Damit liegt Aurich mit etwa 2,1 t CO<sub>2</sub>/a unter dem Bundesdurchschnitt.

Die regenerative Stromproduktion im Stadtgebiet nimmt verglichen mit dem Stromverbrauch der Stadt Aurich einen Anteil von 98 % im Jahr 2019 ein, wobei Windenergie und Biogas den größten Anteil beisteuert. Die regenerative Wärmeerzeugung mit Holz, Solarthermie, Umweltwärme und Nahwärme aus Biogas erreicht einen Anteil von rund 9 % am Wärmeverbrauch der Stadt Aurich im Jahr 2019. Damit liegt die erneuerbare Energieerzeugung mit Strom und Wärme bei 24 % des gesamten Endenergieverbrauchs.

### 3 POTENTIALANALYSE

Die Potenzialanalyse der Stadt Aurich betrachtet, neben den Einspar- und Effizienzpotenzialen, auch die Potenziale im Ausbau von erneuerbaren Energien. Hierbei werden z.T. bereits Szenarien herangezogen. Das Klimaschuttszenario 2045, welche starken Veränderungen und eine maximale Ausnutzung aller bestehenden Potenziale in Richtung Klimaschutz prognostiziert und das Klimaschuttszenario 2035, welches eine Ausnutzung vieler Potenziale bereits bis zum Jahr 2035 voraussetzt.

#### 3.1 EINSPARUNGEN UND ENERGIEEFFIZIENZ

Folgend werden die Einsparpotenziale der Stadt Aurich in den Bereichen Private Haushalte, Wirtschaft und Verkehr betrachtet und analysiert

##### 3.1.1 Private Haushalte

Gemäß der Energiebilanz im Jahr 2019 der Stadt Aurich entfallen rund 41 % der Endenergie auf den Sektor der privaten Haushalte. Ein erhebliches THG-Einsparpotenzial der privaten Haushalte liegt insbesondere in den Bereichen Gebäudesanierung und Heizenergieverbrauch, aber auch in Einsparungen beim Strombedarf.

##### Gebäudesanierung

Das größte Potenzial im Sektor der privaten Haushalte liegt im Wärmebedarf der Gebäude. Durch die energetische Sanierung des Gebäudebestands können der Endenergiebedarf und damit der THG-Ausstoß erheblich reduziert werden. Die nachfolgende Abbildung 13 stellt die Einsparpotenziale von Gebäuden nach Baualtersklassen dar.

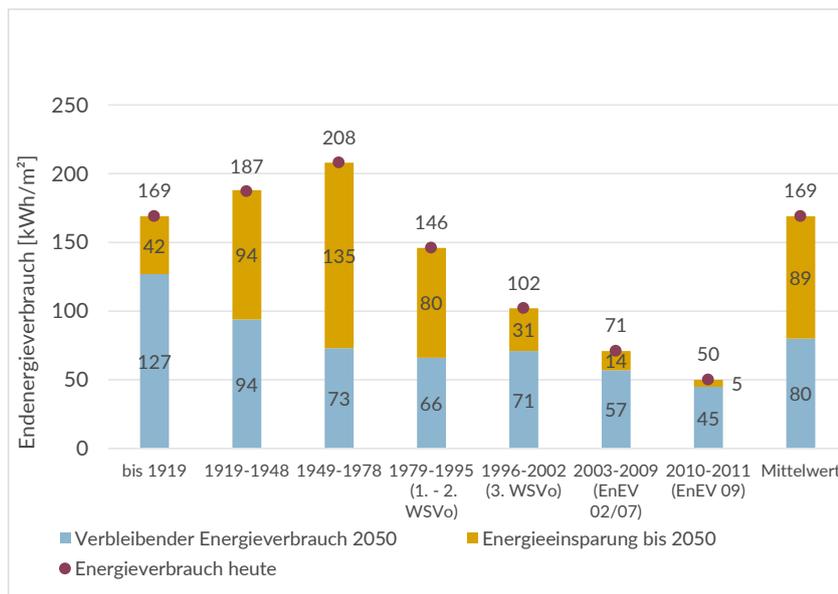


Abbildung 13: Verteilung des flächenbezogenen Energieverbrauches heute und des Einsparpotentials 2050 [kWh/m²] (BMW, 2014)

Der zukünftige Heizwärmebedarf der Wohngebäude in der Stadt Aurich wird auf Grundlage des berechneten Ist-Heizwärmebedarfes dargestellt und wurde mittels Zensus-Daten (2011) zu den Gebäudetypen und Gebäudegrößen sowie Heizwärmebedarfen aus der Gebäudetypologie Deutschland (IWU, 2015) hochgerechnet.

Für die Berechnung des zukünftigen Heizwärmebedarfes werden jeweils drei Korridore für die zwei Szenarien „Trendszenario“ und „Klimaschutzszenario“ angegeben. Die drei Korridore definieren sich über folgende unterschiedliche Sanierungsraten:

1. Variante: Sanierungsrate linear: Beschreibt das Ziel der Vollsanierung von 100 % der Gebäude bis zum Zieljahr und nimmt eine lineare Sanierungstätigkeit an
2. Variante: Sanierungsrate linear: liegt die Annahme einer Sanierungsrate von 0,8 % im Trendszenario pro Jahr zu Grunde. Im Klimaschutzszenario werden 1,5 % Sanierungsrate angenommen.
3. Variante: Sanierungsrate variabel: Beschreibt ebenfalls, wie Variante 1, das Ziel der Vollsanierung von 100 % der Gebäude bis zum Zieljahr, nimmt aber eine variable, gestaffelte Sanierungstätigkeit an, sodass die Sanierungsquoten von 1,5 % pro Jahr bis zu 6 % reichen.

Für den Wohngebäudebestand ergeben sich in der Stadt Aurich für die Sanierungsvariante des Trendszenarios (konventionelle Sanierung) folgende Einsparpotenziale:

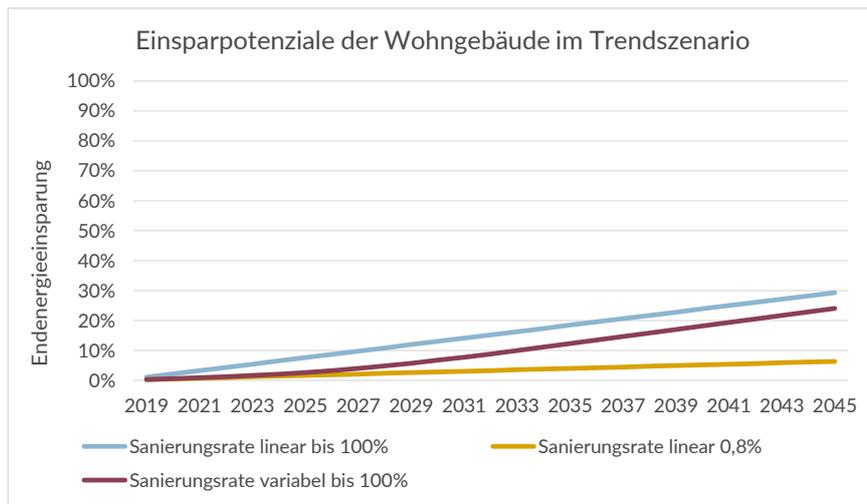


Abbildung 14: Einsparpotenziale der Wohngebäude "Trendszenario" saniert bis 2045 (Quelle: eigene Darstellung)

Für die Sanierungsvariante des Trendszenarios ergeben sich damit Einsparpotenziale von bis zu 30 %.

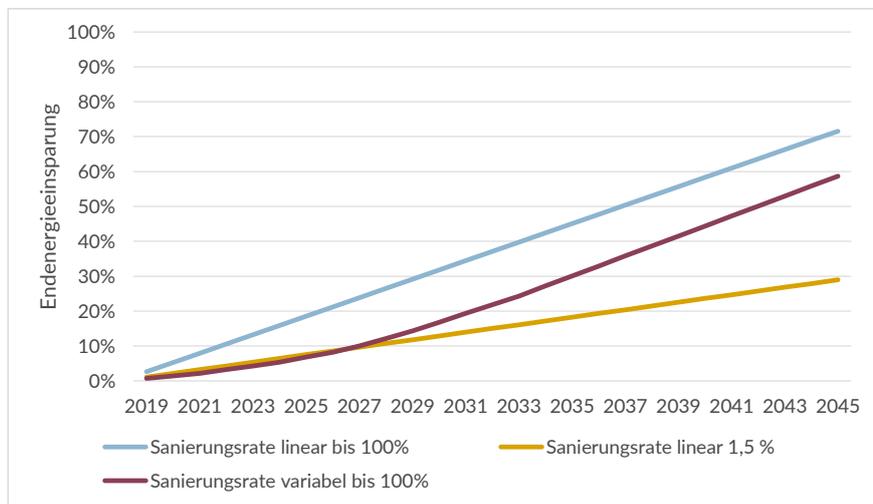


Abbildung 15: Einsparpotentiale der Wohngebäude "Klimaschutzszenario" saniert bis 2045 (Quelle: eigene Darstellung)

Im Klimaschutzszenario belaufen sich die Einsparpotenziale durch die Sanierung auf einen KfW 40-Standard auf etwa 72 %. Hier muss die Sanierung allerdings 10 Jahre früher stattfinden als im Trendszenario.

Um die Potenziale zu heben, muss die Sanierungsquote stark gesteigert werden. Da hier kein direkter Zugriff durch die Stadtverwaltung möglich ist, müssen die Eigentümerinnen und Eigentümer zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit, Ansprache von Akteuren (Handwerkerinnen und Handwerker, Beraterinnen und Berater, Wohnungsgesellschaften). Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die finanzielle Förderung von privaten Sanierungsvorhaben. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die KfW) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

### Strombedarf

Zukünftig wird sich durch die steigende Energieeffizienz der Geräte und durch sich stetig änderndes Nutzerverhalten der Strombedarf in den Haushalten verändern.

Die hier angewandte Methodik zur Berechnung des Gerätebestandes basiert auf der „Bottom-Up-Methodik“. Dabei wird aus der Zusammensetzung des durchschnittlichen Gerätebestandes eines Haushaltes, die Anzahl für das gesamte Stadtgebiet hochgerechnet. Als Grundlage der Haushaltsgrößen wurden kommunale Daten aus dem Jahr 2011 zugrunde gelegt. Die Anzahl der Haushalte beläuft sich für die Stadt Aurich auf 12.395 (Mikrozensus, 2011).

Zur Berechnung der Stromverbräuche der Haushalte wurden die verschiedenen Geräte zu Gerätegruppen zusammenzufasst.

Tabelle 4: Gruppierung der Haushaltsgeräte

Gerätegruppe	Beispiel
Bürogeräte	PC, Telefoniegeräte, IKT-Geräte, ISDN-Anlagen, Router
TV	TV, Beamer
Unterhaltungskleingeräte	Receiver, DVD-/Blu-Ray-/HDD-Player, Spiel-Konsolen
Kochen und Backen	Elektroherd, Backofen
Kühlen und Gefrieren	Kühlgeräte, Kühl- und Gefrierkombinationen, Gefriergeräte
Licht/ Beleuchtung	diverse Leuchtmittel
Wasserversorgung	Zirkulationspumpe Trinkwarmwasser
Waschen/ Trocknen/ Spülen	Waschmaschine, Spülmaschine, Trockner, Waschtrockner
Haushaltskleingeräte	Haartrockner, Toaster, Kaffeemaschine, Bügeleisen

Es wird angenommen, dass die Haushaltsgeräte stetig durch neuere Geräte mit höherer Effizienz ersetzt werden. Durch die jeweilige Anpassung des Effizienzsteigerungsfaktors kann so der jeweilige spezifische Strombedarf für die kommenden Jahre errechnet werden.

Für den spezifischen, durchschnittlichen Haushaltsstrombedarf in der Stadt Aurich ergibt sich folgende Darstellung:

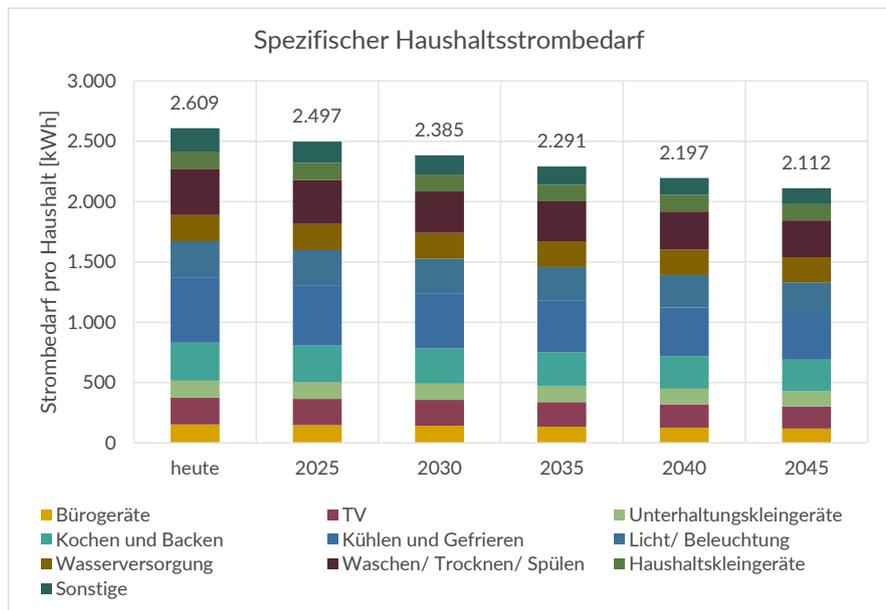


Abbildung 16: Spezifischer Haushaltsstrombedarf im kWh pro Jahr und Haushalt in Aurich (Quelle: eigene Darstellung)

Für das Jahr 2045 ergibt sich ein gesamter Haushaltsstrombedarf von rund 2.112 kWh, was eine Reduzierung des Strombedarfs gegenüber der aktuellen Situation von etwa 497 kWh bedeutet.

