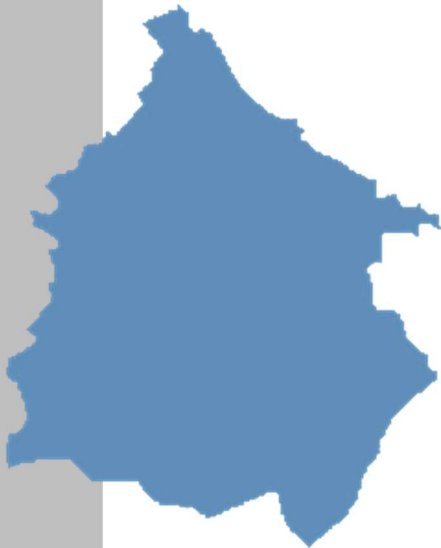


**Energie- und Treibhausgas-  
Bilanz für die  
Stadt Bad Wünnenberg**

für das Start-Bilanzjahr 2019



target

## Impressum

### Herausgeberin

des Berichts ist der Kneipp- und Luftkurort Stadt Bad Wünnenberg.

### Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Frank Segin  
KLIMA.Natur.Energie.Umwelt  
Stadt Bad Wünnenberg  
Poststraße 15  
33181 Bad Wünnenberg

### Verantwortlich für den Inhalt

ist die target GmbH. Nicht jede Aussage muss der Auffassung der Stadt Bad Wünnenberg entsprechen.

### Autor\*innen

Der Bericht wurde von der target GmbH erstellt. Die Autor\*innen in alphabetischer Reihenfolge sind:  
Loïc Besnier  
Saskia Pape  
Andreas Steege

### Lektorat

Hermann Sievers, target GmbH

### Grafiken

Soweit nicht anders gekennzeichnet, stammen alle Grafiken von der target GmbH.

### Gender-Hinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird an einigen Stellen auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Bezeichnungen gelten stets gleichermaßen für alle Geschlechter.

Stand: März 2023

**target**

target GmbH  
HefeHof 8  
31785 Hameln  
Telefon 05151 403099-0  
Fax 05151 403099-1  
office@targetgmbh.de  
www.targetgmbh.de

## Inhaltsverzeichnis

Impressum .....	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Energie- und Treibhausgasbilanz.....	1
1.1 Methodik .....	2
Bilanzierungsprinzip .....	2
Bilanzzeitraum.....	6
Fortschreibung der Bilanz.....	7
Datenquellen .....	7
1.2 Endenergieverbrauch .....	10
Private Haushalte .....	12
Wirtschaft (GHD + IND) .....	13
Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften.....	15
Mobilität.....	18
1.3 Energie-Mix.....	22
Strom .....	22
Wärme.....	26
Mobilität.....	28
1.4 Erneuerbare Energien.....	29
Strom aus erneuerbaren Energien .....	30
Wärme aus erneuerbaren Energien .....	35
Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) .....	36
1.5 Treibhausgasemissionen .....	38
2 Klimaschutz-Szenario.....	42
2.1 Methodik .....	43
2.2 Trend-Szenario.....	46
Endenergieverbrauch .....	46
Treibhausgasemissionen .....	47
2.3 Energieeffizienz und Suffizienz .....	48
Gebäude (Haushalte und GHD) .....	48
Industrie .....	50
Mobilität.....	51

2.4	Energie-Mix.....	53
	Strom (Allgemeinstrom, Strom für Mobilität, Heizstrom).....	53
	Wärmepumpe .....	54
	Solarthermie.....	54
	Nah-/Fernwärme .....	54
	Brenn- und Kraftstoffe.....	55
2.5	Zubau der erneuerbaren Energien .....	56
	Windenergie .....	57
	Solare Strahlungsenergie.....	58
	Biomasse .....	58
	Umweltwärme (WP).....	60
2.6	Treibhausgas-Minderungspfad .....	61
3	Fazit .....	63
4	Abkürzungsverzeichnis .....	66
5	Quellenverzeichnis .....	68
6	Anhang .....	71
6.1	Vorgehensweise bei der Verbrauchsermittlung nach Energieträgern .....	71
	Strom .....	71
	Strom aus erneuerbaren Energien .....	71
	Erdgas .....	71
	Heizöl, Flüssiggas, Kohle und Biomasse .....	72
	Solarthermie.....	72
	Umweltwärme.....	72
	Kraftstoffe und Strom für Mobilität .....	73

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgas-Bilanz als Controlling-Instrument der kommunalen Klimaschutzstrategie .....	1
Abbildung 2: Bilanzierungsmethodik nach dem Territorialprinzip am Beispiel Mobilität .....	3
Abbildung 3: Elemente einer Energie- und Treibhausgasbilanz.....	5
Abbildung 4: Treibhausgasemissionen in Deutschland seit 1990 und Treibhausgasminderungsziele gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz (target GmbH nach [10]).....	6
Abbildung 5: Endenergieverbrauch nach Sektoren im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	11
Abbildung 6: Spezifischer Endenergieverbrauch pro Einwohner*in im Jahr 2019 im Landes- und Bundesvergleich (target GmbH nach [15] und [16]) .....	11
Abbildung 7: Prozentuale Entwicklung der Bevölkerung und der Wohnfläche in der Stadt Bad Wünnenberg in Bezug auf das Jahr 2015 (target GmbH nach [17]).....	12
Abbildung 8: Prozentuale Entwicklung der Beschäftigten in Industrie und GHD der lokalen Wirtschaft in Bezug auf das Jahr 2015 (target GmbH, nach [12]).....	14
Abbildung 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der kommunalen Einrichtungen und Liegenschaften in der Stadt Bad Wünnenberg 2017 bis 2020 .....	16
Abbildung 10: Anteile des Endenergieverbrauchs des Straßenverkehrs innerorts, außerorts und auf den Autobahnen im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	18
Abbildung 11: Prozentuale Entwicklung der zugelassen Fahrzeuge (PKW) in der Stadt in Bezug auf das Jahr 2015 (target GmbH, nach [20]) .....	20
Abbildung 12: Sektorale Aufteilung des Endenergieverbrauchs der Stadt Bad Wünnenberg im Jahr 2019 nach Bereinigung um den Autobahn-Verkehr .....	21
Abbildung 13: Endenergieverbrauch nach Energieformen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	22
Abbildung 14: Stromverbrauch nach Anwendungen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	23
Abbildung 15: Hochgerechnete Entwicklung der zugelassenen PKW mit voll- und teilelektrischen (Plug-In-Hybride, PEHV) Antrieben in der Stadt Bad Wünnenberg [22] .....	24
Abbildung 16: Öffentliche Ladesäulen in der Stadt Bad Wünnenberg (Stand: Dezember 2022) .....	24
Abbildung 17: Endenergieverbrauch Wärme nach Energieträgern 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	26
Abbildung 18: Kesselstruktur (Anzahl der Kessel) in der Stadt Bad Wünnenberg, Stand 2021 ohne Einzelraumfeuerstätten und ohne BHKW .....	27
Abbildung 19: Endenergieverbrauch 2019 Mobilität nach Energieträgern .....	28
Abbildung 20: Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch und Nutzung erneuerbarer Energien nach Quellen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	29
Abbildung 21: Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Landes- und Bundesvergleich, bilanzielle Betrachtung (target GmbH, nach [25] und [16]) .....	29
Abbildung 22: Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Stadt Bad Wünnenberg ....	30
Abbildung 23: Anteile erneuerbarer Stromerzeugung am Stromverbrauch im Landes- und Bundesvergleich, bilanzielle Betrachtung (target GmbH, nach [25] und [16]).....	30

Abbildung 24: Entwicklung der installierten Bruttoleistung der stromerzeugenden Anlagen in der Stadt Bad Wünnenberg mit (links) und ohne (rechts) Windkraft [26] .....	31
Abbildung 25: Photovoltaik-Anlage auf dem Kindergarten Sterntaler in Haaren [27] .....	32
Abbildung 26: Übersicht über die installierten PV-Anlagen auf den kommunalen Gebäuden der Stadt Bad Wünnenberg .....	33
Abbildung 27: Standorte der Biomasseanlagen in der Stadt Bad Wünnenberg [13] .....	33
Abbildung 28: Standorte der Wasserkraftanlagen in der Stadt Bad Wünnenberg [13] .....	34
Abbildung 29: Entwicklung der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Stadt Bad Wünnenberg ..	35
Abbildung 30: Anteile erneuerbarer Wärmeerzeugung am Wärmeverbrauch im Landes- und Bundesvergleich (target GmbH, nach [25] und [16]) .....	35
Abbildung 31: Stromeinspeisung aus KWK-Anlagen (Säule) und Anzahl der KWK-Anlagen in der Stadt Bad Wünnenberg von 2016 bis 2020 (target GmbH, nach [26]) .....	37
Abbildung 32: THG-Emissionen nach Energieträgern im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg .....	38
Abbildung 33: Entwicklung der Emissionen aus dem Straßenverkehr (ohne Busverkehr) von 2015 bis 2020 .....	39
Abbildung 34: Spezifische Treibhausgasemissionen pro Einwohner*in im Jahr 2019 im Landes- und Bundesvergleich (target GmbH nach [15] und [16]) .....	39
Abbildung 36: Stromemissionen im Vergleich bei Verwendung von Bundes-Mix und lokalem Mix .....	41
Abbildung 36: Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2045 im Trend-Szenario (target GmbH, nach [34]) .....	46
Abbildung 37: THG-Minderungspfad nach Sektoren bis 2045 im Trend-Szenario (target GmbH, nach [34]) .....	47
Abbildung 38: Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2045 im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30]) .....	48
Abbildung 40: Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2045 im Klimaschutz-Szenario nach Bereinigung um den Autobahn-Verkehr (target GmbH, nach [30]) .....	52
Abbildung 40: Zusammensetzung des Energie-Mix' nach Energieträgern im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30]) .....	53
Abbildung 41: Prognostizierte Entwicklung der Erzeugung aus erneuerbaren Energien im Klimaschutz-Szenario in der Stadt Bad Wünnenberg (target GmbH, nach [30] und [35]) .....	57
Abbildung 42: Entwicklung der Energieerzeugung aus Biomasse aus der Landwirtschaft (target GmbH, nach [30]) .....	59
Abbildung 43: Wärme-Mix im Gebäudesektor im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30]) .....	60
Abbildung 44: THG-Minderungspfad bis 2045 im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30]) .....	61
Abbildung 45: THG-Minderungspfad bei Umsetzung des Klimaschutz-Szenarios, des Trend-Szenarios und unter Berücksichtigung des verbleibenden Emissionsbudgets (target GmbH, nach [30] und [33]) .....	64

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Quellen der Energiedaten.....	9
Tabelle 2: Endenergieverbrauch 2019 im Sektor Private Haushalte in der Stadt Bad Wünnenberg.....	13
Tabelle 3: Endenergieverbrauch 2019 im Sektor Wirtschaft (GHD + IND) in der Stadt Bad Wünnenberg.....	13
Tabelle 4: Aufteilung des Endenergieverbrauchs im Sektor Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg, ohne Straßenbeleuchtung.....	17
Tabelle 5: Endenergieverbrauch 2019 im Sektor Verkehr in der Stadt Bad Wünnenberg.....	19
Tabelle 6: Übersicht über die in Umsetzung befindlichen öffentlichen Ladesäulen in den Stadtteilen Bad Wünnenbergs.....	25
Tabelle 7: Sektorale Aufteilung der THG-Emissionen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg.....	40
Tabelle 8: Entwicklung der notwendigen Sanierungsrate im Gebäudebestand in Deutschland im Klimaschutz-Szenario [30].....	49
Tabelle 9: Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland nach Anwendungen im Gebäudebereich im Klimaschutz-Szenario [30].....	49
Tabelle 10: Prognostizierte Entwicklung des Energiebedarfs nach Branchen im Sektor Industrie in Deutschland mit dem Ziel Treibhausgasneutralität [30].....	50
Tabelle 11: Entwicklung des elektrifizierten Anteils am Fahrzeugbestand nach Fahrzeugkategorien in Deutschland im Klimaschutz-Szenario [30].....	51
Tabelle 12: Entwicklung der Personenverkehrsleistung in Deutschland im Klimaschutz-Szenario [30].....	51
Tabelle 13: Vergleich von lokalen und bundesweiten Indikatoren (target GmbH, nach [30]).....	63
Tabelle 14: Ziele auf dem Weg zur THG-Neutralität (target GmbH, nach [30]).....	65

## 1 Energie- und Treibhausgasbilanz

Zentraler Bestandteil des Klimaschutzkonzepts ist die Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz. Sie dient dazu, die Verbräuche und Emissionen in allen klimaschutzrelevanten Bereichen nach Verursachern und Energieträgern zu erfassen und bildet damit die strategische Grundlage und Planungshilfe für die Umsetzung der Klimaschutz-Aktivitäten auf kommunaler Ebene. So ermöglicht die Bilanzierung die Bewertung der Wirksamkeit von Klimaschutz-Maßnahmen und wird als Benchmarking für den Vergleich mit ähnlichen Einrichtungen und Akteuren herangezogen.

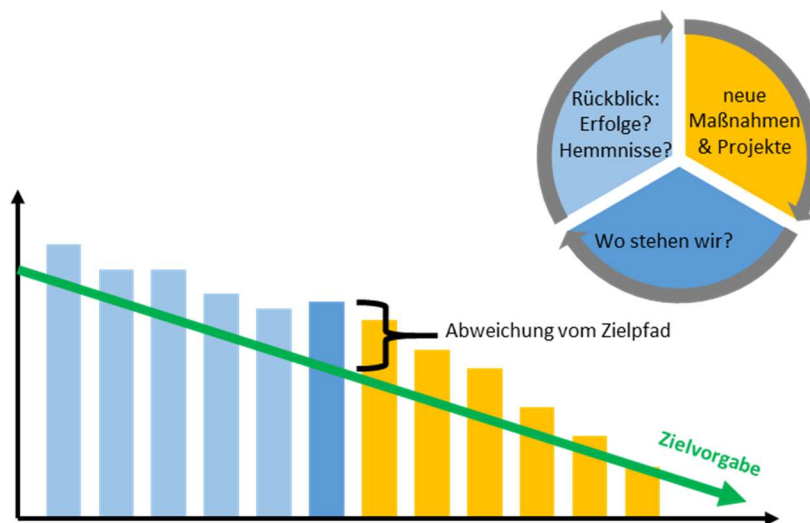


Abbildung 1: Treibhausgas-Bilanz als Controlling-Instrument der kommunalen Klimaschutzstrategie

Die Bilanzierung beinhaltet die Erfassung des Endenergieverbrauchs und dessen Zuordnung nach Energieträgern und Verbrauchssektoren:

- Private Haushalte (HH),
- Wirtschaft (Industrie [IND] und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen [GHD]),
- Mobilität (MOB).

Aus der Energiebilanz wird dann die Treibhausgasbilanz errechnet. Daneben wird der Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch abgebildet.



## 1.1 Methodik

Eine Energiebilanz kann mit den zwei folgenden Ansätzen berechnet werden. Bei der Methodik innerhalb des Klimaschutzplaners kommt der sogenannte Bedarfsansatz zum Einsatz. Die Bilanz wird dabei über vorliegende Verbrauchsdaten ermittelt. Etwaige Lücken werden dann mit Kennzahlen und Abschätzungen aufgefüllt. Grundsätzlich lässt sich eine Energie- und Treibhausgasbilanz aber auch entsprechend einem Verbrauchsansatz erstellen. Im Folgenden sind die beiden Berechnungssätze definiert:

*Verbrauchsansatz:* Der gesamte Energieverbrauch einer Region wird nach Energieträgern (Strom, Erdgas, Heizöl etc.) anhand **messtechnisch** erfasster Verbräuche (zum Beispiel Stromverbrauch) oder anhand der Anzahl von Energieanlagen und des spezifischen Energiefaktors (zum Beispiel Holzverbrauch) berechnet. Das Vorgehen folgt dem Top-down-Prinzip.

*Bedarfsansatz:* Der gesamte Energiebedarf einer Region wird nach Sektoren **rechnerisch** anhand einer Bezugseinheit (Gebäudefläche, Anzahl der Beschäftigten etc.) und spezifischer Energiefaktoren berechnet. So kann der Wärmebedarf im Sektor Private Haushalte zum Beispiel auf Basis der Wohnfläche nach Baualtersklasse berechnet werden.