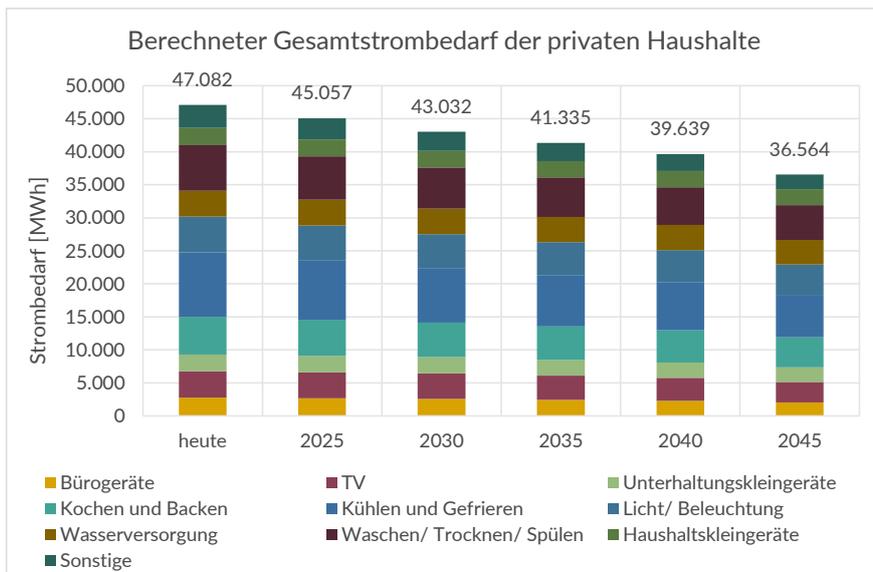


Abbildung 17: Gesamtstrombedarf der Haushalte in Aurich (Quelle: eigene Darstellung)

### Einfluss des Nutzerverhaltens (Suffizienz)<sup>3</sup>

Das Endenergieeinsparpotenzial durch die Effizienzsteigerung der Geräte kann jedoch durch die Ausstattungsraten und das Nutzerverhalten (Suffizienz) begrenzt werden. Eine rein technische Betrachtung führt stets zu einer starken Verminderung des Haushaltsstrombedarfs.

In der Realität zeigt sich, dass besonders effiziente Geräte zu sogenannten Rebound-Effekten führen. Das bedeutet, dass mögliche Stromeinsparungen durch neue Geräte, beispielsweise durch die stärkere Nutzung dieser oder durch die Anschaffung von Zweitgeräten (Beispiel: der alte Kühlschrank wandert in den Keller und wird dort weiterhin genutzt), begrenzt oder sogar vermindert werden (Sonnberger, 2014). Andererseits kann auch das Gegenteil eintreten, wobei energieintensive Geräte weniger genutzt werden. Des Weiteren ist es bei einigen Geräten auch schlichtweg nicht möglich, große Effizienzsteigerungen zu erzielen. Deshalb ist der Strombedarf in der Zielvision für 2045 nicht um ein Vielfaches geringer als in der Ausgangslage.

### 3.1.2 Wirtschaft

Im industriellen Bereich liegen die Einsparpotenziale vor allem im effizienteren Umgang mit Prozesswärme (Brennstoffe) und mechanischer Energie (Strom). Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) wird dagegen ein großer Teil der Energie zur Bereitstellung von

<sup>3</sup> Suffizienz steht für das „richtige Maß“ im Verbrauchsverhalten der Nutzerinnen und Nutzer und kann auf alle Lebensbereiche übertragen werden.

Raumwärme sowie zur Beleuchtung und Kommunikation eingesetzt. Abbildung 18 zeigt die unterschiedlichen Einsparpotenziale nach Querschnittstechnologien.

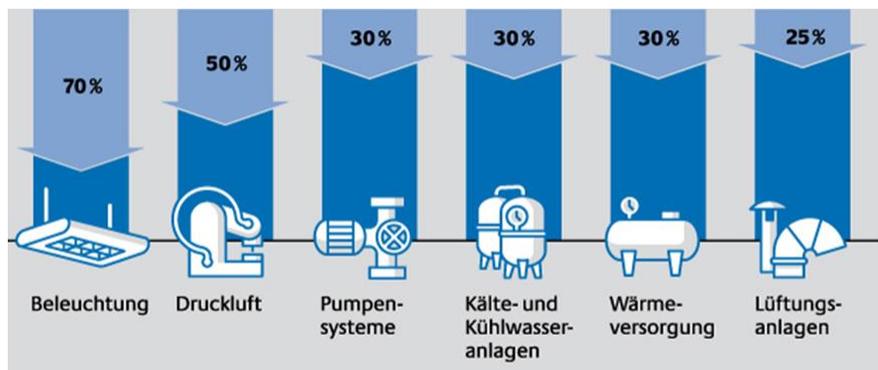


Abbildung 18: Energieeinsparpotenziale in der Wirtschaft nach Querschnittstechnologien (dena, 2014)

Für die Ermittlung der Einsparpotenziale von Industrie und GHD wird auf eine Studie des Institutes für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES, 2015) zurückgegriffen. Diese weist in den zwei verschiedenen Szenarien Potenziale für die Entwicklung des Energiebedarfes in Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung aus. Für die Berechnung werden folgende Größen verwendet:

- ▶ Spezifischer Effizienzindex: Entwicklung der Energieeffizienz der entsprechenden Technologie bzw. der Effizienzpotenziale im spezifischen Einsatzbereich.
- ▶ Nutzungsintensitätsindex: Intensität des Einsatzes einer bestimmten Technologie, bzw. eines bestimmten Einsatzbereiches. Hier spiegelt sich in starkem Maße auch das Nutzerverhalten oder die technische Entwicklung hin zu bestimmten Anwendungen wider.
- ▶ Resultierender Energiebedarfsindex: Aus der Multiplikation von spezifischem Effizienzindex und Nutzungsintensitätsindex ergibt sich der Energiebedarfsindex. Mit Hilfe dieses Wertes lassen sich nun Energiebedarfe für zukünftige Anwendungen berechnen. Dies geschieht, indem der heutige Energiebedarf mit dem resultierenden Energiebedarfsindex für 2045 multipliziert wird.

Nachfolgend werden die der Entwicklung der Bedarfe zugrundeliegenden Werte in der Tabelle 5 dargestellt. Hierbei werden in den zwei Szenarien „Trend“ und „Klimaschutz“ **kein** Wirtschaftswachstum angenommen.

Wie zu erkennen ist, werden, außer bei Prozesswärme und Warmwasser, in sämtlichen Bereichen hohe Effizienzgewinne angesetzt. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wird eine stark steigende Nutzungsintensität prognostiziert. Die übrigen Bereiche werden in der Nutzung gleichbleiben oder abnehmen.

Tabelle 5: Grundlagendaten für Trend- und Klimaschutzszenario

Grundlagendaten Trendszenario				
	Energiebedarfsindex 2010	Spezifischer Effizienzindex 2050	Nutzungseffizienzindex 2050	Resultierender Energiebedarfsindex 2045
Prozesswärme	100 %	95 %	90 %	88 %
Mech. Energie	100 %	80 %	90 %	76 %
IKT	100 %	67 %	151 %	101 %
Kälteerzeuger	100 %	75 %	100 %	79 %
Klimakälte	100 %	75 %	100 %	79 %
Beleuchtung	100 %	55 %	100 %	55 %
Warmwasser	100 %	95 %	100 %	95 %
Raumwärme	100 %	60 %	100 %	60 %

Grundlagendaten Klimaschutzszenario				
	Energiebedarfsindex 2010	Spezifischer Effizienzindex 2050	Nutzungseffizienzindex 2050	Resultierender Energiebedarfsindex 2045
Prozesswärme	100 %	95 %	90 %	88 %
Mech. Energie	100 %	67 %	90 %	67 %
IKT	100 %	67 %	151 %	101 %
Kälteerzeuger	100 %	67 %	100 %	72 %
Klimakälte	100 %	67 %	100 %	72 %
Beleuchtung	100 %	55 %	100 %	55 %
Warmwasser	100 %	95 %	90 %	86 %
Raumwärme	100 %	45 %	100 %	45 %

Die oben dargestellten Parameter werden nachfolgend auf die Jahre 2019 bis 2045 in 5-Jahresschritten hochgerechnet. Dabei wird vor allem für den letzten Schritt ein Technologiesprung angenommen, der zu einer Beschleunigung der Energieeinsparungen führt. Nachfolgende

Abbildung 19 zeigt die addierten Ergebnisse der Berechnungen für GHD und Industrie und damit für den gesamten Wirtschaftssektor.

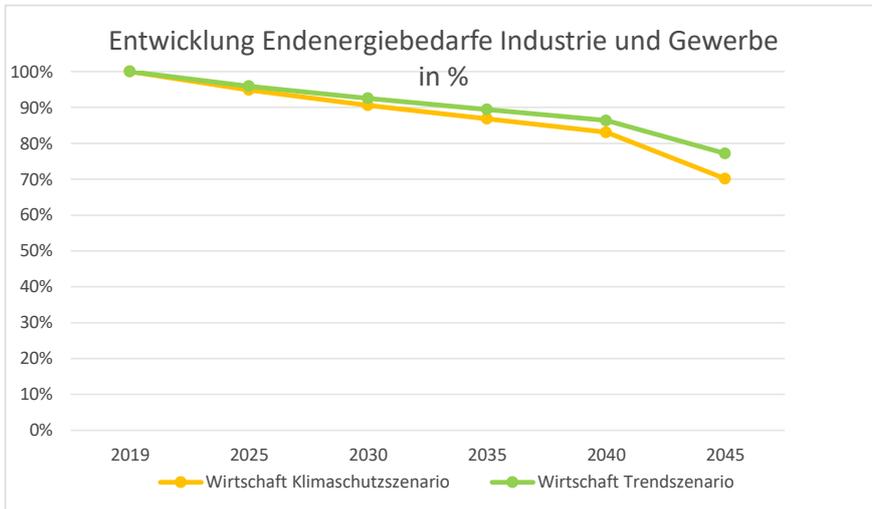


Abbildung 19: Entwicklung der Energiebedarfe von Industrie und Gewerbe in der Stadt Aurich in Prozent (Quelle: eigene Darstellung)

Im Trendszenario können bis zu 23 % Endenergie eingespart werden. Das Klimaschutzszenario führt zu Einsparungen von 30 %.

Die Potenziale können auch nach Anwendungsbereichen und Energieträgern (Strom oder Brennstoff) aufgeteilt dargestellt werden. Die folgende Abbildung 20 zeigt die Strom- und Brennstoffbedarfe nach Anwendungsbereichen für das Jahr 2019 sowie für das Jahr 2045 in den verschiedenen Szenarien.

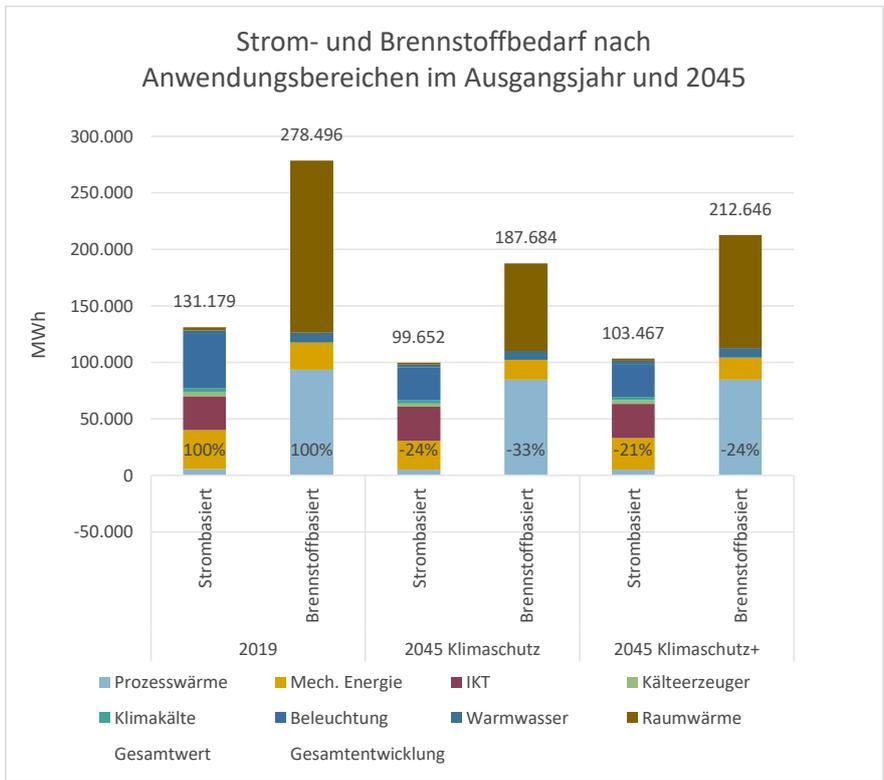


Abbildung 20: Strom- und Brennstoffbedarf nach Anwendungsbereichen 2019 und 2045 (Quelle: eigene Darstellung)

Es wird ersichtlich, dass in der Stadt Aurich, auch im Wirtschaftssektor, vor allem Einsparpotenziale im Bereich der Raumwärme liegen. So kann im Klimaschutzzszenarien ca. 49 % des Raumwärmebedarfs eingespart werden.