### Bilanzierungsprinzip

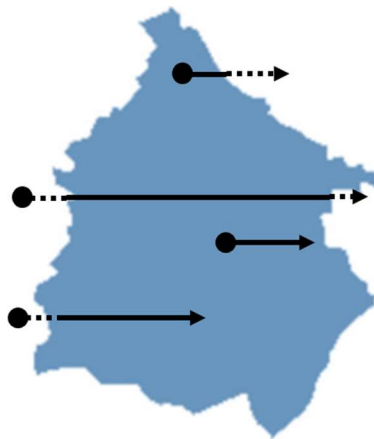
Damit Energie- und Treibhausgasbilanzen insbesondere vor dem Hintergrund der Vergleichbarkeit als kommunales Monitoring-Instrument genutzt werden können, empfiehlt sich, bei der Erstellung eine harmonisierte Bilanzierungsmethodik zu verfolgen. Beauftragt vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU), wurde 2014 die BSKO-Methodik (Bilanzierungs-Systematik Kommunal) veröffentlicht [1] und für die Erstellung der Bilanz angewendet. Die Bilanzierung erfolgt mit der webbasierten Bilanzierungssoftware „Klimaschutzplaner“<sup>1</sup>.

Als Basis für kommunale Energiekonzepte hat sich die sogenannte endenergiebasierte Territorialbilanz etabliert. Dabei werden alle im betrachteten Territorium anfallenden Verbräuche der verschiedenen Sektoren inklusive des Sektors Mobilität auf Ebene der Endenergie berücksichtigt. Energie, die außerhalb der jeweiligen kommunalen Grenzen anfällt (z. B. Urlaubs-/Geschäftsreisen) sowie graue Energie, die z. B. in konsumierten Produkten steckt, wird dabei nicht berücksichtigt.

---

<sup>1</sup> Vgl. <https://www.klimaschutz-planer.de/> [19]

Diese Methodik dient in erster Linie dazu, einheitlich vorzugehen und damit die Vergleichbarkeit zwischen den Kommunen untereinander sowie mit Bundes- und Länderwerten sicherzustellen. Aufgrund dieser Methodik können jedoch Bereiche, auf die der direkte Einfluss der Kommune begrenzt ist, einen vergleichsweise hohen Stellenwert einnehmen. Das betrifft vor allem die Bereiche Verkehr und Industrie. Während im Verkehrsbereich das Vorhandensein einer Autobahn und der damit verbundene Durchgangsverkehr zu einem überdurchschnittlich großen Anteil am Gesamtverbrauch führen können, kann im Bereich Industrie lediglich ein hochenergieintensiver Betrieb dazu führen, dass der Verbrauch und damit auch die Emissionen im Vergleich sehr hoch sind. Um diese Schwächen in der Methodik auszugleichen und gleichzeitig den Einflussbereich der Kommune hervorzuheben, werden die entsprechenden Ergebnisse um wichtige Indikatoren ergänzt. Im Verkehrsbereich wird neben dem Energieverbrauch auch die Entwicklung der Zulassungszahlen und der Elektromobilität (z. B. Anteile von E-Mobilität und Anzahl der Ladesäulen) herausgearbeitet. Im Bereich Industrie werden zudem die Verbräuche der Großindustrie anhand der vorliegenden Datengrundlage differenziert ausgewiesen, um den entsprechenden Beitrag zur Gesamtbilanz zu verdeutlichen.



**Abbildung 2: Bilanzierungsmethodik nach dem Territorialprinzip am Beispiel Mobilität<sup>2</sup>**

Die wichtigste Kenngröße innerhalb einer Treibhausgasbilanz ist die Emission von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas etc.) freigesetzt wird. CO<sub>2</sub> leistet den größten Beitrag zum Treibhauseffekt und wird als Leitindikator für die Treibhausgase verwendet. Neben Kohlendioxid haben weitere Gase wie beispielsweise Methan (CH<sub>4</sub>) oder Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) Einfluss auf den Treibhauseffekt.

---

<sup>2</sup> Kartengrundlage: NordNordWest (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode>)

Die verschiedenen Gase tragen nicht in gleichem Maß zum Treibhauseffekt bei und verbleiben über unterschiedliche Zeiträume in der Atmosphäre. So hat Methan eine 25-mal größere Klimawirkung als CO<sub>2</sub>, bleibt aber weniger lange in der Atmosphäre. [2] Um ihre Wirkung vergleichbar zu machen, wird über einen Index die jeweilige Erwärmungswirkung eines Gases im Vergleich zu derjenigen von CO<sub>2</sub> ausgedrückt. Treibhausgasemissionen können so in CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e) umgerechnet und zusammengefasst werden; bei der Erstellung der Bilanz wurden diese Äquivalente berücksichtigt. Bei den ausgewiesenen Treibhausgasen wird die gesamte Vorkette für die Bereitstellung der jeweiligen Energieträger berücksichtigt – von der Primärenergiegewinnung bis zum Endkunden einschließlich aller Materialaufwendungen, Transporte und Umwandlungsschritte (sogenanntes Life Cycle Assessment, LCA).

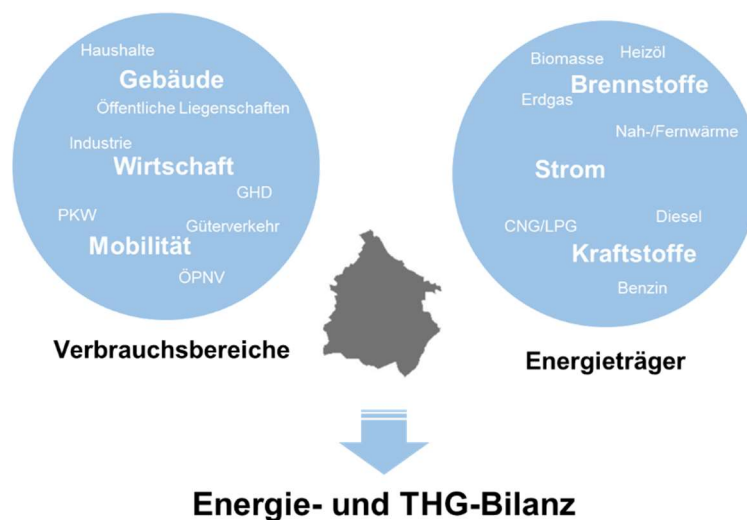
Die Treibhausgasemissionen nach Energieträgern (Strom, Erdgas, Benzin etc.) werden anhand von Emissionsfaktoren mit der Software Klimaschutzplaner berechnet. Die einheitlichen Emissionsfaktoren basieren größtenteils auf den Daten aus GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme) [3]. Stellenweise stammen die Werte aus anderen Datenquellen (z. B. im Sektor Mobilität).

Für den Emissionsfaktor von Strom wird in der vorliegenden Bilanz der Bundes-Mix gemäß der BSKO-Methodik verwendet, um so einen Vergleich der Bilanzen zwischen den Kommunen zu ermöglichen und eine Doppelbilanzierung zu vermeiden. Der bundesdeutsche Strom-Mix variiert entsprechend der Zusammensetzung im jeweiligen Bilanzjahr. Darin enthalten ist auch die Stromerzeugung der lokalen Anlagen der Stadt Bad Wünnenberg. Laut Fraunhofer ISE setzte sich der Strom-Mix 2019 zu 54 Prozent aus fossilen und zu 46 Prozent aus erneuerbaren Energien zusammen. Bei den fossilen Energien spielen Braun- und Steinkohle (30 Prozent) die größte Rolle, gefolgt von Kernenergie (14 Prozent) und Gas (11 Prozent). Auf der Seite der Erneuerbaren ist Wind die tragende Säule (25 Prozent). Biomasse und Solarenergie trugen mit jeweils ca. 9 Prozent zum Strom-Mix bei, Wasserkraft mit 4 Prozent. Anhand des Strom-Mix' 2019 hat das ifeu einen Emissionsfaktor von 478 kg/MWh ermittelt. [4]

Um die Wichtigkeit des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf der lokalen Ebene zu verdeutlichen, wird in diesem Bericht zusätzlich der lokale Emissionsfaktor für die Stadt Bad Wünnenberg ausgewiesen. Dabei handelt es sich um den Emissionsfaktor, der sich entsprechend der Stromerzeugung vor Ort zusammensetzt, nicht aber um den lokalen Händler-Mix des Energieversorgers vor Ort.

Eine Berücksichtigung des Händler-Mix' findet nicht statt. Grund dafür ist unter anderem die in Deutschland geltende freie Wahl des Energieversorgers. Der Mix des lokalen Energieversorgers gilt demnach nur für die eigene Kundschaft. Für die übrigen Bürger\*innen gilt entsprechend der Mix des präferierten Energieversorgungsunternehmens. Da hier keine Daten vorliegen, ist eine konsistente und einheitliche Systematik dahingehend nicht möglich, sodass die Vergleichbarkeit nicht mehr gegeben ist. Der genannte Aspekt ist vor allem dann von Bedeutung, wenn der lokale Energieversorger Ökostrom anbietet. Vor diesem Hintergrund muss jedoch auch die Wirkung von Ökostrom auf den Klimaschutz differenziert bewertet werden. Hier sind in erster Linie regulatorische und rechtliche Rahmenbedingungen (z. B. das EEG<sup>3</sup>) sowie die Förderung von Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien, die je nach Ökostromangebot stattfinden oder nicht, zu berücksichtigen. [5] Gleichwohl wird unabhängig von dieser Diskussion mit dem Bezug von Ökostrom bzw. der Umstellung auf diesen ein deutliches Signal für den Klimaschutz gesetzt. Bestrebungen der lokalen Akteure in dieser Richtung sollten daher in jedem Fall nachrichtlich ausgewiesen werden.

Im vorliegenden Konzept wurden nur die energiebedingten Treibhausgasemissionen betrachtet, die jedoch für fast 85 Prozent aller Emissionen in Deutschland stehen [6]; ausgenommen sind hier nicht energetische Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) sowie aus der Abfallwirtschaft. Auch der Bereich Konsum wird hier nicht betrachtet, da eine quantitative Betrachtung dieser Bereiche mit großen Unsicherheiten behaftet ist.



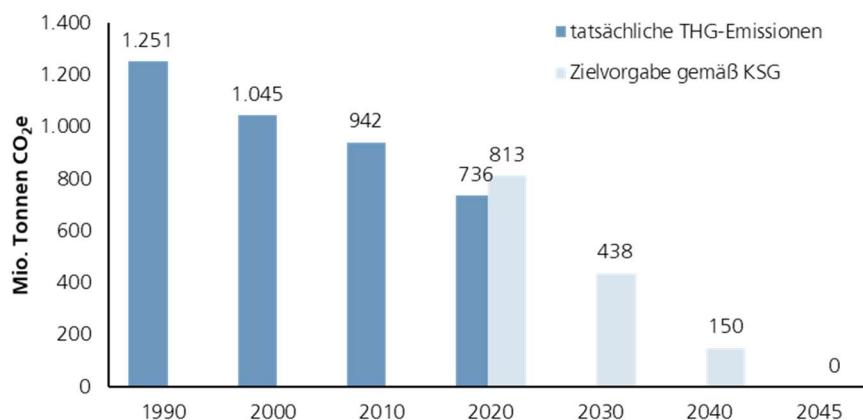
**Abbildung 3: Elemente einer Energie- und Treibhausgasbilanz**

<sup>3</sup> EEG-Strom (80 Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland) darf in Deutschland nicht als Ökostrom verkauft werden. Der Bedarf an Ökostrom wird demnach über Nicht-EEG-Anlagen (zumeist alte Wasserkraftanlagen) sowie erneuerbaren Strom aus dem Ausland über Herkunftsnachweise gedeckt. [64]

## Bilanzzeitraum

Basisjahr der vorliegenden Startbilanz ist das Jahr 2019, das heißt, die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf dieses Jahr. Zur Prüfung der Plausibilität wurden zudem Daten für die Jahre 2018, 2020 und 2021 abgefragt und in die Auswertung mit einbezogen. Eine vollständige Datengrundlage liegt jedoch neben dem Jahr 2019 nur für das Jahr 2018 vor, sodass die Ableitung von Trends nur eingeschränkt möglich ist (vgl. Anhang). Die Ergebnisse aus dem Jahr 2020 als Basisjahr heranzuziehen, geht aufgrund der Auswirkungen der Corona-Pandemie mit einer verzerrten Darstellung einher.

In Deutschland wurden im Jahr 2020 rund 739 Millionen Tonnen Treibhausgase freigesetzt – das sind rund 70 Millionen Tonnen oder 8,7 Prozent weniger als noch 2019. Das geht aus den Emissionsdaten des Umweltbundesamtes (UBA) hervor, die erstmals nach den Vorgaben des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) vorgelegt wurden. Die Minderung im Jahr 2020 ist der größte jährliche Rückgang seit 1990, dem Jahr der deutschen Einheit. Damit setzt sich der deutliche Emissionsrückgang der beiden Vorjahre auch im Jahr 2020 fort. Im Vergleich zu 1990 sanken die Emissionen in Deutschland um fast 41 Prozent. Fortschritte gab es dabei in allen Bereichen, besonders in der Energiewirtschaft. [7]



**Abbildung 4: Treibhausgasemissionen in Deutschland seit 1990 und Treibhausgasminderungsziele gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz (target GmbH nach [10])**

Die verfügbaren Daten zeigen aber auch, dass gut ein Drittel der Minderungen auf die (Folgen der Bekämpfung der) Corona-Pandemie zurückzuführen ist, vor allem im Verkehrs- und Energiebereich. Die ersten Trends für Deutschland für das Jahr 2021 belegen für das erste Quartal bereits einen Anstieg der THG-Emissionen um 2 Prozent gegenüber 2020 [8]. Weltweit hat die THG-Konzentration in der Atmosphäre laut der Weltorganisation für Meteorologie im Jahr 2020 einen neuen Höchststand erreicht. [9] Insofern ist das Jahr 2020 tatsächlich kein belastbares Vergleichsjahr bezüglich der Entwicklung der THG-Emissionen.

## Fortschreibung der Bilanz

Um die Klimaschutzaktivitäten der Stadt langfristig bewerten zu können, ist eine Fortschreibung der Energie- und Treibhausbilanz in regelmäßigen Abständen (etwa alle drei bis fünf Jahre) zu empfehlen. Erst durch die Abbildung von langfristigen Tendenzen des Energieeinsatzes und der THG-Emissionen lässt sich eine Basis für ein quantitatives Monitoring der Klimaschutzbemühungen auf Stadtebene schaffen.

Bei einer künftigen Fortschreibung der Bilanz müssen neben den Auswirkungen der Corona-Pandemie in den Jahren 2020 und 2021 auch die Auswirkungen der derzeitigen geopolitischen Situation berücksichtigt werden. Seit dem Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine hat die gesamte Thematik zusätzliche Brisanz erhalten. Es sind unterschiedliche Effekte zu verzeichnen, die sich auf die Umsetzung der Energiewende auswirken werden. [11] Die Gefahren für die Versorgungssicherheit aufgrund der hohen Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern sind schlagartig ins Blickfeld gerückt. Im Zusammenhang mit dem Einmarsch Russlands in die Ukraine hat sich der Druck deutlich erhöht, diese Abhängigkeit zu reduzieren. Dies verleiht der Umsetzung der Energiewende zusätzliche Dringlichkeit und ist damit auch im Hinblick auf die Klimaschutz-Aktivitäten der Stadt von Bedeutung. Im Zuge einer Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Bad Wünnenberg sollten die genannten Einflüsse in der Interpretation der Daten berücksichtigt werden. Wichtig bei einer Fortschreibung ist zudem die Konsistenz in der Methodik.

## Datenquellen

Die Datenerfassung erfolgte über die Abfrage der Verbrauchsdaten für Strom und Erdgas sowie zur Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien über die örtlichen Netzbetreiber. Die nicht-leitungsgebundenen Energien sowie der Energieverbrauch im Mobilitätssektor wurden über Hochrechnungen auf Basis lokaler Daten sowie über Landes- und Bundesdurchschnittswerte ermittelt. Dazu wurde eine Abfrage bei den örtlichen Biogasanlagenbetreibern durchgeführt bzgl. der Strom- und Wärmeerzeugung. In der nachfolgenden Tabelle sind die Datenquellen mit ihrer entsprechenden Datengüte aufgeführt. Die Datengüte beschreibt die Aussagekraft der Bilanz und der ihr zu Grunde liegenden Daten.

### *Kategorisierung der Daten nach Datengüte:*

<b>Datengüte A:</b>	Regionale Primärdaten (entspricht einer Datengüte von <b>1,0</b> )
<b>Datengüte B:</b>	Primärdaten und Hochrechnung (entspricht einer Datengüte von <b>0,5</b> )
<b>Datengüte C:</b>	Regionale Kennwerte und Statistiken (entspricht einer Datengüte von <b>0,25</b> )
<b>Datengüte D:</b>	Bundesweite Kennzahlen (entspricht einer Datengüte von <b>0</b> )

Die qualitative Analyse der Daten nach Energieform (Strom, Wärme und Mobilität) zeigt, dass der Bereich Strom am sichersten zu bilanzieren ist. Dagegen müssen im Bereich Wärme Bewertungen auf Basis von Durchschnittswerten und Hochrechnungen vorgenommen werden. Das trifft vor allem bei den nicht-leitungsgebundenen Energieträgern (z. B. Heizöl, Biomasse) zu. Unsicherheiten ergeben sich insbesondere in den Bereichen Wirtschaft und Mobilität. Ebenso ist zu berücksichtigen, dass die Zuordnung der Verbräuche zu den Sektoren Unschärfen aufweisen kann. Beispielsweise ist nicht immer eine eindeutige Abgrenzung zwischen Haushalten und gewerblicher Nutzung möglich, was insbesondere bei den nicht-leitungsgebundenen Energien der Fall ist.