Über alle Anwendungsbereiche hinweg können bis 2045 insgesamt bis zu 31.527 MWh Strom eingespart werden. Diese sind vor allem im Bereich der mechanischen Energie und der Beleuchtung und werden durch den Einsatz effizienterer Technologien ermöglicht.

Um insbesondere das Potenzial der Räumwärme zu heben, sollte die Sanierungsquote gesteigert werden. Da auch hier kein direkter Zugriff durch die Stadtverwaltung möglich ist, müssen die Unternehmen zur Sanierung motiviert werden. Dies geht vor allem über Öffentlichkeits- und Netzwerkarbeit, Ansprache von Akteuren (Handwerkerinnen und Handwerker, Beraterinnen und Berater, Wohnungsgesellschaften). Ein weiterer Ansatzpunkt wäre die finanzielle Förderung von Sanierungsvorhaben. In diesem Bereich sind jedoch eher Land oder Bund (über die KfW) tätig und zur Absenkung bürokratischer Hürden bei Antragstellung und Förderung gefordert.

Über gesetzgeberische Aktivitäten ließen sich zudem Standards für Energieeffizienz anheben. Auch hier sind Land, Bund oder EU aufgefordert, aktiv zu werden. Ein zusätzlicher Anreiz zu energieeffizienter Technologie und rationellem Energieeinsatz können künftige

Preissteigerungen im Energiesektor sein. Dies wird jedoch entweder über die Erhebung zusätzlicher bzw. Anhebung von bestehenden Energiesteuern erreicht oder über Angebot und Nachfrage bestimmt

### 3.1.3 Verkehrssektor

Der Sektor Verkehr bietet im Standort Aurich langfristig hohe Einsparpotenziale. In naher Zukunft sind diese vor allem über Wirkungsgradsteigerungen konventioneller Antriebe absehbar. Je nach Szenario sind bis 2030 19 % bis 31 % THG-Einsparungen im Verkehrssektor zu erreichen (Öko-Institut, 2012). Bis zum Zieljahr ist jedoch davon auszugehen, dass ein Technologiewechsel auf alternative Antriebskonzepte (z.B. E-Motoren, Brennstoffzellen) stattfinden wird. In Verbindung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien im Stromsektor (entweder im Stadtgebiet gewonnen oder von außerhalb zugekauft) kann dadurch langfristig von einem hohen Einsparpotenzial ausgegangen werden. Die Stadtverwaltung Aurich kann, neben der Öffentlichkeitsarbeit zur Nutzung des ÖPNV und eine höhere Auslastung von Pendlerfahrzeugen sowie der Schaffung planerischer und struktureller Rahmenbedingungen zur Umgestaltung des inner- und außerörtlichen Verkehrs, kaum direkten Einfluss auf die Entwicklungen in diesem Sektor nehmen. Im Rahmen dieser Analyse wird daher im Sektor Verkehr lediglich der Verkehr der Straße ohne den Autobahnanteil betrachtet.

Aufbauend auf einer Mobilitätsstudie des Öko-Instituts (Öko-Institut, 2015) wurden die Entwicklungen der Fahrleistung sowie die Entwicklungen der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte für drei unterschiedliche Szenarien hochgerechnet. Dabei wurden vorhandene Daten, wie z.B. zurückgelegte Fahrzeugkilometer und der Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs ohne Autobahnanteil, verwendet. Des Weiteren werden für die Verkehrsmengenentwicklung und die Effizienzsteigerungen je Verkehrsmittel, Faktoren aus der Studie „Klimaschutzszenario 2050“ (vgl. (Öko-Institut, 2015) 223ff) herangezogen.

Die Potenzialberechnungen erfolgen für ein Trend- und für ein Klimaschutzszenario. Für das Trendszenario werden die Faktoren aus dem „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“, für das Klimaschutzszenario Faktoren aus dem „Klimaschutzszenario 95 (KS95)“ verwendet (vgl. (Öko-Institut, 2015) 223 ff). Dabei stellt das Klimaschutzszenario jeweils die maximale Potenzialerschöpfung dar.

#### **Randbedingungen „Klimaschutzszenario 95“**

Das „Klimaschutzszenario 95“ beschreibt eine umfassendere Änderung des Mobilitätsverhaltens jüngerer Menschen, die immer weniger einen eigenen Pkw besitzen und stattdessen vermehrt CarSharing-Angebote nutzen. Damit ist auch die Erhöhung des intermodalen Verkehrsanteils verbunden, bei dem das Fahrrad als Verkehrsmittel eine zentrale Rolle spielt. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Mobilitätsverhalten auch im weiteren Altersverlauf der Personen noch beibehalten wird (vgl. (Öko-Institut, 2015) 233).

Des Weiteren wurden für dieses Szenario veränderte Geschwindigkeiten, eine erhöhte Auslastung der Pkw (erhöhte Besetzungsgrade) und die Verteuerung des motorisierten Individualverkehrs angenommen. Dadurch geht die Personenverkehrsnachfrage gegenüber dem „Aktuelle-Maßnahmen-Szenario“ zurück. Dabei bedeutet die abnehmende Personenverkehrsnachfrage nicht gleichzeitig eine Mobilitätseinschränkung, denn es findet eine Verkehrsverlagerung zum Fuß- und Radverkehr statt.

Bis zum Jahr 2030 ist die Reduktion des Endenergiebedarfes vor allem auf die Effizienzsteigerung der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Personen- und Güterverkehr und die

Verlagerung von Gütertransporten auf die Schiene und die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zurückzuführen. Die Elektrifizierung des Verkehrssektors findet größtenteils später, zwischen 2030 und 2050, statt (vgl. (Öko-Institut, 2015) 236).

Nachfolgend sind die Fahrleistungen für das Trend- und Klimaschutzenszenario berechnet worden. Daran schließen sich die Ergebnisse der Endenergiebedarfs- und Potenzialberechnungen für den Sektor Verkehr an.

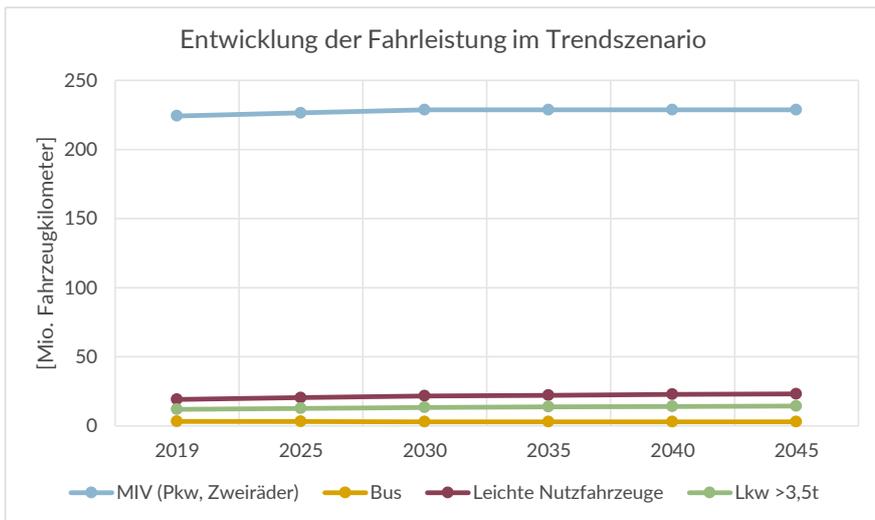


Abbildung 21: Entwicklung der Fahrleistungen in der Stadt Aurich bis 2045 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Trendszenario (Quelle: eigene Darstellung)

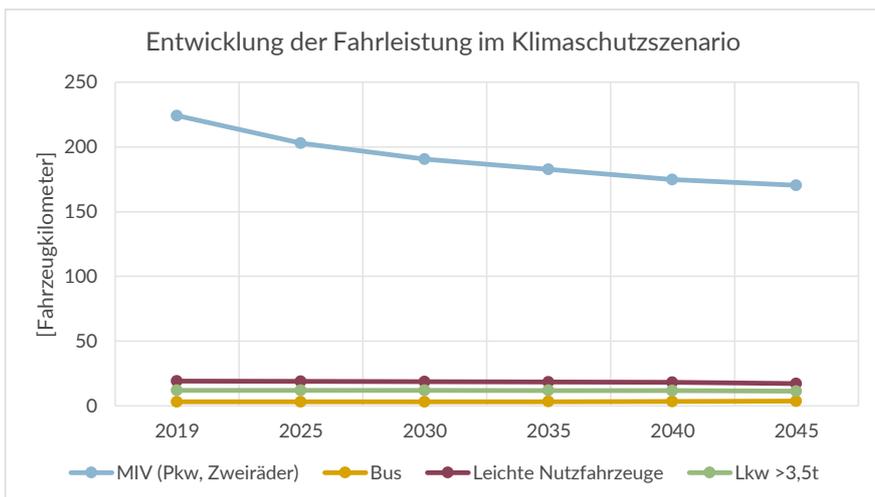


Abbildung 22: Entwicklung der Fahrleistungen in der Stadt Aurich bis 2045 in Millionen Fahrzeugkilometer nach dem Klimaschutzenszenario (Quelle: eigene Darstellung)

Die Entwicklung der Fahrleistungen im Trendszenario zeigt eine leichte Zunahme der Fahrleistungen sowohl im MIV als auch bei den Lkw, leichten Nutzfahrzeugen und Bussen.

Die Entwicklung der Fahrleistungen im Klimaschutzscenario hingegen zeigen eine Abnahme der Fahrleistungen im MIV und eine leichte Abnahme bei den Lkw und leichten Nutzfahrzeugen sowie eine Zunahme der Fahrleistung bei den Bussen bis 2045.

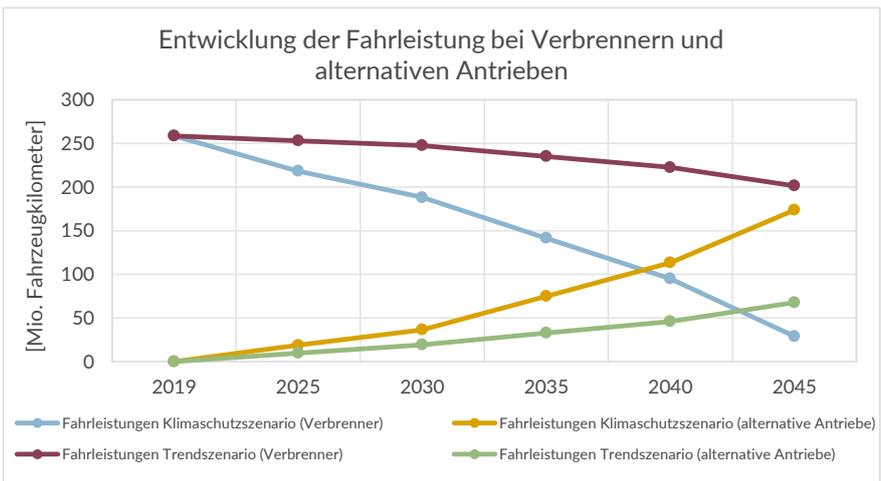


Abbildung 23: Entwicklung der Fahrleistungen in der Stadt Aurich bis 2045 in Millionen Fahrzeugkilometer nach Verbrennern und E-Fahrzeugen (Quelle: eigene Darstellung)

Neben der Veränderung der Gesamtfahrleistung im Verkehrssektor, verschiebt sich auch der Anteil der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor zugunsten von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb. Im Klimaschutzscenario ist zu erkennen, dass nach 2030 die Fahrleistung der E-Fahrzeuge die Fahrleistung der Verbrenner übertrifft. Für das Trendszenario gilt dies nicht. Hier ist die Fahrleistung der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor noch immer über der Leistung der E-Fahrzeuge.

### 3.2 ERNEUERBARE ENERGIEN

Erneuerbare Energien spielen eine wichtige Rolle in der zukünftigen Energieversorgung der Stadt Aurich. Nachfolgend werden die berechneten Potenziale für regenerative Energien dargestellt.

Die Potenziale für die Errichtung von erneuerbare Energien-Anlagen wurden verschiedenen Quellen entnommen, die in den jeweiligen Kapiteln genannt werden.

#### 3.2.1 Windenergie

Im Stadtgebiet Aurich befinden sich zwei Windparks und einige alleinstehende Windenergieanlagen (Abbildung 24). Laut Marktstammdatenregister gibt es 2022 32 Windenergieanlagen (WEA) mit einer Leistung von 59,96 MW im Stadtgebiet von Aurich.