Für die Gesamtbilanz der Stadt Bad Wünnenberg ergibt sich für das Bilanzjahr 2019 eine Datengüte von 0,84. Aufgrund von Unschärfen bei der Aufteilung zwischen den Verbrauchssektoren, reduziert sich die Datengüte bei sektoraler Aufteilung entsprechend. Damit können die Ergebnisse der Bilanz dennoch als belastbar bezeichnet werden. Bei der Bewertung der Datengüte gilt generell, dass mindestens ein Wert von 0,50 erreicht werden sollte. Angaben, die diesen Wert unterschreiten basieren auf starken Annahmen und sind damit zu weit entfernt von der kommunalen Realität. Werte über 0,90 sollten ebenso kritisch betrachtet werden, da ein solches Ergebnis aufgrund der Tatsache, dass es bei der Erfassung natürliche Unschärfen gibt (z. B. durch nicht-leitungsgebundene Energieträger), fragwürdig ist. Die detaillierte Vorgehensweise der Bilanzierung ist energieträgerscharf dem Anhang zu entnehmen.

**Tabelle 1: Quellen der Energiedaten**

Energiedaten	Quellen und Annahmen	Datengüte
<b>Verbrauch im stationären Bereich</b>		
Strom	Netzbetreiber (vgl. Anhang)	A
Erdgas	Netzbetreiber (vgl. Anhang)	A
Heizöl, Flüssiggas, Biomasse und Kohle	Hochrechnung auf Basis der Daten der Bezirksschornsteinfeger (vgl. Anhang) und entsprechend einer Abschätzung des Wärmebedarfs [12]	B/C
Solarthermie	Anzahl geförderter Anlagen entsprechend Energieatlas NRW [13]	C
Umweltwärme	Hochrechnung auf Basis der Daten der Stromnetzbetreiber	B
<b>Sektorale Aufteilung</b>		
Haushalte (HH)	Angaben des Stromnetzbetreibers und anhand der Leistung der Kessel gemäß Daten der Schornsteinfeger (vgl. Anhang)	A/B
Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften (KE)	Verbrauchsübermittlung durch die Stadt [14]	A
Wirtschaft (WI)	Übriger Verbrauch; eine weitere Aufteilung zwischen GHD und IND ist nur mit großen Unsicherheiten möglich und wird daher nicht durchgeführt.	C
<b>Verbrauch im Sektor Mobilität</b>		
Kfz-Verkehr	GRETA-Tool (UBA) [12]	B/C
Bahn- und Schiffsverkehr	Transport Emission Model (TREMOM) des ifeu [12]	A
Schienenverkehr	Emissionskataster der Deutschen Bahn AG [12]	A
Busverkehr	Hochrechnung auf Grundlage der Angaben zur Fahrleistung vom Nahverkehrsverbund Paderborn/Höxter (vgl. Anhang)	B/C



## 1.2 Endenergieverbrauch

In der energiepolitischen Diskussion wird das Thema Energieverbrauch unter zwei Aspekten betrachtet: Primärenergieverbrauch und Endenergieverbrauch. Wenn beide Begriffe in einem Kontext verwendet werden, kann dies zu Irritationen führen. So heißt es z. B. in den energiepolitischen Zielen der Bundesrepublik, dass der Primärenergiebedarf von Gebäuden reduziert und der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch erhöht werden soll. Zur Klarstellung sollen die folgenden Definitionen dienen:

*Primärenergie* steht in Form natürlich vorkommender Energieträger zur Verfügung: als Öl, Kohle, Gas und Uran sowie als erneuerbare Energien (Wasserkraft, Sonne und Wind). Bei der Primärenergie wird die gesamte Bereitstellungskette der Gewinnung betrachtet, die bei den konventionellen Energien mit einem erheblich höheren energetischen Aufwand verbunden ist als bei den Erneuerbaren.

*Endenergie* unterscheidet sich von der Primärenergie durch die in Umwandlungs- und Transportvorgängen (z. B. bei der Stromerzeugung) verlorene Energiemenge. Endenergie (nutzbare Energie) ist demnach das, was den Verbraucher\*innen direkt zur Verfügung (Strom aus der Steckdose) steht. Die Bilanz für die Stadt Bad Wünnenberg ist endenergiebasiert.

Der Endenergieverbrauch in der Stadt Bad Wünnenberg lag im Jahr 2019 bei fast 608.500 MWh (vgl. Abbildung 5). Davon entfallen nur rund 27 Prozent auf den stationären Bereich (Strom- und Wärmeverbrauch in Gebäuden und Prozessen). Der Verkehrssektor (MOB) ist damit aufgrund der Bilanzierung nach BSKO für 73 Prozent des Endenergieverbrauchs im Stadtgebiet verantwortlich. Insbesondere der Durchgangsverkehr der beiden Bundesautobahnen (A33 und A44) kommt dabei zum Tragen.

Der Verbrauch im stationären Bereich setzt sich zusammen aus etwa gleichen Anteilen aus den privaten Haushalten und aus den wirtschaftlichen Aktivitäten in der Stadt. Der Verbrauch durch die Stadt selbst beläuft sich lediglich auf ein Prozent des Gesamtverbrauchs. Gegenüber dem Jahr 2018 wurden 2019 rund zwei Prozent weniger Energie verbraucht.

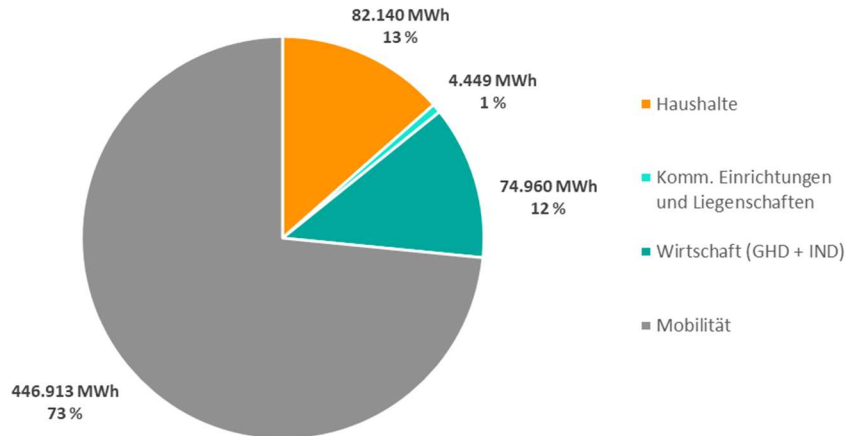


Abbildung 5: Endenergieverbrauch nach Sektoren im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg

Die folgende Grafik zeigt den spezifischen Endenergieverbrauch pro Einwohner\*in in der Stadt im Länder- und Bundesvergleich. Ein Pro-Kopf-Vergleich ist jedoch nur bedingt sinnvoll, da der lokale Endenergieverbrauch stark von der lokalen Wirtschaftsstruktur und der Verkehrsinfrastruktur abhängt. Der Verbrauch pro Einwohner\*in in der Stadt Bad Wünnenberg liegt mit ca. 50 MWh deutlich über dem Bundes- (30 MWh/EW) [15] und dem Landesdurchschnitt (33 MWh/EW) [16].

In Bad Wünnenberg erklärt sich der hohe Verbrauch durch den bezogen auf die Einwohnerzahl sehr großen Anteil des Verkehrssektors, bedingt durch die Anwendung des Territorialprinzips. Gleichwohl wird deutlich, dass der Wirtschaftssektor verglichen mit dem Land NRW und der Bundesrepublik im Stadtgebiet weniger stark von Bedeutung ist.

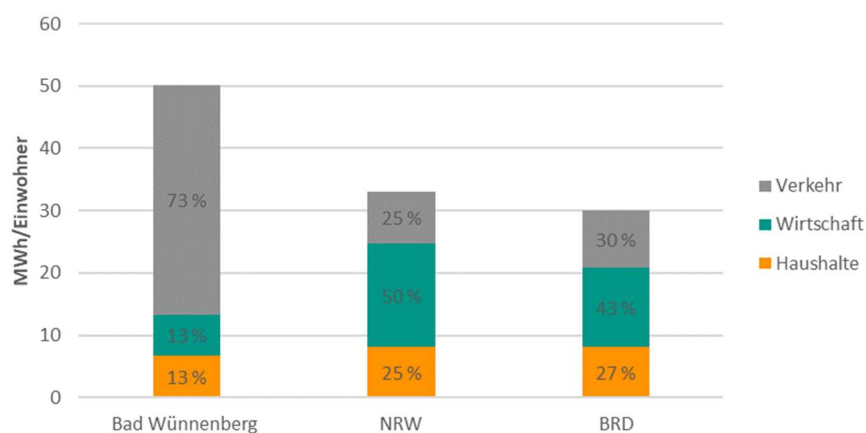


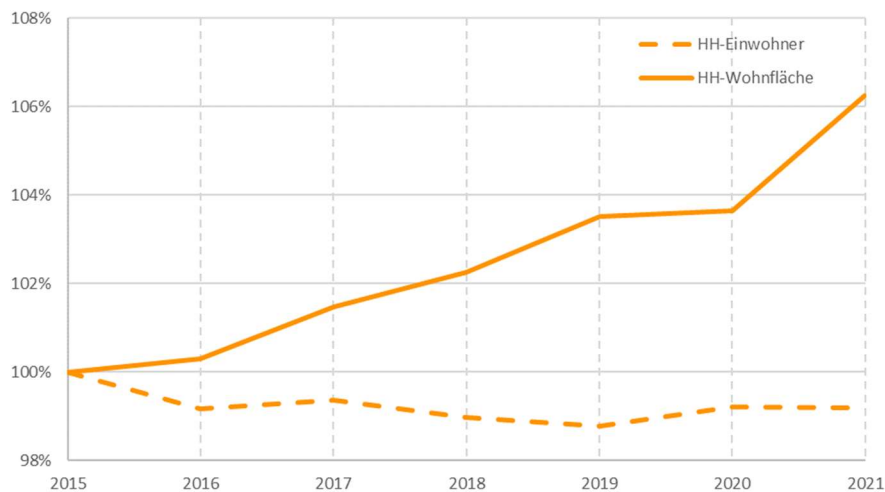
Abbildung 6: Spezifischer Endenergieverbrauch pro Einwohner\*in im Jahr 2019 im Landes- und Bundesvergleich (target GmbH nach [15] und [16])

## Private Haushalte

Der Sektor Private Haushalte ist für 13 Prozent des Endenergieverbrauchs in der Stadt Bad Wünnenberg im Jahr 2019 verantwortlich. Das ist aufgrund der Bedeutung des Verkehrssektors deutlich weniger als auf Bundesebene anteilig an Energie in diesem Sektor verbraucht wird (27 Prozent).

Bezogen auf die Bevölkerungszahl ergibt sich ein spezifischer Endenergieverbrauch von 6,8 MWh pro Kopf. Das ist etwa 20 Prozent weniger, als in den privaten Haushalten im Bundes- und Landesschnitt pro Kopf verbraucht wird. [15] [16]

Wichtiger Indikator für den Endenergieverbrauch in diesem Sektor ist neben der Bevölkerungszahl auch die Wohnfläche. Während die Bevölkerungszahl der Stadt Bad Wünnenberg, wie in Abbildung 7 zu erkennen, seit 2015 tendenziell sinkt, stiegt die Wohnfläche stetig an.



**Abbildung 7: Prozentuale Entwicklung der Bevölkerung und der Wohnfläche in der Stadt Bad Wünnenberg in Bezug auf das Jahr 2015 (target GmbH nach [17])**

Diese Entwicklung ist vor allem in Bezug auf den Wärmeverbrauch eher als nachteilig zu bewerten. Die Wohnfläche pro Person in der Stadt beläuft sich auf 52 m<sup>2</sup> im Jahr 2019 und damit auf 5 m<sup>2</sup> mehr als im Bundesdurchschnitt. [18] Das kann ein Indiz für den vergleichsweise hohen Anteil des Wärmeverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch der privaten Haushalte sein, wie in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2: Endenergieverbrauch 2019 im Sektor Private Haushalte in der Stadt Bad Wünnenberg**

Energieform	2019	
	MWh/a	%
Strom	14.111	16 %
Wärme	76.752	84 %
<b>Endenergie</b>	<b>90.863</b>	<b>100 %</b>

Bei der Darstellung des Sektors Private Haushalte (HH) muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Differenzierung zwischen diesem und dem Anteil des Sektors GHD am Wirtschaftssektor mit Unsicherheiten behaftet ist. Grund dafür ist, dass die Grenzen zwischen den Standardlastprofilen der Netzbetreiber fließend sind und eine exakte Aufteilung damit erschwert wird.

### Wirtschaft (GHD + IND)

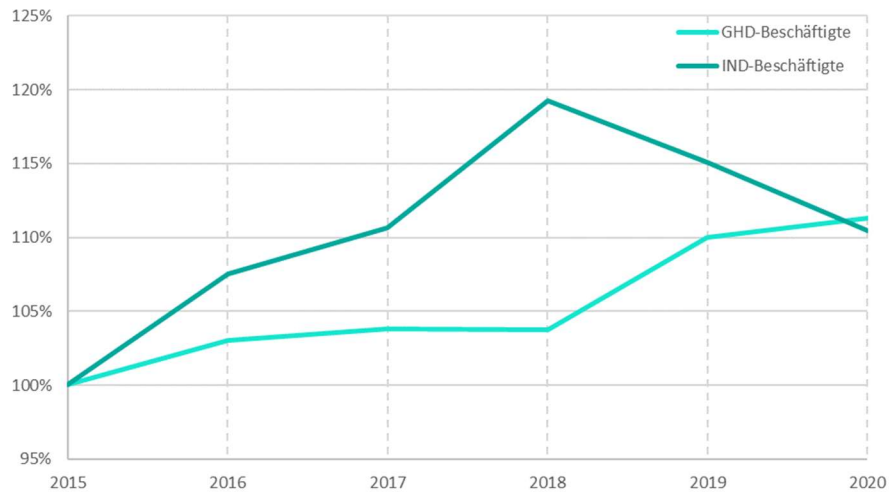
Der in dem vorliegenden Bericht dargestellte Bereich Wirtschaft setzt sich zusammen aus der Industrie und dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Letzterer umfasst auch die kommunalen Einrichtungen und Liegenschaften, die in diesem Bericht jedoch gesondert ausgewiesen werden. Auf eine weitere Aufteilung des Verbrauchs auf den Sekundärsektor (Industrie) und den tertiären Sektor (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) wird an dieser Stelle verzichtet. Die Grenzen zwischen den einzelnen Sektoren sind fließend und eine scharfe Abgrenzung ist ohne erheblichen und unverhältnismäßigen Aufwand nicht möglich, sodass auf eine weitere Aufteilung verzichtet wird.

Der Wirtschaftsbereich macht insgesamt 12 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs aus. Dies liegt deutlich unter dem Durchschnitt für Nordrhein-Westfalen (50 Prozent, [16]) und auch unter dem Bundesdurchschnitt (43 Prozent, [15]). Die Wirtschaft in Bad Wünnenberg verbraucht im Vergleich zu den Haushalten deutlich mehr Strom (41 Prozent Stromanteil im Sektor Wirtschaft gegenüber 16 Prozent Stromanteil im Sektor Private Haushalte).

**Tabelle 3: Endenergieverbrauch 2019 im Sektor Wirtschaft (GHD + IND) in der Stadt Bad Wünnenberg**

Energieform	2019	
	MWh/a	%
Strom	17.806	41 %
Wärme	26.054	59 %
<b>Endenergie</b>	<b>43.860</b>	<b>100 %</b>

Der Endenergieverbrauch im Wirtschafts-Sektor ist mit rund 75 GWh im Jahr 2019 gegenüber dem Vorjahr (93 GWh) deutlich gesunken. Der Trend spiegelt sich auch in der Entwicklung der Beschäftigtenzahlen wider (vgl. Abbildung 8). So ist die Anzahl der Beschäftigten im Sektor Industrie im Jahr 2019 deutlich gesunken, nachdem in den Jahren zuvor ein stetiger Anstieg zu beobachten war.