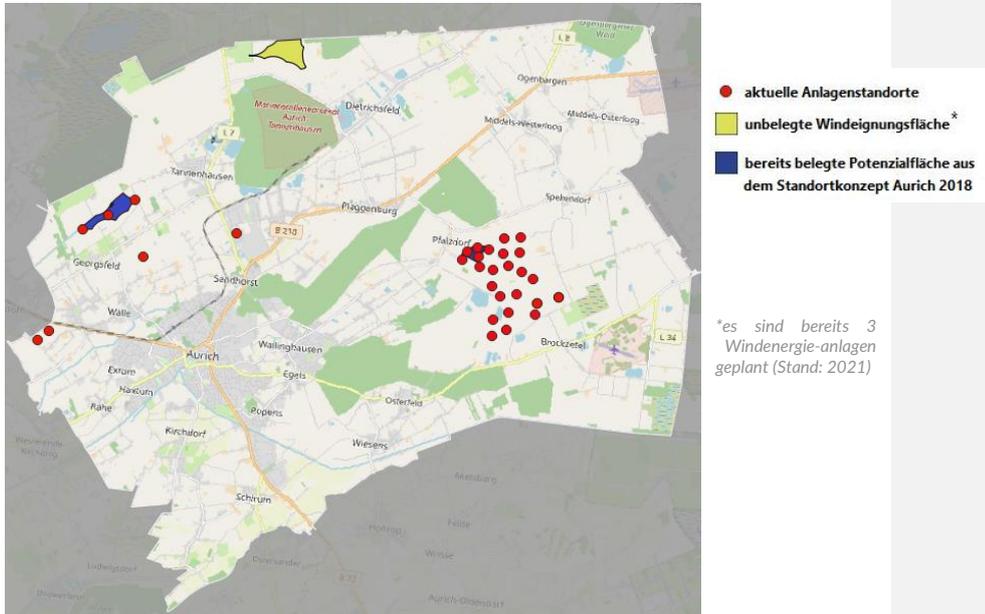


Abbildung 24 Bestehende Windkraftanlagen in Aurich

Aufgrund der naheliegenden Militärflughäfen, sowie der Radaranlagen Brockzettel und Wittmundhafen, sind WEA in großen Teilen des Stadtgebiets auf 100m Gesamthöhe begrenzt. Im Standortkonzept Aurich 2018 (Aurich, 2018) werden potenzielle Windeignungsgebiete untersucht. Im Ergebnis zeigt sich, dass zum jetzigen Zeitpunkt lediglich eine unbelegte Fläche für eine Erstaufstellung von WEA zugelassen werden kann (Abbildung 24: gelbe Fläche). Zusätzlich dazu besteht die Möglichkeit den Windpark Königsmoor im Osten der Stadt mit neuen leistungsstärkeren WEA zu ersetzen (Repoweringpotenzial).

Für die Berechnung der Potenziale werden folgende Annahmen zu Grunde gelegt:

*Tabelle 6: Referenzanlage zur Berechnung des Windpotenzials*

Rotordurchmesser	82m
Nabenhöhe	59m
Gesamthöhe	100m
Leistung	2,35 MW
Volllaststunden	2.500 h

**Erstbelegung/ Erweiterung**



Die Potenzialfläche zur Erstbelegung von Windanlagen im Nordwesten von Aurich umfasst rund 58 ha. Drei Windenergieanlagen sind derzeit in Planung (Stand 2021). Insgesamt bietet die Fläche Platz für 6 Windenergieanlagen. Somit könnten 14,1 MW Leistung mit einem Ertragspotenzial von 42.300 MWh auf dieser Fläche installiert werden.

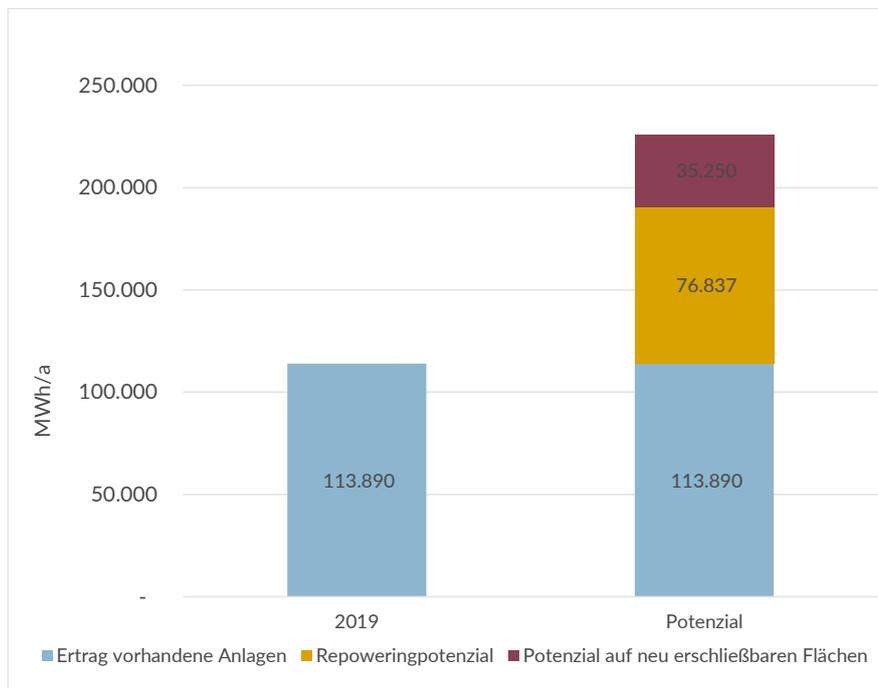


Abbildung 25: Windpotenzial der Stadt Aurich

**Repowering**

Die Windenergieanlagen im Windpark Königsmoor sind zum Großteil 2002 und in den Jahren davor errichtet worden. Damit fallen sie zeitnah aus der EEG-Förderung und bieten bei Ersatz aller Anlagen ein Repoweringpotenzial:

- 24 WEA mit jeweils 2,35 MW
- 56,4 MW

Abzüglich der im Jahr 2019 generierten Erträge berechnet sich ein Repoweringpotenzial von 76.837 MWh/a (siehe Abbildung 25).

Zusätzlich zu den bestehenden Anlagen ergibt daraus ein möglicher zukünftiger Ertrag von 225.977 MWh/a.

**3.2.2 Sonnenenergie**

**PV- Dachflächenpotenzial**

Die Vielzahl an Dachflächen der Ein- und Zweifamilienhäuser, sowie der Gewerbe- und sonstigen Dächern bieten ein hohes Flächenpotenzial für die Nutzung solarer Energie.

Zur Berechnung des Dachflächenpotenzial wurde die Wohngebäudegrundfläche und die Grundfläche für sonstige Immobilien wie z.B. Gewerbe aus den ALKIS-Daten ermittelt. Diese betragen 2.262.096 bzw. 2.153.564 m<sup>2</sup>.

Aufgrund von baulichen Einschränkungen der Gebäude wird angenommen, dass nur 70% der Gebäude in der Stadt Aurich mit Solaranlagen ausgestattet werden können. Davon wiederum werden 40% als nutzbare Dachfläche angenommen. Weiterhin wird angenommen, dass diese Dachfläche in einem Verhältnis von 80/20 für Photovoltaik- (PV) und Solarthermie genutzt wird (s. Tabelle 21 im Anhang).

Auf den sonstigen Dachflächen ist das Verhältnis PV zu Solarthermie 90/10, da Garagen und weitere unbeheizte Gebäude keine Wärme benötigen.

Für die Berechnung der PV-Potenziale wurden die folgenden Annahmen getroffen

Tabelle 7: Annahmen für die Berechnung der PV-Potenziale

**PV-Moduldaten**

Leistung	320	Wp/ Modul
Fläche	2	m <sup>2</sup> / Modul
Ertrag	800 <sup>4</sup>	kWh/kWp

Daraus berechnet sich für die Gebäude in Aurich ein PV-Potenzial von etwa **189,6 MWp** Leistung. Mit einem durchschnittlichen Ertrag von 800 kWh/kWp im Jahr, ergibt sich daraus ein Jahresertragspotential von 151.691 MWh.

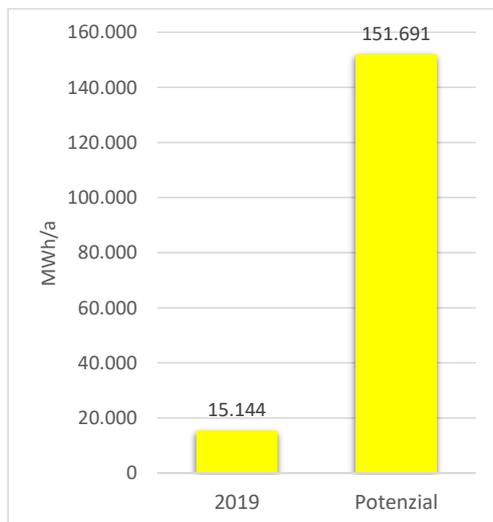


Abbildung 26: PV-Dachflächen-Potenzial der Stadt Aurich

2019 gab es einen Ertrag der PV-Dachflächen in Höhe von 15.144 MWh. Dies bedeutet, die Potenzialausschöpfung lag 2019 bei knapp 10%.

<sup>4</sup> Ertrag mit konservativer Annahme: 40° Neigung; 77° Richtung Westen oder Osten gedreht

### Solarthermie-Dachflächenpotenzial

Für die Nutzung von Solarthermie stehen 202.052 m<sup>2</sup> Dachfläche zur Verfügung. Mit einem spezifischen Ertrag von 450 kWh/m<sup>2</sup> berechnet sich daraus ein Jahresertrag 90.923 MWh/a.

2019 wurde davon bereits 3.674 MWh genutzt, dies bedeutet eine Potenzialausschöpfung von 4%.

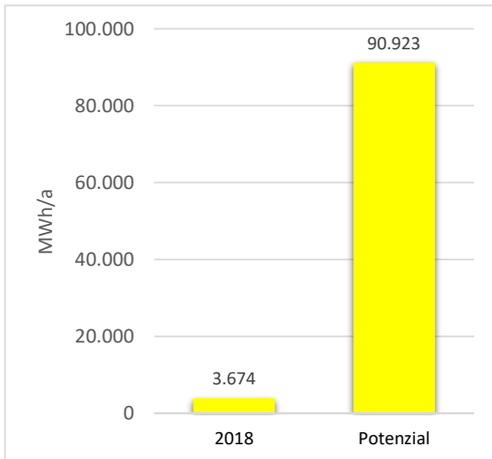


Abbildung 27: Solarthermiepotenzial der Stadt Aurich

### PV-Freiflächenpotenzial

Zur Aufstellung von PV-Freiflächenanlagen eignen sich besonders die EEG-geförderten Flächen entlang der Bahnstrecke im westlichen Teil der Stadt Aurich. Des Weiteren bieten sich Flächen entlang viel befahrener Straßen, Ackerflächen mit geringer Bodenfruchtbarkeit und Flächen unterhalb von Windkraftanlagen für Solarenergieerzeugung an. In Abbildung 28 sind die möglichen Flächen in der Stadt dargestellt.



Abbildung 28: PV-Freiflächenpotenzial Stadt Aurich (eigene Abbildung anhand der Daten von Agora Energiewende [Agora Energiewende, 2021])

Insgesamt wurde eine Fläche von 79,4 ha ermittelt. Unter den in Tabelle 8 getroffenen Annahmen ergibt sich ein Potenzial von 78.099 MWh/a.

Tabelle 8: Annahmen für die Berechnung der PV-Freiflächen-Potenziale<sup>5</sup>

Annahmen:		
Leistung	0,1	kW/m <sup>2</sup>
Ertrag	983 <sup>6</sup>	kWh/kWp

2019 wurden davon 2.184 MWh genutzt, dies bedeutet eine Potenzialausschöpfung von ca. 2,8%.

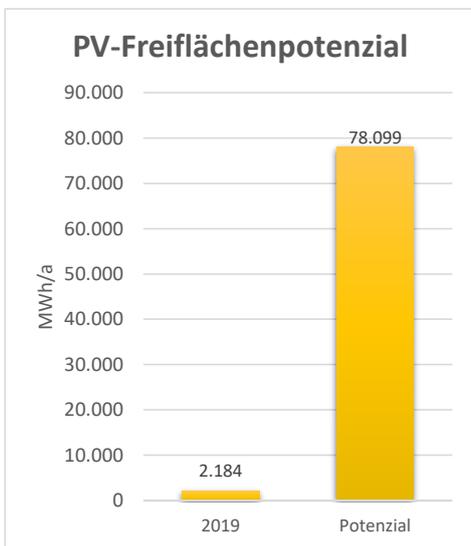


Abbildung 29: PV – Freiflächen-Potenzial Stadt Aurich

### 3.2.3 Biomasse

In der Stadt Aurich sind zahlreiche Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 10.229 kW in Betrieb. Aufgrund der hohen Anzahl der bereits gebauten Biogasanlagen und der Flächenkonkurrenz zu Nahrungsmittelpflanzen, wird in diesem Bericht kein weiteres Potenzial für den Anbau von Energiepflanzen aufgezeigt. Lediglich die Potenziale der Verwertung von Biomasse-Abfällen und Waldenergieholz werden dargestellt.

#### Waldenergieholz

Waldenergieholz setzt sich zusammen aus Holz, das im Rahmen der konventionellen Ernte von Nutzholz mit aufgearbeitet wird (Brennholz und Schwachholz) sowie Restholz, das bei der

<sup>5</sup> [Reiner Lemoine Institut, 2021] und mittlerer Ertrag von bestehenden PV-Freiflächenanlagen in Aurich

<sup>6</sup> Unterschied Dachflächenertrag 800 kWh/kWp und Freiflächenenertrag 983 kWh/kWp wegen besserer Ausrichtungsmöglichkeiten

traditionellen Nutzholzaufarbeitung im Bestand bleibt. Es wird derzeit vorwiegend als Scheitholz oder Hackschnitzel auf dem Markt angeboten. Weiterhin wird das Sortiment Industrieholz betrachtet, da es nach der stofflichen Nutzung zu Energieholz verarbeitet werden kann.