**Abbildung 8: Prozentuale Entwicklung der Beschäftigten in Industrie und GHD der lokalen Wirtschaft in Bezug auf das Jahr 2015 (target GmbH, nach [12])**

## Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften

Der Verbrauch durch die Stadt Bad Wünnenberg selbst umfasst zum einen den Energieverbrauch in den eigenen Einrichtungen und Liegenschaften. Zum anderen machen auch Straßenbeleuchtung und sonstige Infrastruktur einen großen Anteil am Energieverbrauch einer Kommune aus.

In der Bilanz werden die städtischen Liegenschaften berücksichtigt, die für den Großteil des Energieverbrauchs der Stadt relevant sind. Die Datengrundlage dafür bildet die Datenerfassung für den Energiebericht der Stadt Bad Wünnenberg, der im Rahmen der Teilnahme am kommunalen Klimaschutz Netzwerk<sup>4</sup> erstellt wird. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Energiebericht bislang nicht alle Verbrauchsstellen der Stadt Bad Wünnenberg abbildet. [14] Demnach ist davon auszugehen, dass sowohl Energieverbrauch als auch Treibhausgas-Emissionen der Stadtverwaltung größer sind als hier dargestellt.

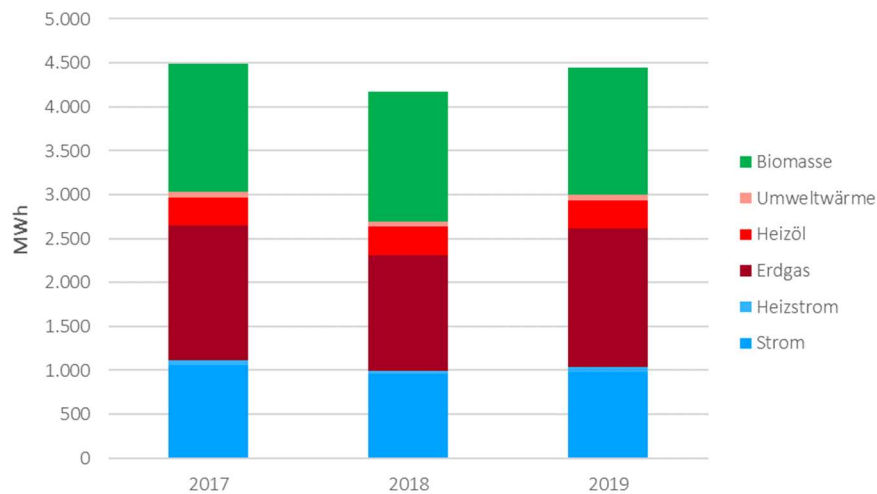
Für das Jahr 2019 ergibt sich unter den geschilderten Voraussetzungen ein Endenergieverbrauch von 4.449 MWh (vgl. Abbildung 9). Davon entfallen 78 Prozent auf die Bereitstellung von Wärme und die übrigen 22 Prozent auf den Bezug von Strom. Der hohe Stromanteil (vgl. mit den privaten Haushalten) resultiert aus der Berücksichtigung der Straßenbeleuchtung. Dabei ist der hohe Anteil der Straßenbeleuchtung (982 MWh am Gesamtstromverbrauch der Kommune) mit 44 Prozent in etwa durchschnittlich. Laut Publikation der Deutschen Energie-Agentur (dena) macht die Straßenbeleuchtung im Durchschnitt rund 30 bis 50 Prozent des kommunalen Stromverbrauchs aus. [19] Spätestens ab dem Jahr 2021 ist davon auszugehen, dass der Anteil der Straßenbeleuchtung rückläufig sein wird. Grund dafür ist die Umstellung im Rahmen des kommunalen Energiekonzepts von über 300 Leuchtstellen von energieintensiven Langfeldleuchten auf effiziente LED-Leuchtmittel.

Die Wärmeversorgung der kommunalen Einrichtungen und Liegenschaften wird bislang trotz eines bedeutenden Anteils von Biomasse (33 Prozent aufgrund der Holzpellet-Anlagen in den Grundschulen Bad Wünnenberg und Haaren/Helmern sowie dem Profil-Schulzentrum in Fürstenberg) durch den Einsatz fossiler Energieträger (v. a. Erdgas) dominiert. Dazu kommt eine Wärmepumpen-Anlage im Kindergarten Bleiwäsche.

---

<sup>4</sup> Vgl. <https://www.westfalenweser.com/nachhaltigkeit/klimaschutznetzwerk>

Innerhalb des Betrachtungszeitraums ist eine schwankende Tendenz des Energieverbrauchs zu erkennen. Nach einem Verbrauchsrückgang im Jahr 2018 ist der Verbrauch im Jahr 2019 wieder auf das Niveau von 2017 angestiegen.<sup>5</sup>



**Abbildung 9: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der kommunalen Einrichtungen und Liegenschaften in der Stadt Bad Wünnenberg 2017 bis 2020**

Mehr als 80 Prozent der Energie werden dabei in den Schulen, Kitas und Sportstätten verbraucht. Etwa 11 Prozent des Energieverbrauchs sind auf das Rathaus und weitere Verwaltungsgebäude zurückzuführen. Der übrige Verbrauch resultiert aus sonstigen kommunalen Gebäuden (z. B. Feuerwehrgerätehäuser und Dorfgemeinschaftsanlagen) sowie der Infrastruktur (ohne Straßenbeleuchtung).

<sup>5</sup> Auf eine Darstellung des Energieverbrauchs in den Jahren 2020 und 2021 wird an dieser Stelle verzichtet und auf den Energiebericht der Stadt Bad Wünnenberg für das Jahr 2021 verwiesen. [18]

**Tabelle 4: Aufteilung des Endenergieverbrauchs im Sektor Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg, ohne Straßenbeleuchtung**

Gebäudeart / Energieträger	Schulen, Kitas & Sportstätten		Verwaltungs- gebäude		Sonstige kommunale Gebäude & Infrastruktur		Endenergie
	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a
Biomasse	1.446	45 %	-	-	-	-	1.446
Erdgas	971	30 %	393	88 %	214	58 %	1.578
Heizstrom	-	-	-	-	59	16 %	59
Heizöl	306	10 %	-	-	12	3 %	318
Strom	413	13 %	56	12 %	86	23 %	555
Umweltwärme	66	2 %	-	-	-	-	66
<b>Bad Wünnenberg</b>	<b>3.202</b>	<b>80 %</b>	<b>449</b>	<b>11%</b>	<b>371</b>	<b>9 %</b>	<b>4.022</b>

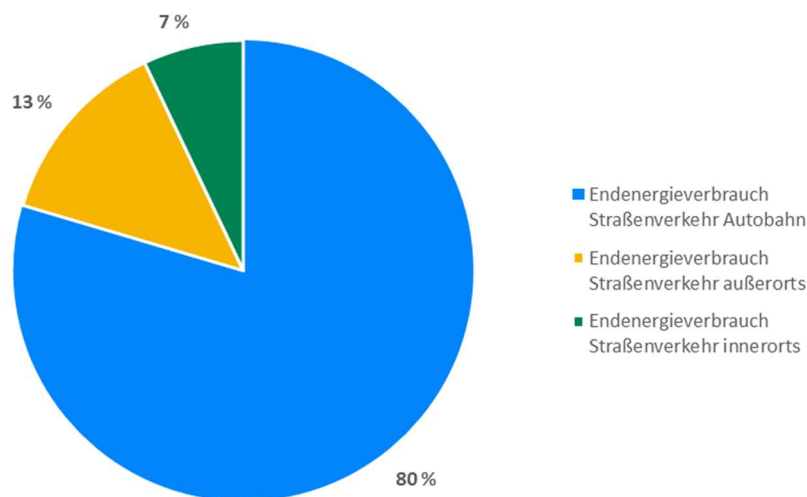


## Mobilität

Der Sektor Mobilität ist stark geprägt durch die regionale Verkehrsinfrastruktur. Die Stadt Bad Wünnenberg kann raumtypologisch zwar als kleinstädtischer, dörflicher Raum<sup>6</sup> definiert werden, dennoch nimmt der Verkehrssektor einen signifikant hohen Anteil am Endenergieverbrauch ein.

Grund dafür sind vor allem die Autobahnen, die durch das Stadtgebiet verlaufen. Die im nördlichen Stadtgebiet in Ost-West-Richtung verlaufende A 44 ist eine wichtige Anbindung an das Ruhrgebiet. Über das Autobahnkreuz Wünnenberg-Haaren besteht zudem ein Anschluss an die A 33 im Stadtgebiet, die ab Haaren in die Bundesstraße 480 übergeht und das Tor zum Sauerland darstellt.

Durch die Anwendung des Territorialprinzips wirkt sich der Durchgangsverkehr auf den Autobahnen deutlich auf den Endenergieverbrauch des Mobilitätssektors aus. Letztlich macht der Anteil des Autobahnverkehrs am Straßenverkehr in der Stadt Bad Wünnenberg etwa 80 Prozent aus (vgl. Abbildung 10).



**Abbildung 10: Anteile des Endenergieverbrauchs des Straßenverkehrs innerorts, außerorts und auf den Autobahnen im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg**

---

<sup>6</sup> Vgl. Regionalstatistische Raumtypen (RegioStar7) für die Mobilitäts- und Verkehrsforschung [38]

Der Anteil des Sektors Mobilität am Gesamtenergieverbrauch ist im Landes- und Bundesvergleich damit sehr hoch (73 Prozent in Bad Wünnenberg gegenüber 25 Prozent in NRW und 30 Prozent in Deutschland). Auch der spezifische Verbrauch des Verkehrssektors fällt mit 36,7 MWh pro Kopf deutlich größer aus als im Bundes- (9,2 MWh/EW) und im Landesschnitt (7,8 MWh/EW). [15] [16]

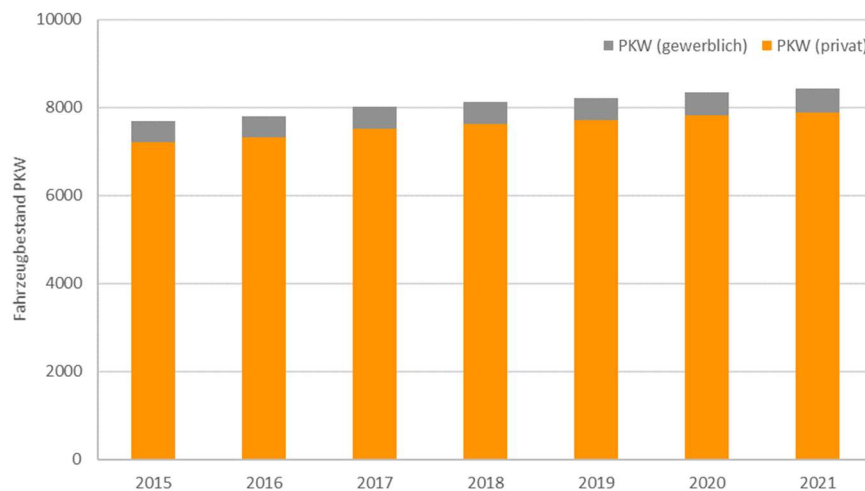
Aufgrund der Autobahn ist, wie in Tabelle 5 zu erkennen, der Verkehrsbereich typischerweise geprägt durch einen hohen Anteil (51 Prozent) des Güterverkehrs. Einen ähnlich hohen Anteil nimmt der motorisierte Individualverkehr (MIV) mit etwa 47 Prozent ein. Auch hier resultiert ein Großteil aus dem Verkehr auf der Autobahn. Ferner trägt die ländliche Struktur und die damit verbundenen Pendlerverflechtungen zu einem hohen Anteil des MIV bei.

Der öffentliche Personenverkehr (ÖPV, inklusive öffentlicher Personenfernverkehr) hat mit zwei Prozent bislang eine untergeordnete Rolle. Grund dafür ist auch, dass die Stadt Bad Wünnenberg über kein Schienennetz verfügt. Der nächste Fernverkehrsbahnhof befindet sich im rund 20 Kilometer entfernten Paderborn. Die 8 GWh des ÖPV resultieren demnach vollständig aus dem Busverkehr. Verantwortlich für die Bedienung des Busverkehrs in der Stadt Bad Wünnenberg ist der Nahverkehrsverbund Paderborn-Höxter. Neben der Verbindung zwischen den einzelnen Ortsteilen besteht über die Regionalbuslinien eine Verbindung an die Städte Paderborn und Büren im Kreis Paderborn und an die Stadt Brilon im benachbarten Hochsauerlandkreis.

**Tabelle 5: Endenergieverbrauch 2019 im Sektor Verkehr in der Stadt Bad Wünnenberg**

Verkehrsmittel / Verkehrsart	MIV		ÖPV		Güterverkehr		Endenergie	
	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%	MWh/a	%
LNF	-	-	-	-	21.037	9 %	21.037	5 %
Bus	-	-	7.760	100 %	-	-	7.760	2 %
LKW	-	-	-	-	207.280	91 %	207.280	46 %
Motorisierte Zweiräder	1.781	1 %	-	-	-	-	1.781	0 %
PKW	209.055	99 %	-	-	-	-	209.055	47 %
<b>Verkehr</b>	<b>210.836</b>	<b>47 %</b>	<b>7.760</b>	<b>2 %</b>	<b>228.317</b>	<b>51 %</b>	<b>446.913</b>	<b>100 %</b>

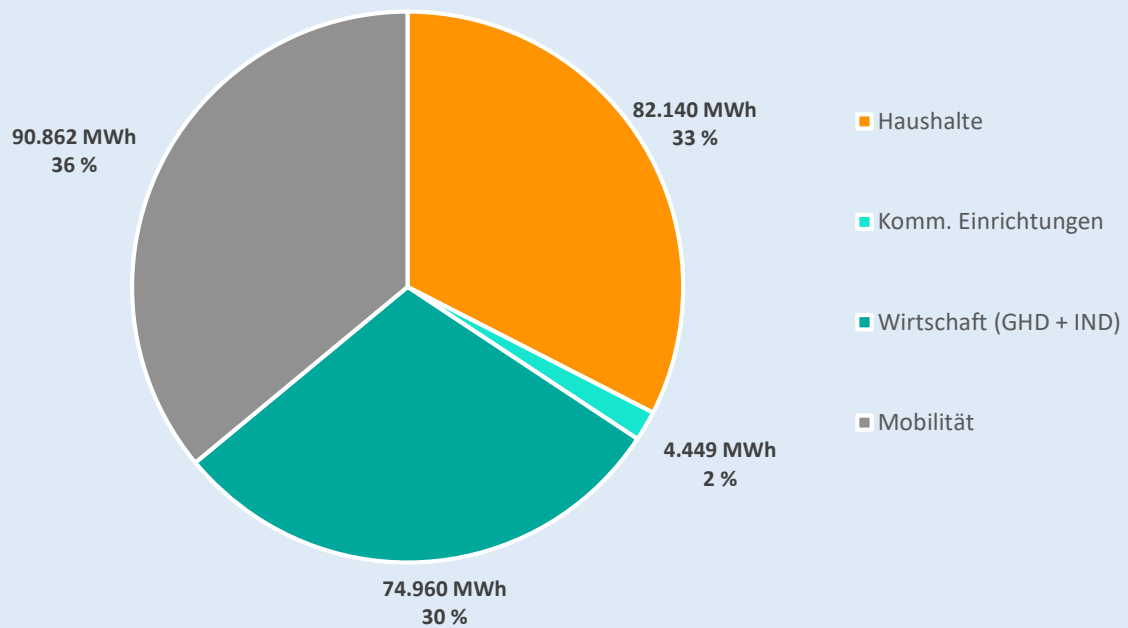
Gerade durch die verzerrte Darstellung der Bilanz aufgrund der Berücksichtigung des Autobahnverkehrs ist es wichtig, lokale Indikatoren bei der Bewertung zu berücksichtigen. Im Hinblick auf das Verkehrsaufkommen ist der Fahrzeugbestand eine wichtige Kenngröße. Rund 94 Prozent der zugelassenen PKW in der Stadt sind Privatfahrzeuge (vgl. Abbildung 11). Bezogen auf die Bevölkerungszahl in der Stadt ergibt sich für das Jahr 2021 eine PKW-Dichte von 0,69 Fahrzeugen pro Kopf. Dieser Wert ist ausgehend vom Jahr 2015 um mehr als zehn Prozent gestiegen. Grund dafür ist die Zunahme der zugelassenen PKW (+ zehn Prozent seit 2015) bei gleichzeitig rückläufiger Bevölkerungszahl. Dieser Trend ist in ganz Deutschland zu beobachten. [20] Effizienzsteigerungen in der Automobilindustrie werden durch die steigende Anzahl an Fahrzeugen zunichtegemacht. So ist auch der Energieverbrauch des PKW-Verkehrs in der Stadt im Vergleich zu 2018 von 206 GWh auf 209 GWh (inkl. Autobahn) angestiegen.