Für die Potenzialberechnung wurden Daten zum Holzeinschlag in Niedersachsen 2020 verwendet und auf die Stadt Aurich anhand des Anteils der Waldflächen heruntergerechnet. Für die energetische Verwertung werden die in Tabelle 9 dargestellten Holzanteile in die Betrachtung einbezogen [LWF, 2006] angenommen. Des Weiteren wird für die Rinde ein zusätzliches Volumen von 9% und einer 8%-igen Mehrausbeute des Derbholzes auf 50 % der Fläche ausgegangen. Tabelle 9 zeigt die daraus berechneten Mengen und den dazugehörigen Energiegehalt differenziert nach den einzelnen Fraktionen.

Kommentiert [ZEG1]: Prüfen

Tabelle 9: Berechnung für die Nutzung von Waldholz

	Ertrag [m³/a]	Wärmegehalt [MWh/a]
100% des Energieholzanteils	725,34	1.912
100% Industrieholz	2.947,47	7.768
10% des Stammholzes	685,14	1.806
100% NH	62,15	164
100% Rinde	881,90	741
100% Derbholz	423,45	889
<b>Gesamt</b>	<b>5.725,45</b>	<b>13.279</b>

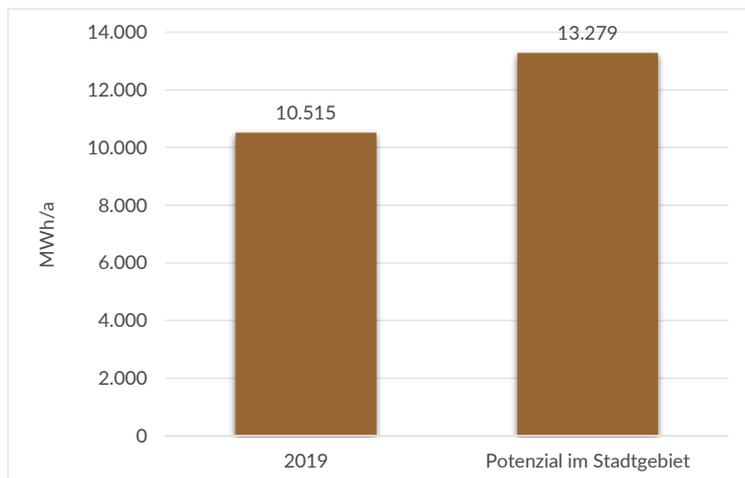


Abbildung 30: Wärme aus Waldholz

2019 wurden 10.515 MWh Wärme aus Energieholz genutzt und damit das Potenzial zu 79% genutzt.

### Landwirtschaftliche Abfälle

Bei der Berechnung der Potenziale aus landwirtschaftlichen Reststoffen werden folgende Biomassen berücksichtigt:

- 100 % Wirtschaftsdünger (Kot und Gülle aus der Viehhaltung)
- 100 % Weizen- und Roggenspreu
- 25 % des Strohertrages
- Reste aus der Mehlerverarbeitung

Für die weiteren Berechnung wird angenommen, dass diese Biomassen in Biogasanlagen mit BHKWs (th. Wirkungsgrad: 45%, el. Wirkungsgrad: 40%) eingesetzt werden. Daraus ergibt sich das in Abbildung 31 dargestellte Energiepotenzial.

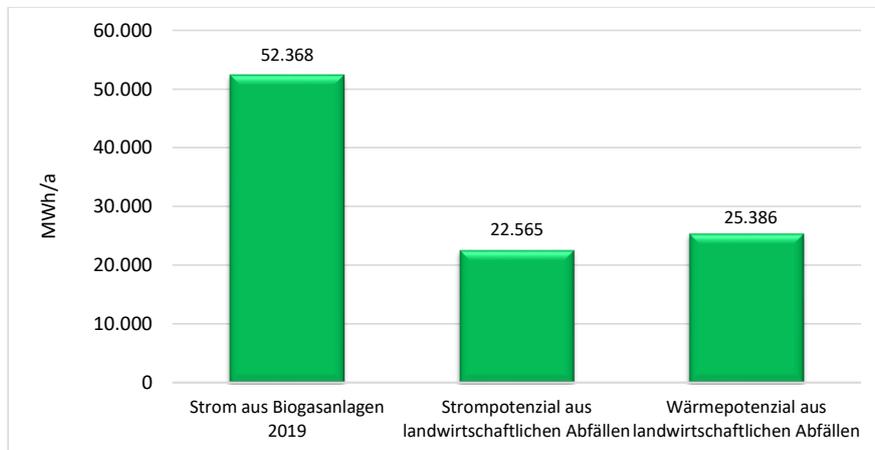


Abbildung 31: Energie aus Biogasen

Es wird deutlich, dass die bereits erzeugten Strommengen aus Biogasanlagen 2019 das Potenzial aus landwirtschaftlichen Abfällen bereits deutlich übersteigen. Von daher ist davon auszugehen, dass kein weiteres Biogaspotenzial vorhanden ist.

### 3.2.4 Geothermie/Erdwärme

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen oberflächennaher Geothermie und Tiefengeothermie. Oberflächennahe Geothermie (bis 400 m Tiefe) kommt in der Regel zur Anwendung, um einzelne Gebäude mit Wärme zu versorgen. Tiefengeothermische Kraftwerke mit Bohrungen bis in 5.000 m Tiefe liefern sowohl Strom als auch Wärme.

99 % der in Deutschland erzeugten geothermischen Energie wird im Wärmesektor genutzt, z. B. für Heizwärme in den Bereichen Haushalte und GHD sowie für Prozesswärme in der Industrie. Das Potenzial zur Stromerzeugung mittels Tiefengeothermie ist bislang wegen der hohen Bohrkosten wenig erschlossen. Ein Risiko stellt außerdem die noch unzureichende Erforschung der seismischen Aktivitäten dar.

Im Folgenden wird das Potenzial für beide Technologien näher untersucht.

### Tiefengeothermie

Bisher gab und gibt es in Niedersachsen keine aktive Förderbohrung zur Gewinnung tiefengeothermischer Energie (Stand Dez. 2019). Die Aufsuchungstätigkeiten im Jahr 2019 beschränkten sich im Wesentlichen auf die Untersuchung zweier Bohrungen, die bereits seit längerer Zeit Gegenstand entsprechender Messungen und Betrachtungen hinsichtlich ihrer tiefengeothermischen Nutzbarkeit sind. Obwohl das Interesse an Tiefengeothermie-Vorhaben in Niedersachsen steigt, wurden bisher keine Projekte aufgrund der allgemeinen Rahmenbedingungen realisiert.

Die Hemmnisse scheinen das Fehlen folgender Punkte zu sein:

- Finanzierungsmodelle für hydrothermale Tiefengeothermieprojekte mit ihren hohen Bohrkosten und Fündigkeitsrisiken,
- investitionsbereite und -fähige Märkte mit passender Wärmenutzungscharakteristik
- Verbünde, Infrastrukturen und Fördergelder für weitere Grundlagenforschung im EGS-Bereich
- z. T. ausreichende Kenntnisse bzw. frei verfügbare Daten über den tiefen Untergrund

(Landesamt für Bergbau und Geologie, 2020)

### Oberflächennahe Geothermie

Schon die obersten 100 Meter im Boden sind für die Energiegewinnung geeignet. Hier herrschen zwar nur Temperaturen von maximal 12 °C, dies jedoch konstant unabhängig von der Tages- und Jahreszeit. Diese niedrigen Temperaturen lassen sich mit Wärmepumpen auf die für Heizzwecke nötigen 35 bis 55 °C erhöhen. Genutzt wird die oberflächennahe Erdwärme in Einzelanlagen zur Heizung und Warmwasserversorgung oder auch zur Kühlung von Ein- und Zweifamilienhäusern.

Mögliche Einschränkungen müssen bei der jeweiligen Planung der Erdwärmesonden beachtet werden. Eine umfassende und flächendeckende Analyse der geologischen Standortbedingungen vor Bohrbeginn ist notwendig, um mögliche problematische geologische Formationen vorab zu erkennen.

Die Anwendung von Geothermie ist nur in unmittelbarer Nähe von Gebäuden, die mit Wärme versorgt werden sollen, sinnvoll. Deswegen wurden für die Berechnung der zur Verfügung stehenden Flächen Daten des Amtes für Statistik zur Flächenverteilung in der Stadt Aurich herangezogen, und zwar hier insbesondere die Wohnbau-, Industrie- und Gewerbeflächen unter Ausschluss der folgenden Gebiete:

- Wasserschutzgebiete der Zonen I bis III (Abbildung 32)  
In Trinkwasserschutzgebieten der Zonen I und II ist die Errichtung von Erdwärmesonden grundsätzlich untersagt. In den anderen Zonen können auf Antrag im Rahmen des Erlaubnisverfahrens Einzelfallentscheidungen getroffen werden. Für die Potenzialberechnung wurden dennoch pauschal alle in Wasserschutzgebieten befindlichen Flächen ausgeschlossen.
- Gebäudeflächen inkl. 3 m Puffer  
Um die Standsicherheit von Gebäuden nicht zu gefährden, sollte der Abstand zu bestehenden Gebäuden mindestens 2 m betragen, besser 3 m.

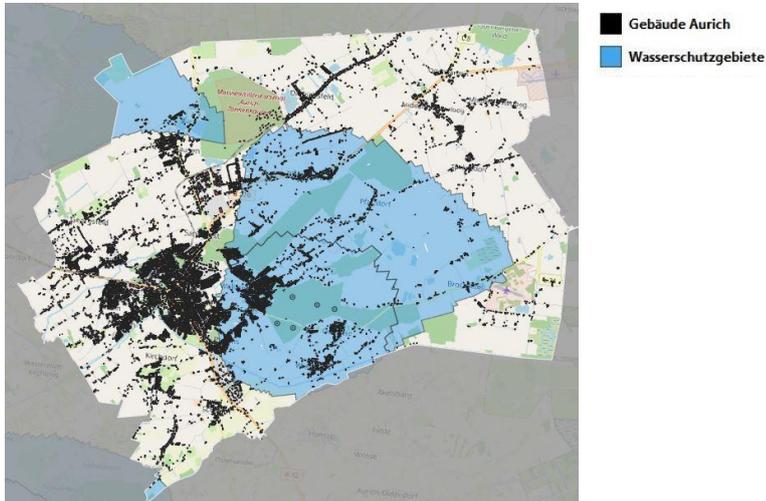


Abbildung 32: Gebietsabgrenzungen für Geothermie in Aurich

Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der oben genannten Restriktionen nicht das gesamte technische Potenzial nutzbar sein wird.

So ist z.B. bei der Planung von Erdwärmeeinrichtungen im Rahmen des Vorsorgeprinzips gemäß § 6 Wasserhaushaltsgesetz jede Beeinträchtigung des Grundwassers zu vermeiden. Deswegen sind Mindestabstände zu Abwasseranlagen, Fernwärmeleitungen und Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen einzuhalten, damit deren eventuelle Beschädigungen oder von diesen Anlagen ausgehende Beeinträchtigungen auf das durch die Bohrung aufgeschlossene Grundwasser sicher vermieden werden. Zur Einbeziehung dieser „Risiken“ wird zusätzlich angenommen, dass lediglich 50 % der übriggebliebenen Fläche für die oberflächennahe Geothermie nutzbar ist.

Für die Berechnung des Wärmepotenzials wurde die Anwendung von Erdwärmesonden mit den folgenden technischen Parametern angenommen:

Tabelle 10: Annahmen für die Berechnung des Erdwärmepotenzials

Entzugsleistung Erdreich	50 W/m
Länge Erdwärmesonde	100 m
minimaler Abstand zwischen Erdwärmesonden	10 m
Betriebsstunden	2.000 h
Jahresarbeitszahl	4

Daraus berechnet sich für Aurich ein Geothermiepotenzial in Höhe von 489.107 MWh/a. 2019 wurden davon 2.886 MWh bzw. 0,6% ausgeschöpft.

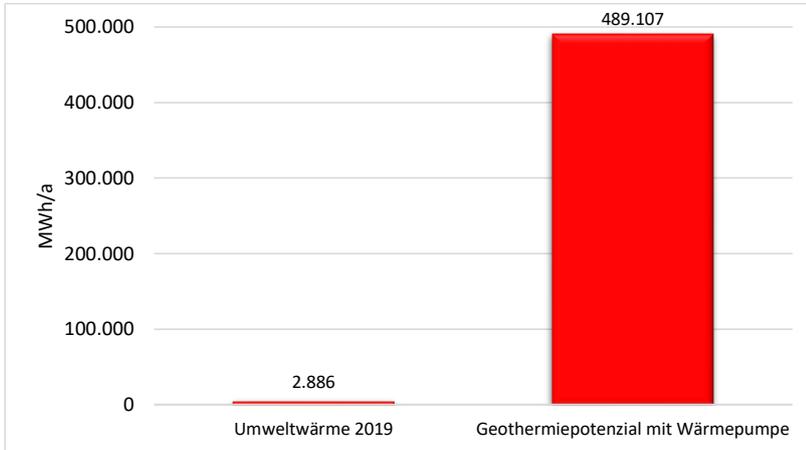


Abbildung 33: Geothermiepotenzial Aurich

### 3.2.5 Zusammenfassung Erneuerbare Energien

In Abbildung 34 sind alle Potenziale erneuerbarer Energien dem Energieverbrauch von 2019 gegenübergestellt.