**Abbildung 11: Prozentuale Entwicklung der zugelassenen Fahrzeuge (PKW) in der Stadt in Bezug auf das Jahr 2015 (target GmbH, nach [20])**

### Exkurs – Bereinigung des Sektors Mobilität

Das Einflussvermögen der Stadt auf den Energieverbrauch des Sektors Mobilität, ist insbesondere in Bezug auf die Autobahn, gering bis gar nicht vorhanden. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle eine um den Autobahnverkehr bereinigte Bilanz ausgewiesen. Ohne Berücksichtigung des Verkehrs auf der Autobahn reduziert sich der Endenergieverbrauch (2019) der Stadt Bad Wünnenberg um fast 60 Prozent auf 252 GWh. Der Anteil des Verkehrssektors reduziert sich entsprechend auf 36 Prozent. Damit entspricht die sektorale Aufteilung unter Berücksichtigung der Wirtschaftsstruktur in etwa dem Durchschnitt einer ländlichen Region. Pro Kopf ergibt sich bei ausschließlicher Betrachtung des Verkehrs inner- und außerorts (ohne Autobahn) ein Verbrauch von 7,5 MWh/EW (vgl. Deutschland-Schnitt 9,1 MWh/EW, [12]).



**Abbildung 12: Sektorale Aufteilung des Endenergieverbrauchs der Stadt Bad Wünnenberg im Jahr 2019 nach Bereinigung um den Autobahn-Verkehr**

### 1.3 Energie-Mix

Der Endenergieverbrauch nach Energieformen ist unterteilt in Wärme, Strom und Mobilität. Auf die Wärmebereitstellung entfallen dabei 19 Prozent, während Stromanwendungen (ohne Strom für Mobilität und Heizzwecke) rund acht Prozent des Endenergieverbrauchs im Jahr 2019 ausmachen; 73 Prozent entfallen auf den Verkehrssektor.

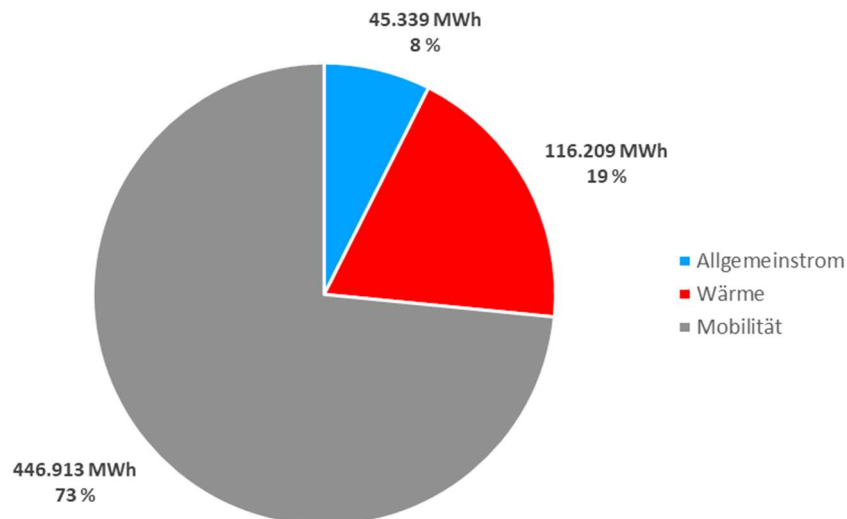


Abbildung 13: Endenergieverbrauch nach Energieformen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg

Beim Vergleich der Ergebnisse für die Jahre 2018 und 2019 ist im stationären Bereich (Strom und Wärme) überwiegend eine rückläufige Entwicklung des Energieverbrauchs zu verzeichnen. So ist der Stromverbrauch (nur Allgemeinstrom) um mehr als 15 Prozent und der Wärmeverbrauch um fast zehn Prozent zurückgegangen. Der Endenergieverbrauch des Verkehrs ist hingegen um ein Prozent angestiegen.

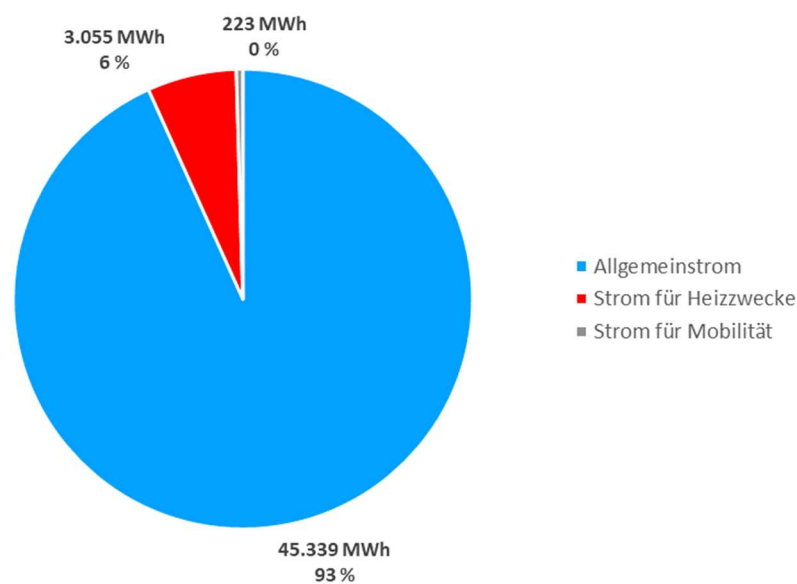
Im Folgenden werden die eingesetzten Energieträger nach Energieanwendung analysiert.

#### Strom

Der Stromverbrauch in der Stadt im Jahr 2019 betrug knapp 48.600 MWh, dargestellt in Abbildung 14. Davon sind rund 93 Prozent für allgemeine Stromanwendungen (z. B. Beleuchtung, IKT) verbraucht worden. Der übrige Stromverbrauch wird zum Großteil (6 Prozent) für die Wärmebereitstellung (Heizstrom, Strom für Wärmepumpen) genutzt. Davon werden bislang etwa 2.300 MWh für klassische Heizstromanwendungen (z. B. Nachtspeicherheizungen) und etwa 750 MWh für den Betrieb von Wärmepumpen eingesetzt.

Zukünftig ist davon auszugehen, dass der Stromverbrauch für Heizzwecke durch den vermehrten Einsatz von Wärmepumpen ansteigen wird. Wärmepumpen nutzen die Wärme aus der Umwelt (z. B. Luft, Wasser, Erdreich), um Gebäude zu beheizen.

Um die Umweltwärme auf das notwendige Temperaturniveau anzuheben, wird Strom benötigt. Maß für die in der Praxis benötigte Menge an Strom ist die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen. Eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 3 bedeutet, dass mit einer Kilowattstunde Strom insgesamt 3 kWh an Wärme erzeugt werden können. Bislang sind laut Auswertung des LANUV 33 geothermische Anlagen in der Stadt Bad Wünnenberg in Betrieb. Dazu kommen weitere Wärmepumpen-Anlagen, die andere Umweltmedien als Wärmequelle nutzen. [13]

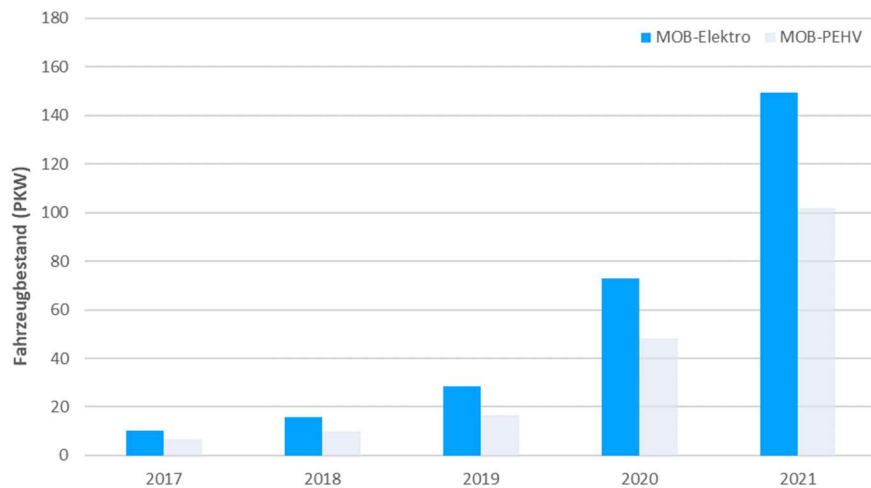


**Abbildung 14: Stromverbrauch nach Anwendungen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg**

Strom als Energieträger im Verkehrsbereich (Elektromobilität) macht mit weniger als einem Prozent bzw. rund 200 MWh bisher nur einen sehr geringen Anteil am Gesamtstromverbrauch aus. Zwar hat sich der Anteil der PKW mit voll- und teilelektrischen (Plug-In-Hybride, PEHV) Antrieben<sup>7</sup> seit 2017 rasant entwickelt (ca. +1.500 Prozent bis 2021, vgl. Abbildung 15), dennoch machen die Fahrzeuge mit elektrischen Antrieb bislang nur drei Prozent vom Gesamt-Fahrzeugbestand aus. [21] Es ist jedoch davon auszugehen, dass in diesem Bereich zukünftig eine starke Elektrifizierung stattfinden wird, sodass hier eine Zunahme wahrscheinlich ist.

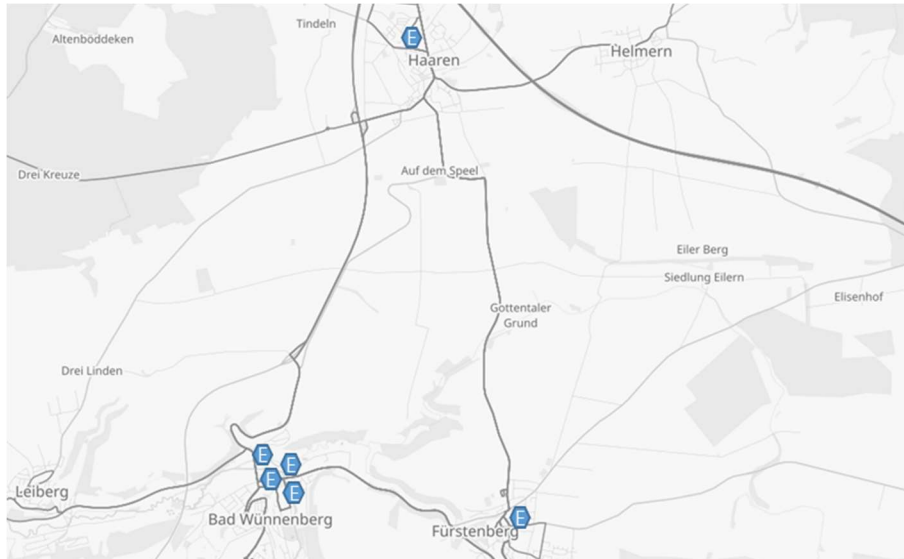
---

<sup>7</sup> Hochrechnung auf Grundlage der Entwicklung im Zulassungsbezirk (Kreis Paderborn) [20]



**Abbildung 15: Hochgerechnete Entwicklung der zugelassenen PKW mit voll- und teilelektrischen (Plug-In-Hybride, PEHV) Antrieben in der Stadt Bad Wünnenberg [22]**

Vor dem Hintergrund der fortschreitenden Elektrifizierung ist auch der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur entscheidend. Bislang (Stand Dezember 2022) sind laut Bundesnetzagentur im Stadtgebiet sechs öffentliche Ladesäulen mit je zwei Ladepunkten in Betrieb. Die Ladesäulen befinden sich, wie in Abbildung 16 dargestellt mit Ausnahme einer Ladesäule im Ortsteil Haaren im Kernort Bad Wünnenberg und dem angrenzenden Fürstenberg. [21]



**Abbildung 16: Öffentliche Ladesäulen in der Stadt Bad Wünnenberg (Stand: Dezember 2022)<sup>8</sup>**

<sup>8</sup> Kartengrundlage: ©openstreetmap-Mitwirkende

Weitere 11 Ladesäulen im Stadtgebiet wurden durch den Bund gefördert und befinden sich derzeit in der Umsetzung. Dazu kommt eine weitere Ladesäule von Westfalen Weser Netz Charging. Damit werden auch die übrigen Stadtteile an die öffentliche Ladesäuleninfrastruktur angeschlossen. Eine Übersicht über die neuen Lademöglichkeiten bietet die folgende Tabelle 6. Zusätzlich ist eine Schnell-Ladesäule am Baugebiet „Auf der Iserkuhle“ geplant.

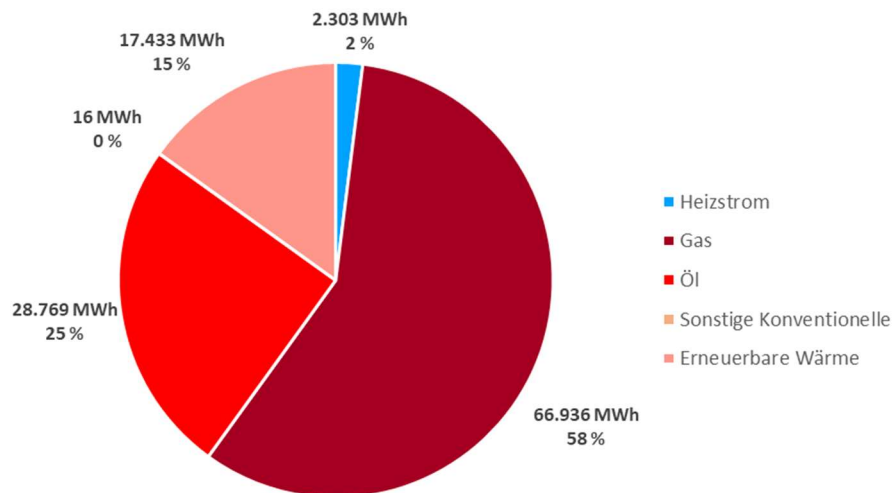
**Tabelle 6: Übersicht über die in Umsetzung befindlichen öffentlichen Ladesäulen in den Stadtteilen von Bad Wünnenberg**

Stadtteil	Standort	Anzahl der Ladepunkte
Bleiwäsche	Parkplatz südlich der Kirche	2
Fürstenberg	Parkplatz Kirche/Jugendbegegnungsstätte	2
Fürstenberg	Parkbuchten am Glashüttenweg	2
Fürstenberg	Parkplatz an der Profilschule	2
Haaren	Parkplatz Volksbank/ehem. Haarener Hof	2
Helmern	Parkplatz am Friedhof	2
Leiberg	Parkplatz an der Kirche/Gaststätte Kaiser	2
Leiberg	Parkplatz am Sportplatz	2
Bad Wünnenberg	Parkplatz am Frei- und Hallenbad	2
Bad Wünnenberg	Parkplatz Oberstadt – An der Kirche	2
Bad Wünnenberg	Parkplatz am Wohnmobilhafen	2
Bad Wünnenberg	Parkplatz Aatal	2



## Wärme

Wärmeseitig sind 2019 in Bad Wünnenberg etwa 117.000 GWh an Energie verbraucht worden. Dabei ist der Energieträger Gas mit mehr als der Hälfte am bedeutendsten, gefolgt von Heizöl mit 25 Prozent. Erneuerbare Wärme (Biomasse, Solarthermie und Umweltwärme) macht bislang etwa 15 Prozent des Wärme-Mix' aus. Heizstrom (z. B. für Nachtspeicherheizungen) und sonstige Konventionelle (Kohle) nehmen auch Anteile am Wärme-Mix ein, sind aber mit jeweils wenigen Prozentpunkten zu vernachlässigen.



**Abbildung 17: Endenergieverbrauch Wärme nach Energieträgern 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg**

Die Aufteilung des Wärmeverbrauchs auf die Energieträger wird dadurch erschwert, dass es sich mit Ausnahme von Erdgas um nicht-leitungsgebundene Energieträger handelt. Grundlage für die Ermittlung des übrigen Wärme-Mix' sind die gelieferten Daten aus den Kehrbezirken. Über die Anzahl und die Leistung der erfassten Heizungsanlagen nach Energieträgern ist eine weitere Aufschlüsselung des Wärme-Mix' möglich.