Das bodennahe Geothermiepotenzial könnte etwa 79% des derzeitigen Wärmebedarfes decken. Zusammen mit den Solarthermie-, Energieholz- und den thermischen Biogaspotenzialen ließe sich etwa 93% des Wärmebedarfes aus 2019 decken. Die übrigen 7% könnten z.B. mit Luftwärmepumpen gedeckt werden. Zur vollständigen Deckung des Wärmebedarfes reichen die Potenziale nicht aus. Deswegen sind effizienzsteigernden Maßnahmen zur Senkung des Gebäude- und Prozesswärmebedarfes erforderlich.

Die PV-Potenziale zur Erzeugung von Strom sind in der Stadt Aurich mit 229.790 MWh/a aus Dachflächen- und Freiflächenphotovoltaik sehr hoch. Davon werden bisher nur 10 % genutzt. Allein durch die Umsetzung dieses solaren Potenzials ließe sich der Strombedarf des Jahres 2019 von Aurich decken. Mit den Wind- und Biogaspotenzialen lassen sich das 2,5 fache des Verbrauchs von 2019 erzeugen.

Da die zukünftige fossilfreie Wärmebereitstellung zu großen Teilen auf die Unterstützung von Wärmepumpen (u.a. Geothermiepotenziale) und Heizstrom angewiesen ist, wird der Strombedarf in Zukunft stark wachsen. Diese Stromentwicklung wird in der Szenariendarstellung in Kapitel 4.4 dargestellt. An dieser Stelle ist lediglich darauf hinzuweisen, dass eine Deckung des heutigen Stromverbrauches für die Klimaneutralität nicht ausreichen würde.

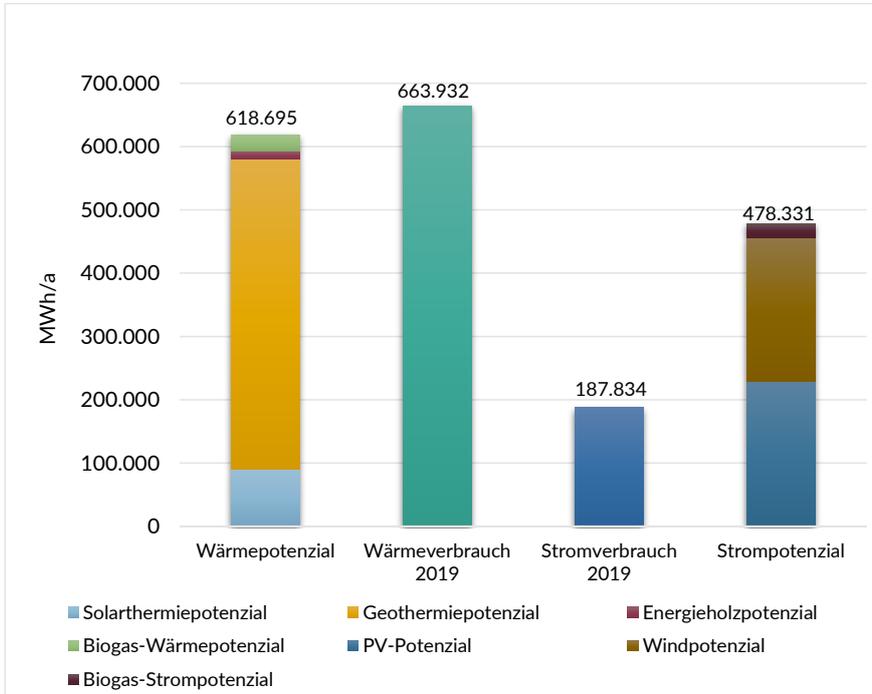


Abbildung 34: Potenzial Erneuerbare Energien gesamt und Energieverbrauch 2019

## 4 SZENARIEN ZUR ENERGIEEINSPARUNG

Nachfolgend werden zu verschiedenen Schwerpunkten Szenarien dargestellt. Dabei werden jeweils zwei verschiedene Szenarientypen (Trend- und Klimaschutzszenario) als mögliche, zukünftige Entwicklungspfade für die Endenergieeinsparung und Reduktion der Treibhausgase aufgezeigt. Die Szenarien beziehen dabei die in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** berechneten Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien und die Endenergieeinsparpotenziale für die Sektoren private Haushalte, Verkehr sowie Industrie und GHD (unter unterschiedlicher Nutzung des Trend- und Klimaschutzszenarios) mit ein.

Im Wirtschaftssektor werden dabei Szenarien mit Wirtschaftswachstum herangezogen. Zudem werden unterschiedliche Quellen und Studien herangezogen, welche an der jeweiligen Stelle aufgeführt werden.

### 4.1 DIFFERENZIERUNG TREND UND KLIMASCHUTZSZENARIO

Die hier betrachteten *Trendszenarien* beschreiben dabei das Vorgehen, wenn keine bzw. gering klimaschutzfördernde Maßnahmen umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden hier nur in geringem Umfang gehoben.

Im Verkehrssektor greifen jedoch bis 2045 die Marktanzreizprogramme für Elektromobilität und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab.

Die übrigen Sektoren erreichen auch bis 2045 keine hohen Einsparungen des Energieverbrauches, da Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung und Nutzerverhalten nur eingeschränkt greifen. Effizienzpotenziale werden auch aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht umgesetzt.

Die *Klimaschutzszenarien* hingegen beziehen vermehrt klimaschutzfördernde Maßnahmen mit ein. Hier wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen der Beratung bezüglich Sanierung, Effizienztechnologien und Nutzerverhalten erfolgreich umgesetzt werden und eine hohe Wirkung zeigen. Effizienzpotenziale können, aufgrund der guten Wirtschaftlichkeit, verstärkt umgesetzt werden. Die Effizienzpotenziale in den Sektoren Wirtschaft und private Haushalte werden in hohem Umfang gehoben.

Im Verkehrssektor greifen auch hier bis 2045 die Marktanzreizprogramme für E-Mobile und damit sinkt der Endenergiebedarf in diesem Sektor stark ab. Zusätzlich wird das Nutzerverhalten positiv beeinflusst, wodurch die Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs sinkt und der Anteil der Nahmobilität am Verkehrssektor steigt.

Erneuerbare Energien-Anlagen, vor allem Photovoltaik, werden mit hohen Zubauraten errichtet. Die Annahmen des Klimaschutzszenarios setzen zum Teil Technologiesprünge und rechtliche Änderungen voraus.

### 4.2 SZENARIEN: BRENNSTOFFBEDARF

Die Verwendungskonzepte für die zukünftig verfügbaren Brennstoffe sind sektorenübergreifend und umfassen die Brennstoffbedarfe der Sektoren Private Haushalte, GHD und Industrie. In den beiden nachfolgenden Abbildungen ist die Entwicklung des Brennstoffbedarfs nach Energieträgern bis 2045 für das Trend- und das Klimaschutzszenario dargestellt. Bei den verwendeten Zahlen handelt es sich um witterungskorrigierte Werte. Diese können nicht eins zu eins mit den Werten aus der THG-Bilanz verglichen werden, da dort, konform zur BSKO-Systematik, alle Werte ohne Witterungskorrektur angegeben sind.

Die nachfolgende Abbildung 35 zeigt den zukünftigen Brennstoffbedarf der Stadt Aurich im Trendszenario:

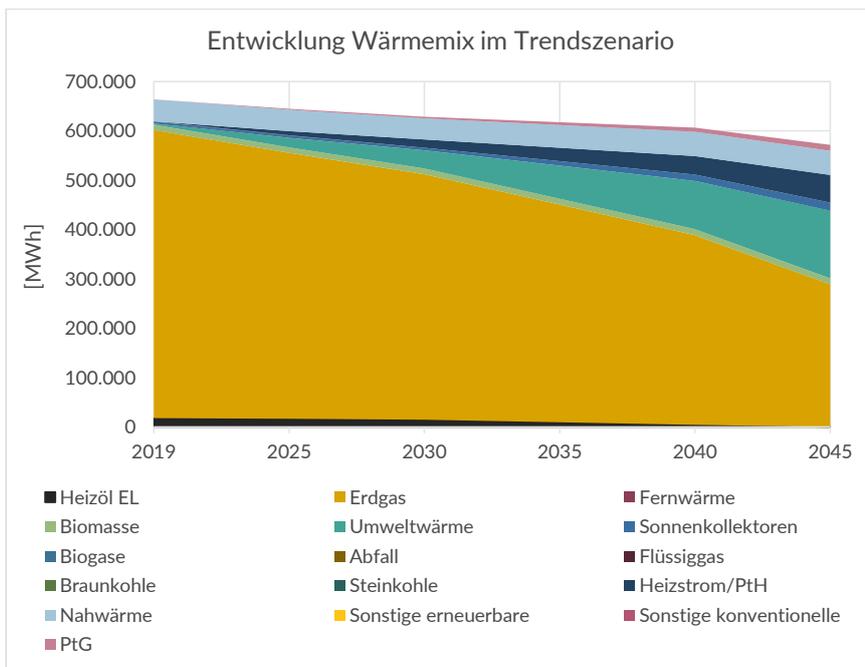


Abbildung 35: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Trendszenario (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

Wie der Abbildung 35 zu entnehmen ist, nimmt der Endenergiebedarf im Trendszenario bis zum Jahr 2045 kontinuierlich leicht ab. Dies liegt etwa an einer angenommenen Effizienzsteigerung. Bis zum Jahr 2045 wird dabei der Energieträger Heizöl vollständig durch andere Energieträger (in der Regel durch Erdgas) substituiert. Im Gegenzug steigen die Anteile an erneuerbaren Energien an und so nehmen die Anteile an Umweltwärme deutlich und an Sonnenkollektoren bis zum Zieljahr 2045 leicht zu. Das Trendszenario unterliegt jedoch der Annahme, dass der Energieträger Erdgas auch im Jahr 2045 den größten Anteil ausmacht. Da die Synthese von Methan aus Strom mit dem im Trendszenario hinterlegten Strommix zu einem höheren Emissionsfaktor als dem von Erdgas führt und damit keine Vorteile gegenüber dem Einsatz von Erdgas bestehen, wird synthetisches Methan nicht zur Energieversorgung eingesetzt<sup>7</sup>. Aus dem gleichen Grund steigt auch der Heizstromanteil nur gering an.

Der Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario dagegen unterscheidet sich fundamental und ist in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt:

<sup>7</sup> Der Emissionsfaktor von synthetischen Kraft- und Brennstoffen hängt von dem eingesetzten Strommix ab. Da etwa zwei kWh Strom für die Synthese von einer kWh Methan eingesetzt werden, hat synthetisches Methan in etwa einen Emissionsfaktor, der doppelt so hoch wie der des eingesetzten Stromes ist. Damit liegt der Emissionsfaktor bei 568 gCO<sub>2eq</sub>/kWh gegenüber 232 gCO<sub>2eq</sub>/kWh für Erdgas im Jahr 2045.

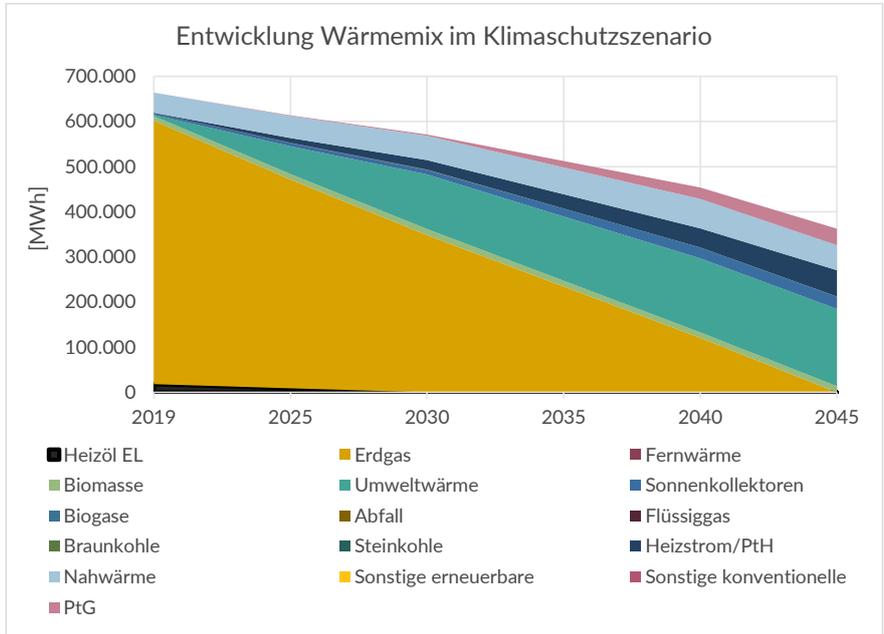


Abbildung 36: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario im Jahr 2045 (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

Durch die höheren Effizienzgewinne in allen Sektoren sinken die Energiebedarfe im Klimaschutzszenario deutlich stärker als im Trendszenario. Dadurch sinkt der Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario um rund 45 % auf 362.773 MWh im Jahr 2045. Die Energieträger Flüssiggas wird bereits bis 2030 vollständig substituiert, während Erdgas bis zum Zieljahr 2045 vollständig wegfällt und durch andere Energieträger ersetzt wird. Auch der Bereich des Heizstroms bzw. Power-to-Heat (PtH) spielt im Klimaschutzszenario eine wesentliche Rolle und komplettiert die drei größten Energieträger im Jahr 2045.