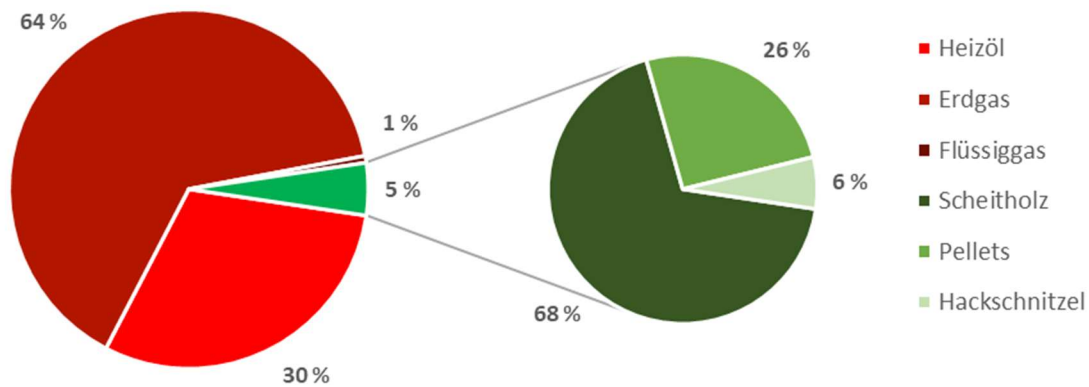
Der Großteil der durch die Schornsteinfeger erfassten Heizungsanlagen wird mit Gas betrieben<sup>9</sup>, gefolgt von Heizöl. Flüssiggas wird nur bei etwa einem Prozent der zentralen Feuerungsanlagen als Energieträger eingesetzt. Die Biomasse-Anlagen machen etwa fünf Prozent aus.

Zukünftig ist davon auszugehen, dass insbesondere der Anteil an Heizöl- und Gaskesseln weiter zurückgehen wird, während bei der Gebäudebeheizung Biomasse und vor allem Umweltwärme (für Wärmepumpen) einen immer größeren Stellenwert einnehmen werden.

---

<sup>9</sup> Ausschließlich Gaskessel, hier werden BHKWs nicht berücksichtigt.

Grund dafür ist neben der CO<sub>2</sub>-Bepreisung, den Auflagen des Gebäude-Energie-Gesetzes (Betriebsverbot für Ölheizungen ab 2026 [23]) und der derzeitigen Förderkulisse [24] auch die Gas-Krise aufgrund der geopolitischen Situation. Letzteres lässt aktuell auch einen deutlichen Trend zu Gunsten von Biomasse-Einzelraumfeuerstätten erkennen.



**Abbildung 18: Kesselstruktur (Anzahl der Kessel) in der Stadt Bad Wünnenberg, Stand 2021 ohne Einzelraumfeuerstätten und ohne BHKW**

#### *Exkurs – Witterungsbereinigung des Wärmeverbrauchs*

Eine entscheidende Einflussgröße auf den Wärmeverbrauch ist die Witterung. In einem besonders kalten Winter wird entsprechend mehr Wärme verbraucht, als das in einem milderen Winter der Fall ist. Als zusätzliche Information wurde daher für das Jahr 2019 eine Witterungsbereinigung durchgeführt. Dazu wurden die Anteile des Heizenergieverbrauchs am Wärmeverbrauch (also exklusive Warmwasserbereitung und Kochen) in den verschiedenen Sektoren witterungskorrigiert. Gemäß VDI 3807 wird der Verbrauch mit dem Gradtagezahl-Verhältnis des langjährigen Mittels mit dem jeweiligen Bilanzjahr multipliziert.

Es ergibt sich ein witterungsbereinigter Endenergieverbrauch von etwa 620.800 GWh. Aufgrund der 2019 vergleichsweise eher warmen Witterung ergibt sich bereinigt somit ein höherer Verbrauch als unbereinigt. Das war auch bereits im Jahr 2018 der Fall. Das Vorgehen zur Witterungskorrektur ist jedoch mit Unsicherheiten behaftet, sodass mit der Bereinigung der Einfluss der Witterung nie vollständig herausgerechnet werden kann.

Grundsätzlich werden Energie- und THG-Bilanzen auf Landes- und Bundesebene nicht korrigiert. Unter Berücksichtigung einer möglichen Fortführung der Bilanz stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die Bilanzen unter sich ändernden Rahmenbedingungen über mehrere Jahre hinweg vergleichbar sind, da verschiedene Faktoren deutlichen Einfluss auf eine Bilanz haben können und so lokale, durch Maßnahmen erzielte Minderungseffekte ggf. überlagert werden. Neben der Witterung gehören dazu unter anderem auch Konjunktur, demografische Entwicklungen oder verändertes Verbraucherverhalten.

## Mobilität

Der Bereich Mobilität hat 2019 mit rund 447.000 MWh zum Endenergieverbrauch der Stadt Bad Wünnenberg beigetragen. Bei den Kraftstoffen nimmt Diesel mit ca. 71 Prozent den weitaus größten Anteil ein. Dieser relativ hohe Anteil ist auf die Bedeutung des Autobahnverkehrs und dem damit verbundenen Lieferverkehr zum Logistikzentrum in Haaren zurückzuführen.

Darauf folgt mit 23 Prozent Benzin. Sonstige Kraftstoffe wie LPG oder CNG spielen kaum eine Rolle. Der Anteil der Biokraftstoffe resultiert im Wesentlichen aus der Beimischung von Biobenzin und Biodiesel zu den Kraftstoffen entsprechend der gesetzlichen Vorgaben.

Strom macht am Kraftstoff- bzw. Antriebs-Mix in der Stadt Bad Wünnenberg mit 223 MWh nicht einmal ein Prozent aus. Die Anteile der einzelnen Kraftstoffe verteilen sich nahezu genauso wie bereits 2018.

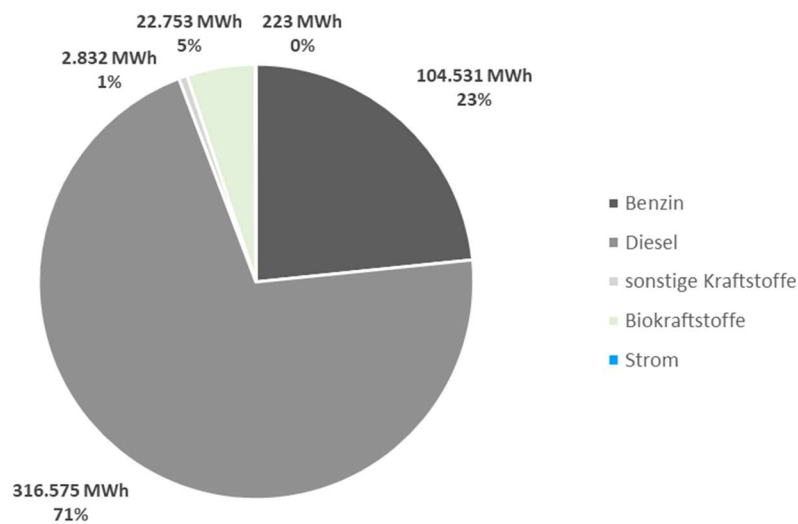
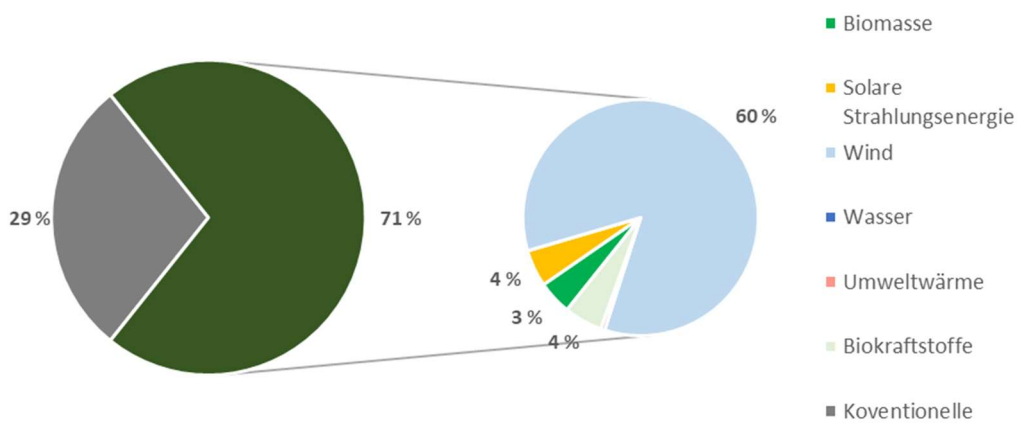


Abbildung 19: Endenergieverbrauch 2019 Mobilität nach Energieträgern

## 1.4 Erneuerbare Energien

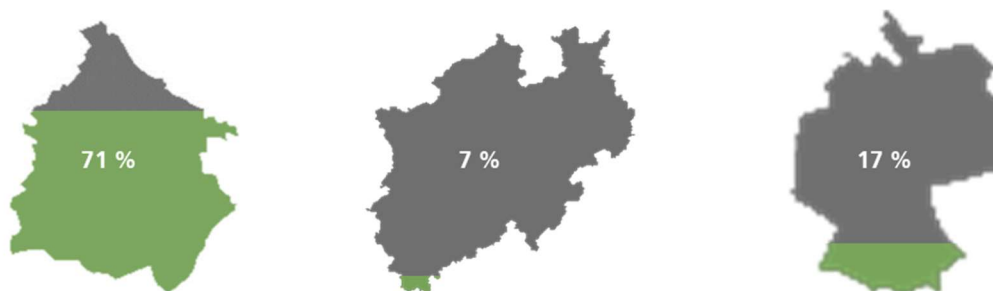
Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch betrug im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg fast 435 GWh und damit etwa 24 GWh mehr als noch im Jahr 2018. Allein 90 Prozent bzw. 395 GWh der erneuerbaren Energien resultieren aus der Stromerzeugung im Stadtgebiet. Wärmeseitig wurden im Jahr 2019 in Bad Wünnenberg rund 17 GWh an Wärme aus erneuerbaren Energien verbraucht. Der Anteil an Biokraftstoffen an den Erneuerbaren beträgt entsprechend fünf Prozent.

Bedeutendste Säule der erneuerbaren Energieerzeugung in der Stadt Bad Wünnenberg ist die Windkraft (60 Prozent). Die übrigen erneuerbaren Energien teilen sich zu etwa gleichen Anteilen auf die solare Strahlungsenergie (Photovoltaik und Solarthermie), Biomasse und Biokraftstoffe auf. Wasserkraft und Umweltwärme liefern nur vergleichsweise kleine Anteile und sind noch nahezu zu vernachlässigen.



**Abbildung 20: Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch und Nutzung erneuerbarer Energien nach Quellen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg**

Bilanziell lassen sich durch die Erzeugung vor Ort 71 Prozent des Endenergieverbrauchs decken. Das liegt aufgrund der großen Bedeutung der Windkraft deutlich über dem Landes- (7 Prozent) und dem Bundesdurchschnitt (17 Prozent).



**Abbildung 21: Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Landes- und Bundesvergleich, bilanzielle Betrachtung (target GmbH, nach [25] und [16])**

## Strom aus erneuerbaren Energien

Insgesamt wurden in der Stadt Bad Wünnenberg im Jahr 2019 etwa 394.800 MWh an Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Nachdem die Gesamterzeugung von 2013 bis 2015 durch den weiteren Zubau von Windkraftanlagen deutlich angestiegen ist, liegt diese im Mittel bei etwa 370.000 MWh. Die Schwankungen zwischen den Jahren sind dabei vermutlich auf das entsprechende Windangebot zurückzuführen. Auch die Strompreisentwicklung an der Börse und die damit verbundene Abschaltung von Windkraftanlagen oder die netzbedingte Abregelung, kann Einfluss auf die Erzeugung haben.

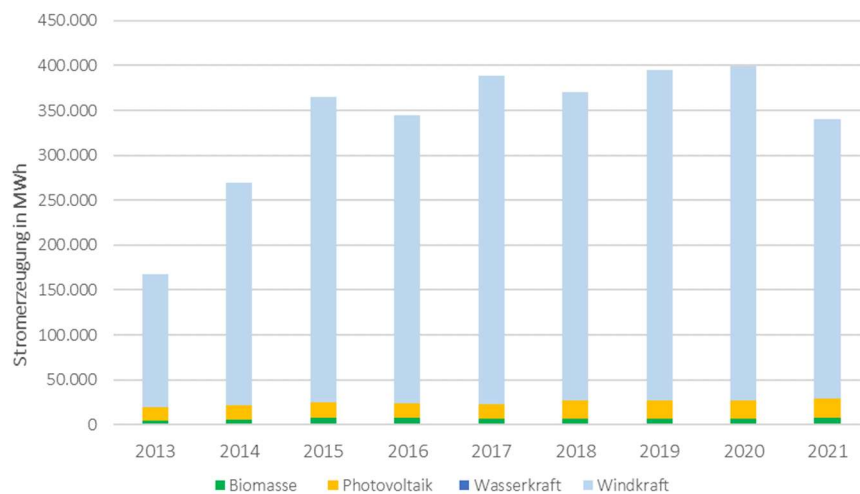


Abbildung 22: Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Stadt Bad Wünnenberg

Bilanziell übersteigt die Stromerzeugung aus Erneuerbaren damit den Stromverbrauch im Bilanzjahr um fast 700 Prozent. Das ist deutlich mehr als der bilanzielle Deckungsgrad des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien im Bundesdurchschnitt (42 Prozent). [25]

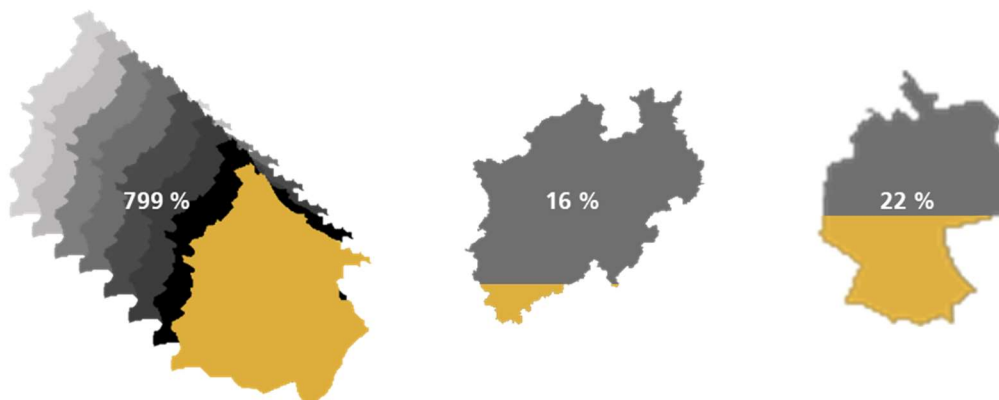
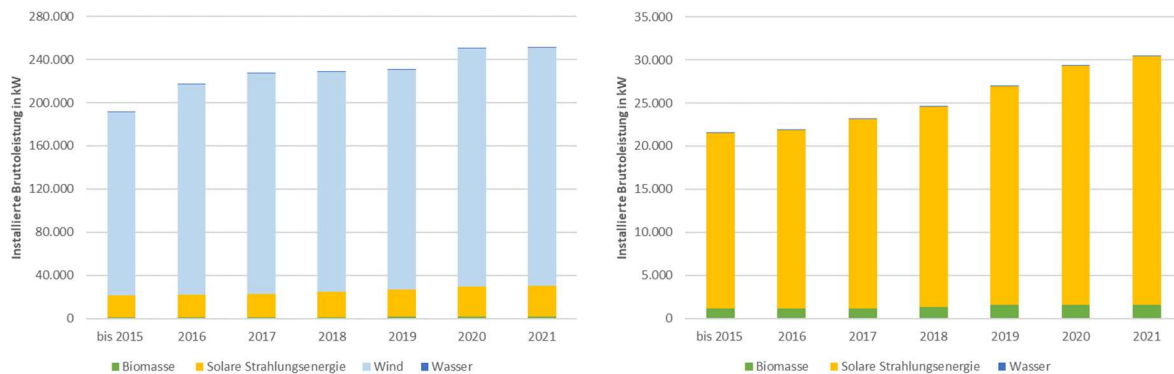


Abbildung 23: Anteile erneuerbarer Stromerzeugung am Stromverbrauch im Landes- und Bundesvergleich, bilanzielle Betrachtung (target GmbH, nach [25] und [16])

Entsprechend der Entwicklung der Anlagenzahlen ist davon auszugehen, dass auch in den Vorjahren bereits ähnliche hohe Deckungsgrade erzielt wurden. Der Zubau an erneuerbaren Energien im Bereich Strom lässt sich aufgrund der verfügbaren Daten gut abbilden.

Bis Ende 2021 waren im gesamten Stadtgebiet 1.301 Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger in Betrieb. Das entspricht einer installierten Leistung von etwa 251 MW. Die Entwicklung des Ausbaus ist in Abbildung 24 dargestellt und wird im Folgenden energieträgerspezifisch erörtert.



**Abbildung 24: Entwicklung der installierten Bruttoleistung der stromerzeugenden Anlagen in der Stadt Bad Wünnenberg mit (links) und ohne (rechts) Windkraft [26]**

### Windkraft

Säule der erneuerbaren Stromerzeugung in Bad Wünnenberg ist mit einem Anteil von 93 Prozent die Windkraft. Das spiegelt sich auch an dem Anteil der Windkraftanlagen an der installierten Leistung wieder. Besonders das nördliche Stadtgebiet, das der Paderborner Hochfläche angehört, ist dabei ausgiebig für die Windenergieerzeugung erschlossen. Bis Ende 2021 waren 98 Windkraftanlagen in Betrieb, mit einer installierten Leistung von rund 221 MW. Die erste Anlage ist bereits im Jahr 1995 in Betrieb genommen worden. Während die Anlagen, die vor 2000 in Betrieb genommen worden sind noch Leistungen von zwischen 0,5 und 0,8 MW aufweisen, haben die neueren Anlagen Leistungen zwischen 3 und 4,5 MW. Die größten Windkraftanlagen haben eine Nabenhöhe von 164 m und sind damit mehr als 100 m höher als die leistungsschwächsten Anlagen. [26]

### Solare Strahlungsenergie (Photovoltaik)

Wenngleich die PV-Anlagen die größte Anzahl unter den Erneuerbaren stellen (1.193), machen sie mit etwa 28,9 MW nur etwa zwölf Prozent der installierten Leistung aus. Damit decken sie rund fünf Prozent der erneuerbaren Stromerzeugung ab. Bei den PV-Anlagen handelt es sich bis auf eine Ausnahme (vgl. Kapitel kommunale Anlagen) um Aufdach-Anlagen, zumeist kleine und mittelgroße Anlagen. Nur 34 der Anlagen weisen Leistungen von mehr als 100 kWp auf.

Zusätzlich ist insbesondere in den letzten drei Jahren eine starke Zunahme der Batteriespeicher zu erkennen. Bis Ende 2021 wurden 86 Speicher mit einer durchschnittlichen nutzbaren Speicherkapazität von etwa 13,9 kWh in Betrieb genommen, um den vor Ort erzeugten Strom zu speichern und damit die Eigenverbrauchsquote zu steigern.

Beim Ausbau der PV-Anlagen nimmt die Stadt aufgrund der Sichtbarkeit eine wichtige Vorreiter-Rolle. Bisher befinden sich auf acht Dächern kommunaler Gebäude PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von 212 kWp. Im Durchschnitt können so 193 MWh an Strom pro Jahr erzeugt. Bei den Anlagen handelt es sich um Teileinspeise-Anlagen, betrieben durch die Stadtwerke Bad Wünnenberg. Das heißt, dass der vor Ort erzeugte Strom zunächst in den Gebäuden verbraucht wird. Der überschüssige Strom wird ins Netz eingespeist und entsprechend nach EEG vergütet. [26]



**Abbildung 25: Photovoltaik-Anlage auf dem Kindergarten Sterntaler in Haaren [27]**

Ferner betreiben die Stadtwerke die einzige Freiflächen-Anlage im Stadtgebiet. Die 144 Module der in etwa 37,4 kW großen Anlage sind dabei nicht fest ausgerichtet, sondern nachgeführt. [26] Die Module folgen dabei dem Sonnenstand und können so höhere Erträge erzielen. Auch diese Anlage dient in erster Linie dem Eigenverbrauch und leistet damit einen wichtigen Beitrag, den Stromverbrauch der Kläranlage zu großen Teilen aus erneuerbaren Energien zu decken.

Das ist besonders vor dem Hintergrund von Bedeutung, dass Kläranlagen im Durchschnitt etwa 20 Prozent des kommunalen Stromverbrauchs ausmachen.



Aufsummiert entspricht die Erzeugung der kommunalen Anlagen gerade einmal einem Prozent der Gesamterzeugung aus PV-Anlagen. Weitere Gebäude befinden sich jedoch bereits in Vorbereitung bzw. in Prüfung hinsichtlich der Installation von PV-Anlagen.

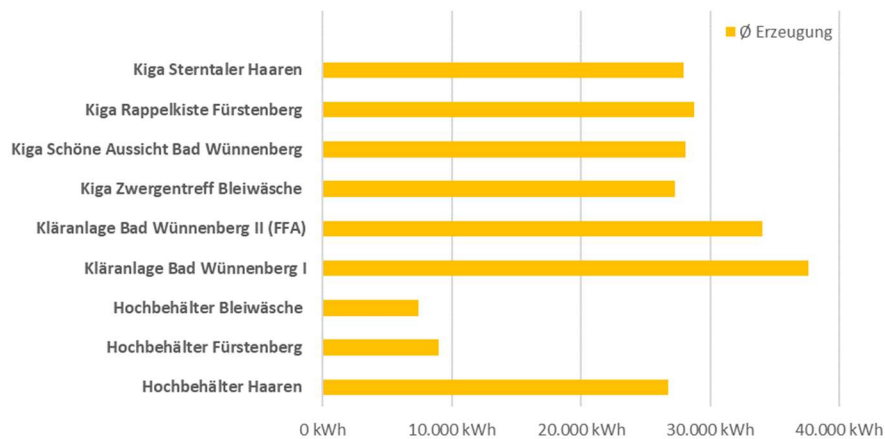


Abbildung 26: Übersicht über die installierten PV-Anlagen auf den kommunalen Gebäuden der Stadt Bad Wünnenberg

### Biomasse

Ferner werden im Stadtgebiet sieben Biomasse-Anlagen zur Stromerzeugung genutzt, die eine elektrische Leistung von etwa 1,6 MW aufweisen. Der Anteil der Biomasse an der Stromerzeugung beläuft sich damit auf gerade einmal zwei Prozent.

Es handelt sich bei den Anlagen zum einen um die lokalen Biogas-Anlagen, die z. T. in Kraft-Wärme-Kopplung aus dem vor Ort erzeugten Biogas Strom und Wärme erzeugen. Zum anderen zählt dazu auch die Stromerzeugung in einem Holz-Hackschnitzel-Kraftwerk. [26]



Abbildung 27. Standorte der Biomasseanlagen in der Stadt Bad Wünnenberg [13]



## Wasserkraft

Dazu kommen drei Wasserkraftanlagen im Mühlengraben, die im Durchschnitt eine installierte Leistung von 24 kW aufweisen. Damit liefert Wasserkraft zum Erzeugungs-Mix jedoch nur einen unwesentlichen Beitrag.



Abbildung 28: Standorte der Wasserkraftanlagen in der Stadt Bad Wünnenberg [13]

## Wärme aus erneuerbaren Energien

Bei der Bewertung der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien muss berücksichtigt werden, dass es gegenüber dem Strombereich größere Unschärfen aufgrund von Hochrechnungen und Annahmen gibt. Während die stromerzeugenden Anlagen in Deutschland im Marktstammdatenregister erfasst werden müssen, gibt es für die erneuerbare Wärmeerzeugung keinerlei Veröffentlichungspflichten.

Entsprechend den vorliegenden Daten ist für das Jahr 2019 von einem Wärmeverbrauch in Höhe von ca. 17.400 MWh aus erneuerbaren Energien für die Stadt auszugehen, dabei spielt die Wärmeerzeugung aus der Verbrennung fester Biomasse (Scheitholz, Holzpellets, Hackschnitzel) mit einem Anteil von etwa drei Viertel die größte Rolle.

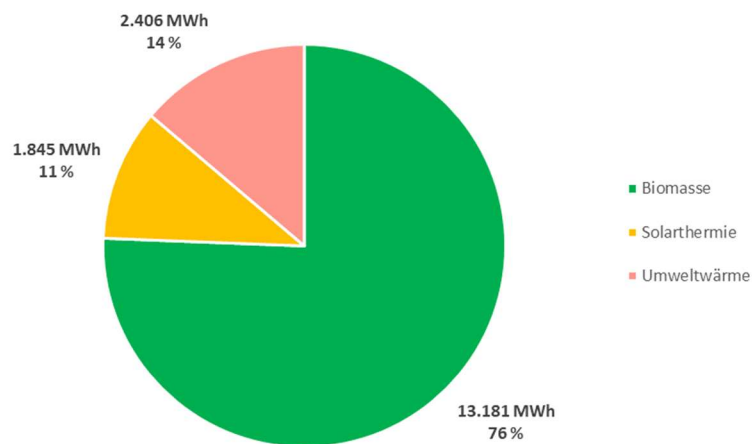


Abbildung 29: Entwicklung der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien in der Stadt Bad Wünnenberg

Bilanziell entspricht die erneuerbare Wärme somit einem Anteil von 15 Prozent am Wärmeverbrauch der Stadt und damit dem Bundesdurchschnitt. Verglichen mit dem Land NRW wird somit anteilig bereits drei Mal so viel erneuerbare Wärme eingesetzt. [16]

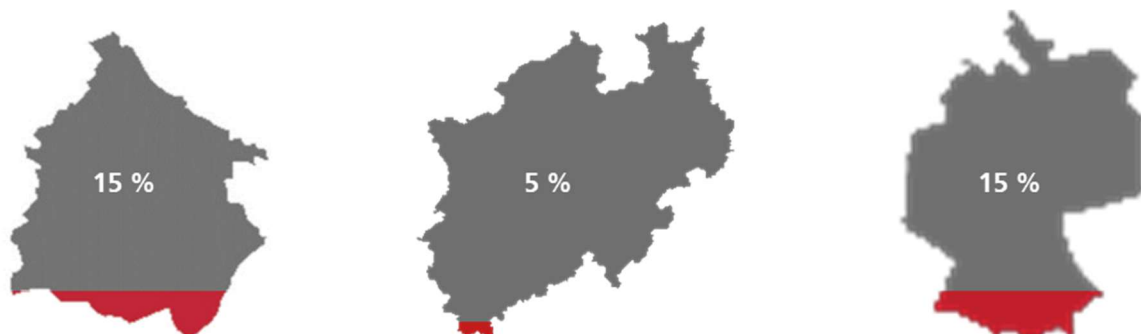


Abbildung 30: Anteile erneuerbarer Wärmeerzeugung am Wärmeverbrauch im Landes- und Bundesvergleich (target GmbH, nach [25] und [16])

## Biomasse

Die tragende Rolle bei der erneuerbaren Wärmeerzeugung spielt der Einsatz von Biomasse in Holzfeuerungsanlagen mit rund 76 Prozent. Das entspricht einer Erzeugung von etwa 13.200 MWh.

Bei den Anlagen handelt es sich bei mehr als zwei Drittel um Scheitholzkessel. Dazu kommen Holzpellet-Anlagen (26 Prozent der Biomasse-Anlagen), wie sie auch zur Beheizung der Grundschulen in Bad Wünnenberg und Haaren/Helmern und im Profil-Schulzentrum Fürstenberg zum Einsatz kommen und Hackschnitzel-Kessel (sechs Prozent). Ferner werden rund 2.700 Einzelraumfeuerstätten betrieben, die bis auf wenige Ausnahmen mit Scheitholz befeuert werden.

## Umweltwärme (WP)

Etwa 14 Prozent bzw. 2.400 MWh der erneuerbaren Wärme resultieren aus Umweltwärme. Davon machen die 33 geothermischen Anlagen, die die in der Erde gespeicherte Wärme nutzen rund 1.000 MWh aus. Laut Erfassung des LANUV verfügen diese über eine installierte Wärmeleistung von 495 kW und umfassen den Bestand an Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und Wasser-Wasser-Anlagen. Bis Ende 2021 hat sich die Anzahl der geothermischen Anlagen bereits auf 39 erhöht (600 kW). Bei den übrigen Anlagen handelt es sich um Luft-Wasser-Wärmepumpen, wie auch im Kindergarten Bleiwäsche in Betrieb. [13]

## Solare Strahlungsenergie (Solarthermie)

Die übrigen elf Prozent des erneuerbaren Wärme-Mix' resultieren aus Solarthermie. Bis Ende 2019 waren laut Auswertung des LANUV rund 4.613 m<sup>2</sup> Kollektorfläche im Stadtgebiet installiert. Damit lässt sich ausgehend von einer durchschnittlichen Leistung von 400 kWh pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche jährlich ein Wärmeertrag von etwa 1.845 MWh erzielen. [13]

## Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

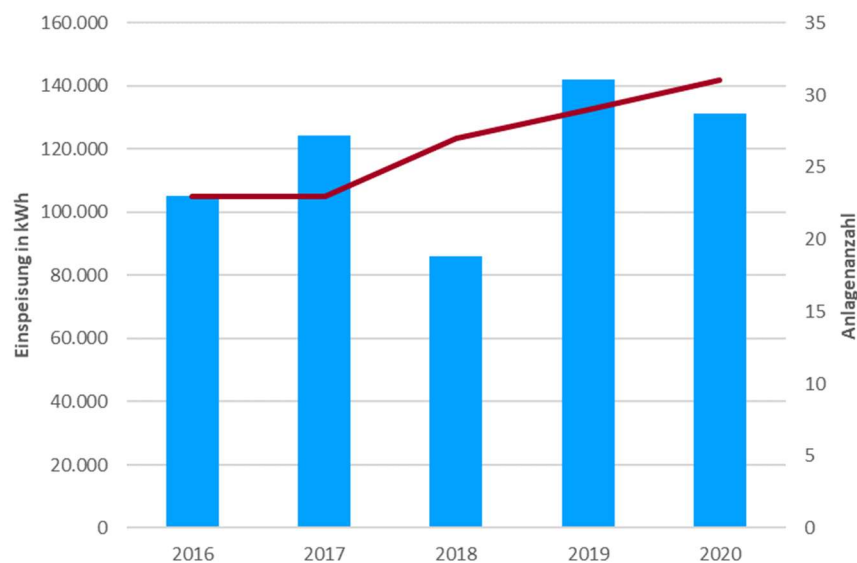
Wie bereits bei der Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien erörtert, werden in der Stadt Bad Wünnenberg auch Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben. KWK bedeutet, dass bei der Stromerzeugung gleichzeitig Wärme entsteht, die als Prozesswärme oder zur Raumheizung genutzt werden kann. Mit KWK-Anlagen werden der Energieeinsatz und die daraus resultierenden THG-Emissionen gemindert.

Zu den KWK-Anlagen zählen demnach auch die Biogasanlagen und das Hackschnitzel-Kraftwerk in der Stadt. Die Wärme- und Stromerzeugung aus diesen ist bereits in den Ergebnissen der vorausgegangenen Kapitel enthalten. Dazu kommen weitere rund 30 Anlagen, die Erdgas und Mineralölprodukte (v. a. Heizöl) als Energieträger einsetzen. Bei fünf der Anlagen handelt es sich um Brennstoffzellenheizungen. Diese vergleichsweise kleinen Anlagen dienen der Energieversorgung von

Wohngebäuden. Durch einen elektrochemischen Prozess wird in diesen Anlagen unter Einsatz von Erdgas Wasserstoff erzeugt, aus dem dann in KWK Wärme und Strom erzeugt werden. Diese Anlagen dienen hauptsächlich dem Eigenstromverbrauch, das heißt, es wird nur der überschüssige Strom ins Netz eingespeist. [26]

Bei den übrigen Anlagen handelt es sich um Blockheizkraftwerke (BHKW), die Energieerzeugung erfolgt durch einen klassischen Verbrennungsvorgang. Ein großer Anteil der BHKW sind kleinere Anlagen, die zur Energieversorgung von Wohn- und kleineren Gewerbegebäuden genutzt werden. Einige der BHKW werden zudem von den Stadtwerken Bad Wünnenberg und der Energieservice Westfalen Weser GmbH betrieben und versorgen unter anderem das Freibad Bad Wünnenberg mit Strom und Wärme. Künftig soll zudem das Baugebiet Auf der Iserkuhle über Nahwärme versorgt werden, die in einem BHKW erzeugt wird.

Laut Angaben des Netzbetreibers wurden im Jahr 2019 rund 142 MWh Strom aus KWK-Anlagen ins Netz eingespeist (vgl. Abbildung 31). Mit Ausnahme des Jahres 2018 unterliegt die Stromeinspeisung aus KWK dabei einer stetig steigenden Tendenz. Erst im Jahr 2020 ist die Einspeisung aus KWK-Anlagen wieder leicht rückläufig.



**Abbildung 31: Stromeinspeisung aus KWK-Anlagen (Säule) und Anzahl der KWK-Anlagen in der Stadt Bad Wünnenberg von 2016 bis 2020 (target GmbH, nach [26])**

## 1.5 Treibhausgasemissionen

Der energiebedingte Ausstoß klimarelevanter Emissionen in der Stadt Bad Wünnenberg lag im Jahr 2019 bei etwa 190.100 Tonnen CO<sub>2</sub>e. Davon entfallen fast drei Viertel auf den Energieverbrauch des Verkehrssektors. Der höhere Anteil des Bereichs Strom (12 Prozent) an den THG-Emissionen im Verhältnis zu dessen Anteil am Energieverbrauch (8 Prozent) resultiert aus dem höheren Emissionsfaktor im Vergleich zu den Emissionsfaktoren der anderen Energieträger in den Bereichen Wärme und Mobilität. Etwa 12 Prozent der Treibhausgasemissionen der Stadt resultieren aus dem Wärmeverbrauch.