Die nachfolgenden Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen eine getrennte Betrachtung des zukünftigen Brennstoffbedarfs für die Sektoren Haushalte und Wirtschaft. Dabei wird der sinkende Brennstoffbedarf im Bereich der Haushalte deutlich um 55 %, wie er bereits in Kapitel 3.1.1 bzw. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. dargestellt wurde. Für den Wirtschaftssektor ist dagegen eine geringere Abnahme mit 33 % des Brennstoffbedarfs zu erkennen. Des Weiteren wird erkenntlich, dass die Umweltwärme überwiegend im Bereich der Haushalte angesiedelt ist, während neben der Umweltwärme die Energieträger Heizstrom, Nahwärme und PtG im Wesentlichen im Wirtschaftssektor genutzt werden. Diese Entwicklungen setzen sich bis 2045 fort.

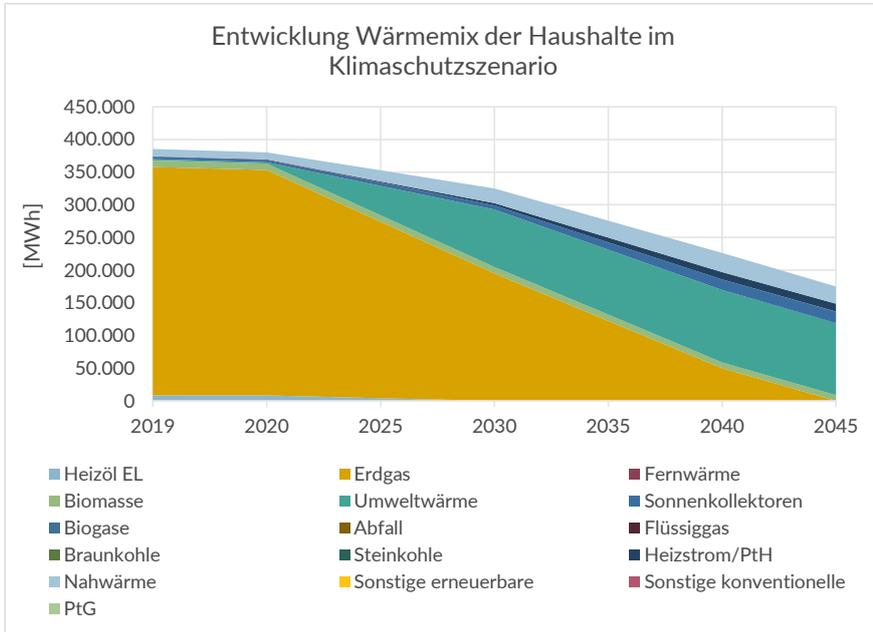


Abbildung 37: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario der Haushalte (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

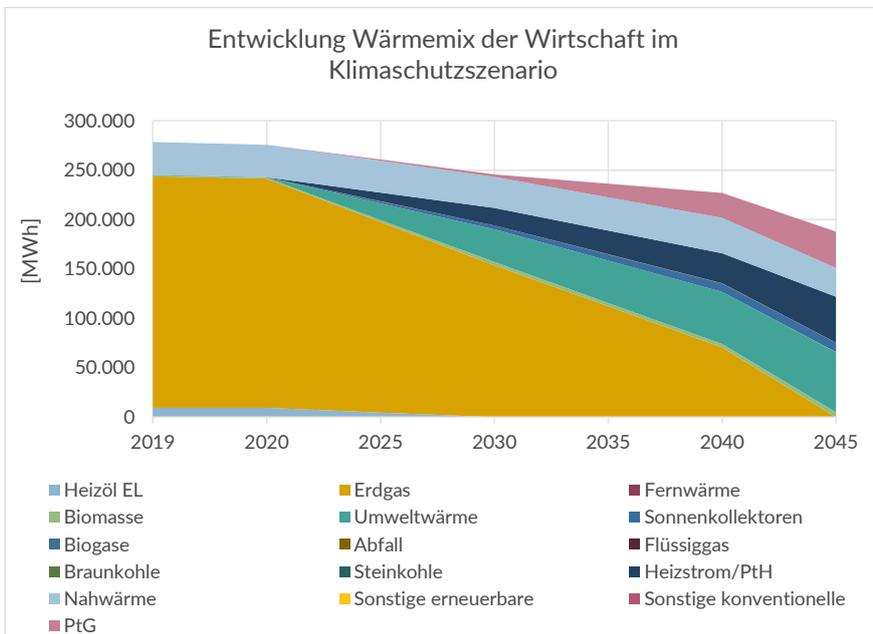


Abbildung 38: Zukünftiger Brennstoffbedarf im Klimaschutzszenario der Wirtschaft (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

### 4.3 SZENARIEN KRAFTSTOFFBEDARF

Aufbauend auf der Potenzialanalyse des Verkehrssektors in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** wird nachfolgend die Entwicklung des Kraftstoffbedarfs nach Energieträgern bis 2045 für das Trend- und das Klimaschutzenszenario dargestellt. Die Szenarien basieren jeweils auf den Potenzialberechnungen des Straßenverkehrs ohne Autobahn und den damit verbundenen Annahmen und Studien.

Die nachfolgende Abbildung 39 zeigt den zukünftigen Kraftstoffbedarf im Trendszenario:

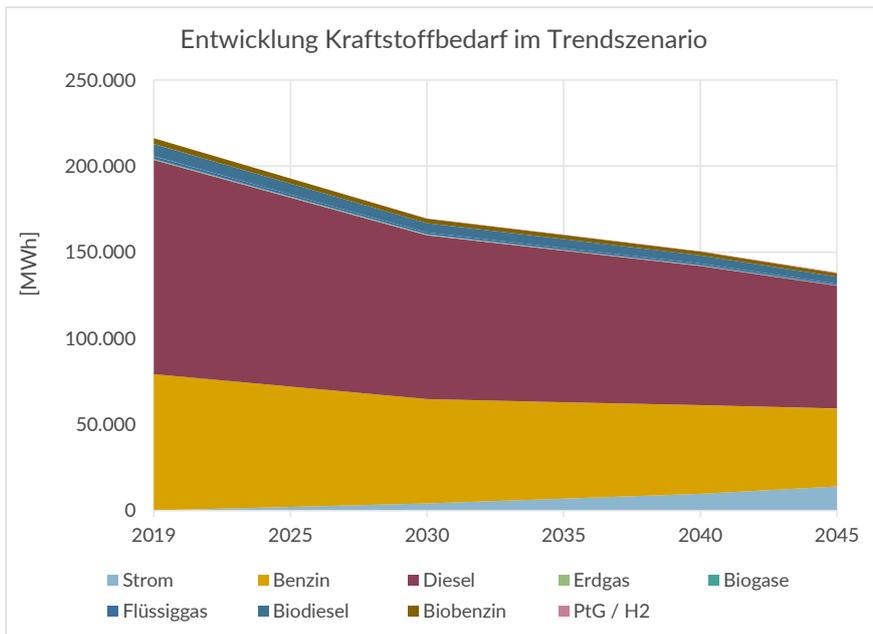


Abbildung 39: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Trendszenario (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

Wie in der Abbildung 39 zu erkennen, nimmt der Kraftstoffbedarf im Trendszenario um etwa 36 % ab. Bis 2045 haben die Energieträger Diesel und Benzin weiterhin den größten Anteil am gesamten Endenergiebedarf des Verkehrssektors. Der Anteil an alternativen Antrieben steigt erst ab 2020 leicht an und beträgt im Jahr 2045 rund 15 %. Es wird davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen in erster Linie über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzerverhalten erfolgen.

Im Klimaschutzenszenario (vgl. nachfolgende Abbildung 40) nimmt der Endenergiebedarf im Verkehrssektor bis zum Jahr 2045 um ca. 72 % ab. Genauso wie im Trendszenario, spielen Benzin und Diesel im Jahr 2045 als Kraftstoffe weiterhin eine Rolle. Jedoch sind die alternativen Antriebe mit einem Anteil von rund 66 % im Jahr 2045 sehr stark vertreten. Im Klimaschutzenszenario wird davon ausgegangen, dass die THG-Minderungen zwar auch über Effizienzgewinne, Veränderungen der Fahrleistung und verändertes Nutzerverhalten erfolgen. Allerdings spielt hier zudem der Energieträgerwechsel hin zu erneuerbaren Antrieben eine erhebliche Rolle.

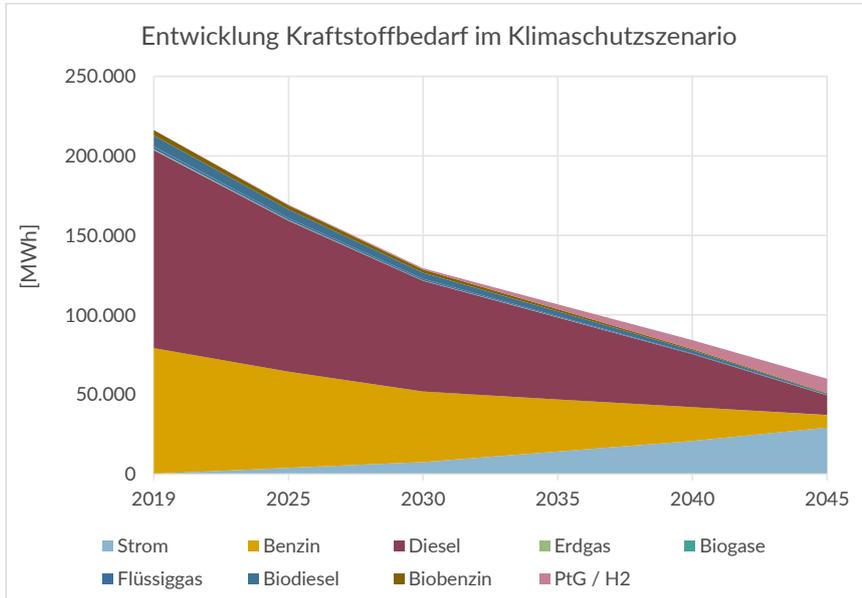


Abbildung 40: Zukünftiger Kraftstoffbedarf im Klimaschutzscenario (Quelle: eigene Berechnung auf Grundlage witterungskorrigierter Bilanzdaten)

#### 4.4 SZENARIEN: STROMBEDARF UND ERNEUERBARE ENERGIEN

Um zu beurteilen, ob die Stadt ein Überschuss- oder Importstandort wird, werden nachfolgend die ermittelten erneuerbare Energien (EE)-Potenziale mit den Strombedarfen für 2045 abgeglichen. Dabei wird zunächst der Strombedarf der Stadt Aurich im Trend- und Klimaschutzscenario betrachtet und daraufhin die ermittelten EE-Potenziale dargestellt.

Im Trendszenario ist lediglich von einem leicht veränderten Strombedarf auszugehen (vgl. die nachfolgende Abbildung 41).

Im Klimaschutzscenario steigt der Strombedarf bis zum Jahr 2045 gegenüber dem heutigen Niveau um rund 193 % an und ist damit fast 2-mal so hoch wie im Ausgangsjahr 2019 (vgl. Abbildung 42). Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Stromsystem in Zukunft nicht nur den klassischen Strombedarf, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen muss. Dies wird in der Abbildung 42 besonders deutlich: Insbesondere der Strombedarf im Wirtschaftssektor (inkludiert einen großen Anteil an Heizstrom bzw. Power-to-Heat) sowie der Strombedarf für die Haushalte nehmen im Jahr 2045 einen erheblichen Anteil am Gesamtstrombedarf ein.

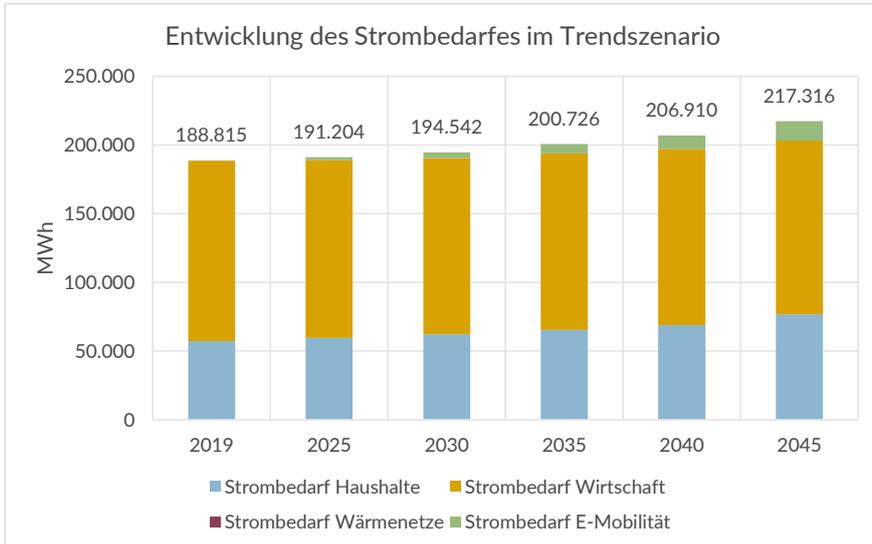


Abbildung 41: Entwicklung des Strombedarfes im Trendszenario 2045 (Quelle: eigene Berechnung)

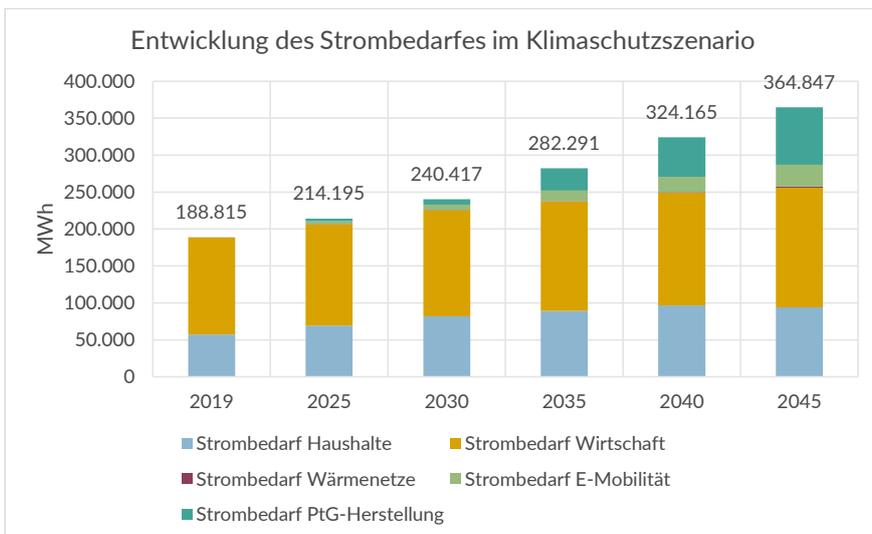


Abbildung 42: Entwicklung des Strombedarfes im Klimaschutzszenario 2045 (Quelle: eigene Berechnung)

Die ermittelten EE-Potenziale beruhen auf den in Kapitel 3 dargestellten Inhalten. Insgesamt besitzt die Stadt Aurich ein großes Potenzial an erneuerbaren Energien in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie. Das Gesamtpotenzial reicht trotz der Berücksichtigung des hohen Strombedarfs, der zur PtG-Herstellung aus, um den Strombedarf der Stadt vollständig abzudecken. Wie beschrieben, muss in Zukunft das Stromsystem nicht nur die Fluktuationen durch den klassischen Strombedarf, sondern auch den zukünftig anzunehmenden Strombedarf für die Sektoren Wärme und Verkehr ausgleichen und somit die benötigten Strombedarfe für E-Mobilität, Umweltwärme und vor allem für Power-to-X-Anwendungen liefern.

Wie der nachfolgenden Abbildung 43 zu entnehmen, können mittels Hebung aller EE-Potenziale im Jahr 2045 rund 474.765 MWh Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen werden, was einem Anteil von 139 % am Gesamtstrombedarf der Stadt Aurich im Klimaschutzszenario entspricht. Ohne die Berücksichtigung von PtG ist ein Potenzial von 170 % am Gesamtstrombedarf sichtbar.

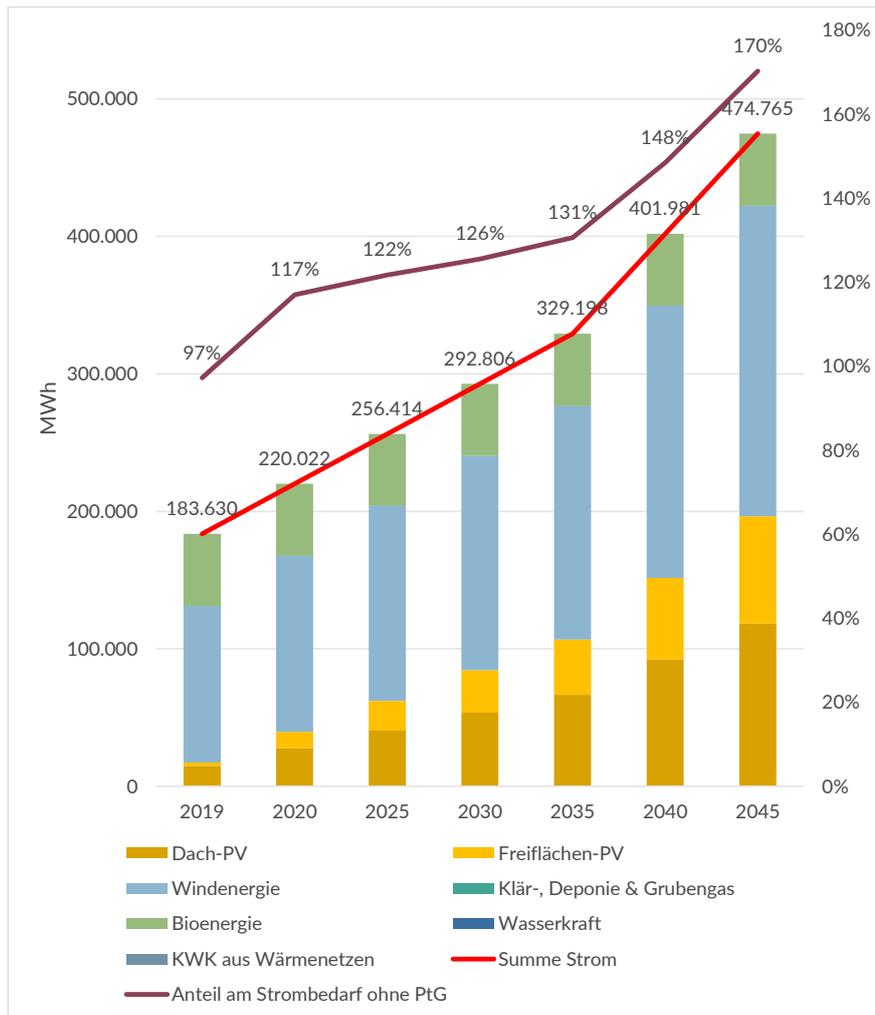


Abbildung 43: Entwicklung der erneuerbaren Energien für das Szenario 2045 (Quelle: eigene Berechnung)

## 5 ANHANG

*Tabelle 11: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich nach Sektoren*

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Haushalte</b>	426.180	456.091	449.175	439.653	439.573
<b>Industrie</b>	271.200	273.911	271.630	269.388	256.542
<b>GHD</b>	149.591	136.011	128.109	123.563	126.568
<b>Verkehr</b>	215.133	216.701	217.622	215.053	216.215
<b>Kommunale Einrichtungen</b>	17.912	18.160	19.291	17.713	19.171
<b>Summe</b>	1.080.017	1.100.873	1.085.827	1.065.370	1.058.067

*Tabelle 12: Endenergieverbrauch der Stadt Aurich nach Energieformen*

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Strom</b>	196.783	194.740	193.017	192.170	186.812
<b>Kraftstoff</b>	215.105	216.659	217.556	214.950	216.055
<b>Wärme</b>	668.129	689.474	675.254	658.249	655.200
<b>Summe</b>	1.080.017	1.100.873	1.085.827	1.065.370	1.058.067

Tabelle 13: Endenergie nach Energieformen

	2015	2016	2017	2018	2019
Benzin	82.008	80.625	79.890	78.269	79.107
Biobenzin	3.557	3.502	3.368	3.519	3.412
Biogas	0	0	0	0	0
Biomasse	0	0	0	0	0
Braunkohle	0	0	0	0	0
CNG bio	92	114	132	99	150
CNG fossil	552	490	435	443	398
Diesel	120.259	123.445	125.251	123.808	124.340
Diesel biogen	6.519	6.497	6.643	7.146	7.080
Erdgas	596.101	617.712	604.051	587.727	583.987
Fernwärme	0	0	0	0	0
Flüssiggas	556	556	556	556	556
Heizstrom	1.417	286	97	81	80
Heizöl	19.767	20.396	19.863	19.263	19.520
Kerosin	0	0	0	0	0
LPG	2.118	1.986	1.836	1.666	1.568
Nahwärme	44.493	44.493	44.493	44.493	44.493
Solarthermie	3.428	3.418	3.412	3.854	3.673
Sonstige Er- neuerbare	0	0	0	0	0
Sonstige Kon- ventionelle	0	0	0	0	0
Steinkohle	6	6	6	6	6
Strom	196.783	194.740	193.017	192.170	186.812
Umweltwärme	2.362	2.607	2.777	2.269	2.886
Summe	1.080.017	1.100.873	1.085.827	1.065.370	1.058.067

**Tabelle 14: Endenergie im stationären Bereich**

	2015	2016	2017	2018	2019
Biogas	0	0	0	0	0
Biomasse	0	0	0	0	0
Braunkohle	0	0	0	0	0
Erdgas	596.101	617.712	604.051	587.727	583.987
Fernwärme	0	0	0	0	0
Flüssiggas	556	556	556	556	556
Heizstrom	1.417	286	97	81	80
Heizöl	19.767	20.396	19.863	19.263	19.520
Nahwärme	44.493	44.493	44.493	44.493	44.493
Solarthermie	3.428	3.418	3.412	3.854	3.673
Sonstige Er- neuerbare	0	0	0	0	0
Sonstige Kon- ventionelle	0	0	0	0	0
Steinkohle	6	6	6	6	6
Strom	196.754	194.698	192.951	192.068	186.652
Umweltwärme	2.362	2.607	2.777	2.269	2.886
Summe	864.883	884.172	868.205	850.317	841.853

**Tabelle 15: Gesamtendenergie in kommunalen Einrichtungen**

	2015	2016	2017	2018	2019
Erdgas	12.935	13.315	14.455	12.918	14.205
Fernwärme	0	0	0	0	0
Strom	4.977	4.845	4.835	4.795	4.966
Heizöl	0	0	0	0	0
Rest	0	0	0	0	1
Summe	17.912	18.160	19.291	17.713	19.172

*Tabelle 16: Gesamt THG-Emissionen nach Sektoren*

	2015	2016	2017	2018	2019
Haushalte	122.400	127.932	124.460	120.966	121.810
Industrie	109.429	106.090	102.086	100.382	89.052
GHD	60.142	58.933	64.064	52.571	35.124
Verkehr	68.021	68.438	68.810	67.679	67.951
Kommunale Einrichtun- gen	6.220	6.104	6.249	5.799	5.882
Summe	366.212	367.497	365.669	347.398	319.819

**Tabelle 17: THG-Emissionen der Stadt Aurich nach Energieträgern**

	2015	2016	2017	2018	2019
Benzin	26.446	26.004	25.771	25.172	25.472
Biobenzin	709	686	723	635	391
Biogas	0	0	0	0	0
Biomasse	0	0	0	0	0
Braunkohle	0	0	0	0	0
CNG bio	3	4	5	3	12
CNG fossil	139	123	109	110	102
Diesel	39.159	40.231	40.856	40.416	40.604
Diesel bio- gen	932	789	777	802	838
Erdgas	149.025	152.575	149.201	145.169	144.245
Fernwärme	0	0	0	0	0
Flüssiggas	0	0	0	0	154
Heizstrom	850	166	54	44	38
Heizöl	18.169	21.075	28.578	17.987	6.208
Kerosin	0	0	0	0	0
LPG	615	577	533	484	456
Nahwärme	11.568	11.568	11.568	11.568	11.568
Solarthermie	0	0	0	1	1
Sonstige Er- neuerbare	0	0	0	0	0
Sonstige Konventio- nelle	0	0	0	0	0
Steinkohle	83	81	83	80	3
Strom	118.070	113.144	106.932	104.541	89.296
Umwelt- wärme	443	473	481	386	433
Summe	366.212	367.497	365.669	347.398	319.819

**Tabelle 18: THG-Emissionen pro Einwohner der Stadt Aurich**

	2015	2016	2017	2018	2019
Haushalte	2,95	3,06	2,97	2,88	2,90
Industrie	2,64	2,54	2,44	2,39	2,12
GHD	1,45	1,41	1,53	1,25	0,84
Verkehr	1,64	1,64	1,64	1,61	1,62
Kommunale Einrichtungen	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14
Summe	8,83	8,79	8,74	8,27	7,61

**Tabelle 19: THG-Emissionen Gebäude und Infrastruktur nach Energieträgern**

	2015	2016	2017	2018	2019
Biogas	0	0	0	0	0
Biomasse	0	0	0	0	0
Braunkohle	0	0	0	0	0
Erdgas	149.025	152.575	149.201	145.169	144.245
Fernwärme	0	0	0	0	0
Flüssiggas	0	0	0	0	154
Heizstrom	850	166	54	44	38
Heizöl	18.169	21.075	28.578	17.987	6.208
Nahwärme	11.568	11.568	11.568	11.568	11.568
Solarthermie	0	0	0	1	1
Sonstige Erneuerbare	0	0	0	0	0
Sonstige Konventionelle	0	0	0	0	0
Steinkohle	83	81	83	80	3
Strom	118.053	113.120	106.895	104.485	89.220
Umweltwärme	443	473	481	386	433
Summe	298.191	299.058	296.859	279.719	251.868

Tabelle 20: Stromerzeugung aus EE-Anlagen im Stadtgebiet Aurich

	2015	2016	2017	2018	2019
Windenergie	127.370	99.429	116.980	112.129	113.890
Geothermie	0	0	0	0	0
Wasserkraft	0	0	0	0	0
PV-Anlagen	17.098	16.557	16.425	18.673	17.328
Deponiegas, Klärgas, Gru- bengas	76	57	72	89	44
Biomasse	46.344	49.986	55.175	55.709	52.369
KWK-Anla- gen	0	0	0	0	0
Summe	190.888	166.029	190.888	186.600	183.630

Tabelle 21: Annahmen für die Berechnung der PV-Potenziale

PV-Fläche	Wohngebäude	Sonstige (Gewerbe, Garagen, usw...)
Geeignet für Solar	70%	70%
Davon nutzbare Dachfläche	40%	50%
davon für PV	80%	90%
	<b>22%</b>	<b>32%</b>