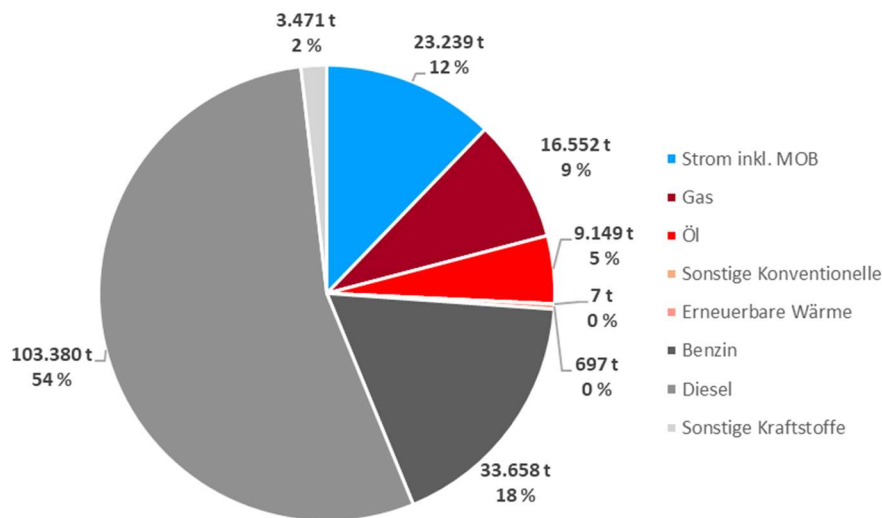
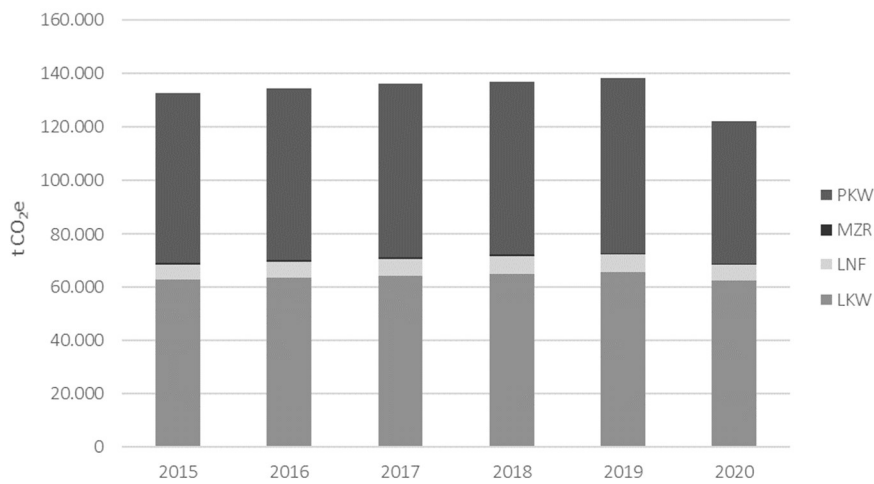


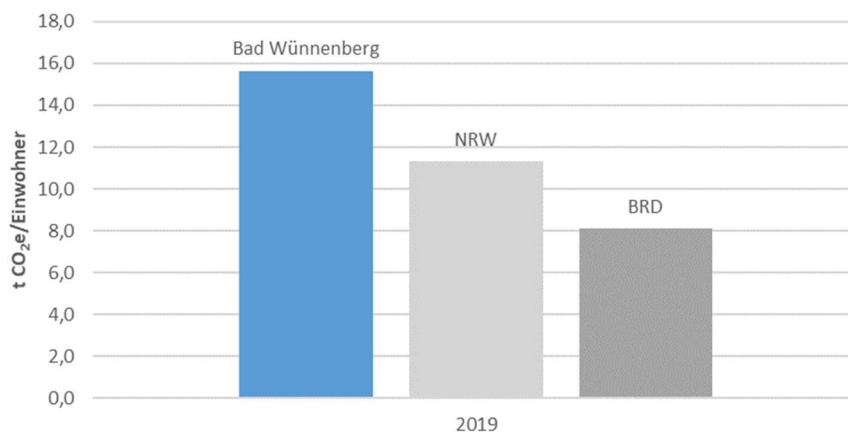
Abbildung 32: THG-Emissionen nach Energieträgern im Jahr 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg

Verglichen mit dem Jahr 2018 fallen die Emissionen im Bilanzjahr um etwa fünf Prozent geringer aus. Das liegt zum einen an dem gesunkenen Endenergieverbrauch. Zum anderen nimmt der Anteil an Erneuerbaren im Bundes-Mix stetig zu, in dessen Folge der Emissionsfaktor für Strom immer kleiner wird. Dies hat einen großen Einfluss auf die lokale THG-Bilanz, obwohl die Stadt selbst wenig Einfluss darauf hat. Für das Jahr 2020 ist davon auszugehen, dass die Gesamt-Emissionen verglichen mit den Vorjahren aufgrund der Bedeutung des Verkehrssektors stark zurückgehen werden. Während die Emissionen aus dem städtischen Straßenverkehr (ohne Busverkehr) seit 2015 jedes Jahr stetig um einen Prozentpunkt ansteigen, sind die Emissionen im Jahr 2020 aufgrund des veränderten Mobilitätsverhalten im Zuge der Corona-Pandemie stark zurückgegangen (- 12 Prozent gegenüber 2019). Eine vollständige Aussage zur Entwicklung der Emissionen im Jahr 2020 ist erst dann möglich, wenn die Daten für das Jahr 2020 vollständig sind.



**Abbildung 33: Entwicklung der Emissionen aus dem Straßenverkehr (ohne Busverkehr) von 2015 bis 2020**

Pro Einwohner\*in ergeben sich für das Jahr 2019 spezifische THG-Emissionen von 15,6 Tonnen. Das liegt aufgrund der angesprochenen besonderen Verkehrssituation in der Stadt deutlich oberhalb des Bundes- (8,1 Tonnen pro Einwohner\*in) und des Landesdurchschnitts (11,3 Tonnen/EW). [15] [16]



**Abbildung 34: Spezifische Treibhausgasemissionen pro Einwohner\*in im Jahr 2019 im Landes- und Bundesvergleich (target GmbH nach [15] und [16])**

Bei Betrachtung der Emissionen aus den einzelnen Verbrauchssektoren, wird deutlich, dass der Großteil etwa 74 Prozent aus dem Sektor Mobilität resultiert (vgl. Tabelle 7). Der Bereich Wirtschaft verursacht 14 Prozent der Emissionen und Private Haushalte 12 Prozent. Die Verteilung der Emissionen auf die Sektoren und die Energieformen ist in der folgenden Tabelle detailliert dargestellt.

Die THG-Emissionen aus den Aktivitäten der Stadt tragen nur zu etwa einem Prozent zu den Gesamtemissionen bei, sind aber aufgrund der Vorbildwirkung der Kommune an dieser Stelle gesondert zu nennen. Ferner werden hier nicht alle Emissionen berücksichtigt, die sich aus den Tätigkeiten der Stadtverwaltung ergeben. So bleibt bspw. der kommunale Fuhrpark unberücksichtigt. Der Großteil der kommunalen Emissionen (54 Prozent) resultiert aus der Beheizung der öffentlichen Einrichtungen. Der Strombezug macht unter Berücksichtigung des Bundes-Strom-Mix' bislang etwa 46 Prozent der Emissionen aus. Tatsächlich handelt es sich bei dem bezogenen Strom der Stadt Bad Wünnenberg um ein Ökostromprodukt (kreisweite Ausschreibung). Damit leistet die Kommune bereits einen wichtigen Beitrag, um die Emissionen zu reduzieren.

**Tabelle 7: Sektorale Aufteilung der THG-Emissionen 2019 in der Stadt Bad Wünnenberg**

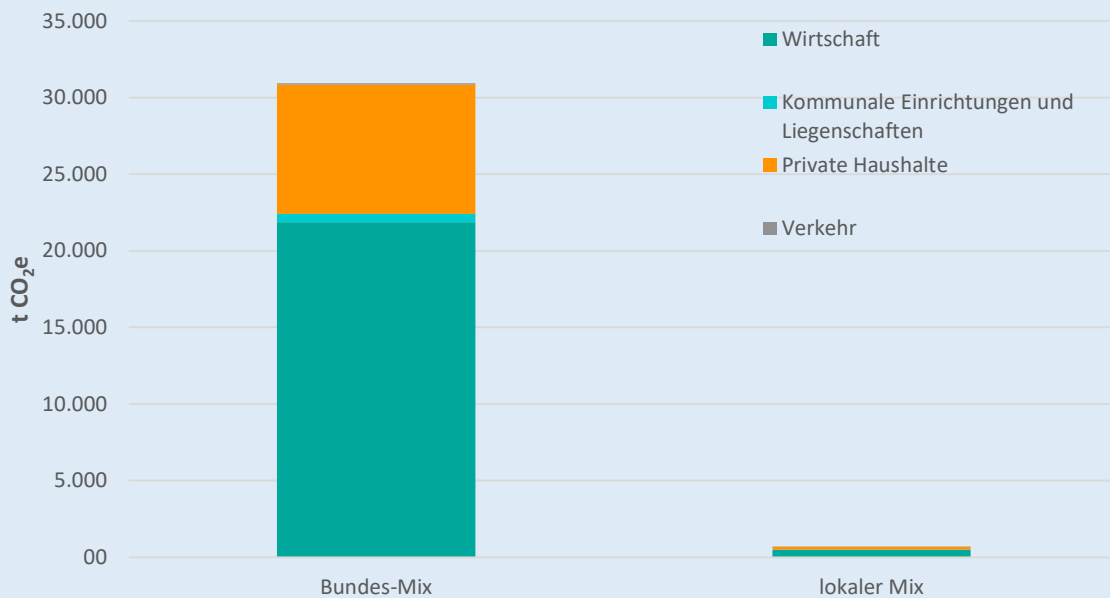
Sektoren / Energieform	Strom		Wärme		Kraftstoffe		Endenergie	
	t CO <sub>2e</sub>	%	t CO <sub>2e</sub>	%	t CO <sub>2e</sub>	%	t CO <sub>2e</sub>	%
Haushalte	6.745	30 %	15.429	56 %	-	-	22.174	12 %
Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften	469	2 %	561	2 %	-	-	1.030	1 %
Wirtschaft (IND, GHD)	14.817	67 %	11.516	42 %	-	-	26.333	14 %
Mobilität	107	0 %	-	-	140.509	100 %	140.616	74 %
<b>THG-Emissionen</b>	<b>22.138</b>	<b>12 %</b>	<b>27.506</b>	<b>14 %</b>	<b>140.509</b>	<b>74 %</b>	<b>190.153</b>	<b>100 %</b>

### Exkurs – lokaler Emissionsfaktor

Durch die Berücksichtigung des Bundesstrom-Mix' (vgl. Kapitel 1.1) fließt die erneuerbare Stromproduktion vor Ort nur indirekt in die Bilanz mit ein. Um die Wichtigkeit des Ausbaus erneuerbarer Energien auf lokaler Ebene zu verdeutlichen, wird an dieser Stelle zudem der lokale Emissionsfaktor ausgewiesen.

Unter Berücksichtigung der erneuerbaren Stromerzeugung vor Ort ergibt sich ein lokaler Strom-Mix mit einem Emissionsfaktor von 11,8 g/kWh (vgl. Bundes-Strom-Mix 478 g/kWh). Berücksichtigt man den lokalen Strom-Mix, dann reduzieren sich die stromseitigen Emissionen um 98 Prozent auf 676 t CO<sub>2</sub>e (ggü. 30.917 t CO<sub>2</sub>e).

Beim lokalen Strom-Mix wird ausschließlich die Stromerzeugung aus EE-Anlagen vor Ort berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wird dabei die Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis fossiler Energieträger.



**Abbildung 35: Stromemissionen im Vergleich bei Verwendung von Bundes-Mix und lokalem Mix**



## 2 Klimaschutz-Szenario

Ausgehend von dem Ziel der Bundesregierung, Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen, wird im Folgenden auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse ein Szenario abgeleitet, um dieses Ziel zu erreichen und aufgezeigt, was dafür notwendig ist. Um die Bedeutung zu untermauern und zu verdeutlichen, welche Bestrebungen zur Zielerreichung notwendig sind, wird vorab ein Trend-Szenario dargestellt.

Das Ziel Treibhausgasneutralität ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, die einen Strukturwandel erforderlich macht. So müssen Instrumente geschaffen und Maßnahmen umgesetzt werden, sowohl auf Bundes- und Landes- als auch auf kommunaler Ebene.

### Exkurs – Klimaneutralität ≠ Treibhausgasneutralität

*Klimaneutralität* meint einen „Zustand, bei dem menschliche Aktivitäten im Ergebnis keine Nettoeffekte auf das Klimasystem haben“ (IPCC, 2018). Das bedeutet, neben THG-Emissionen und Aufnahmen (durch Senken), fließen hier auch Albedo-Änderungen (z. B. durch Schmelzen von Eis und Schnee) und Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte (durch den Luftverkehr) mit ein.

*Treibhausgasneutralität* beschreibt hingegen einen „Zustand, bei dem anthropogen verursachte Treibhausgase, die in die Atmosphäre emittiert werden, durch Maßnahmen, die der Atmosphäre Emissionen entziehen, ausgeglichen werden“ (IPCC, 2018). Treibhausgasneutralität zu erreichen, setzt also Netto-Null-Emissionen voraus. Es bedeutet, dass maximal die nach dem jeweils aktuell technischen Stand nicht vermeidbaren THG-Emissionen verbleiben dürfen. Voraussetzung dafür ist eine umfangreiche Energiebedarfsminderung und die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien. Die Restemissionen müssen durch technische (z. B. Carbon Capture and Storage) oder natürliche Senken (z. B. Ökosysteme, wie Wälder, Feuchtgebiete, Grünland etc.) ausgeglichen werden. Das bedeutet, dass CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre direkt oder indirekt entnommen und langfristig eingelagert wird

## 2.1 Methodik

Die Ableitung des Klimaschutz-Szenarios baut auf den Ergebnissen der aktuellen Energie- und THG-Bilanz auf. Methodisch werden dabei die beiden Bausteine Energieverbrauch und Energie-Mix bearbeitet und miteinander ins Verhältnis gesetzt, um daraus die THG-Emissionen abzuleiten. Das zweistufige Vorgehen folgt dabei der Methodik der Bilanzierung.

Zunächst wird der Endenergieverbrauch auf Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse und Projektionen fortgeschrieben. Kernelement dabei sind im Wesentlichen die Aussagen aus fünf Studien, die alle der Frage nachgegangen sind, wie das Ziel Klimaneutralität auf Bundesebene zu erreichen ist und die im Folgenden aufgeführt sind:

- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena, 2021): Abschlussbericht dena Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität – Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe [28]
- Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI, 2021): Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft [29]
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (Prognos et al., 2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann; Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende [30]
- Kopernikus Projekt Ariadne (2021): Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich [31]
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (Kurzbericht 3 - Hauptszenarien). [32]

Auf Grundlage dessen kann ein Pfad aufgezeigt werden, wie viel Energie in den einzelnen Sektoren eingespart werden muss, damit Treibhausgasneutralität möglich wird. Dies setzt Effizienzmaßnahmen voraus, die technisch und wirtschaftlich umsetzbar sind. Suffizienz-Maßnahmen, also verhaltensbedingte Verbrauchseinschränkungen, werden hingegen nur entsprechend bereits erkennbarer Trends berücksichtigt und fortgeschrieben. Darüber hinaus werden auch strukturelle Entwicklungen (z. B. Entwicklung von Bevölkerung und Beschäftigtenzahl, Wirtschaftswachstum, Entwicklung der Wohnfläche pro Einwohner\*in etc.) sowie Veränderungen des Klimas (Abnahme Heizgradtage, Zunahme Kühlgradtage) prognostiziert und entsprechend berücksichtigt.

Die Ableitung eines Szenarios für die Stadt Bad Wünnenberg auf Datenbasis folgt so zum einen wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen, zum anderen unterliegt das Szenario realisierbaren Annahmen. Um das Szenario an die lokalen Gegebenheiten der Stadt anzupassen, werden hinsichtlich einer Effizienzsteigerung und der damit verbundenen Verbrauchs- und Emissionsreduktion folgende vier Module gesondert betrachtet:

- Gebäude – Haushalte,
- Gebäude – Wirtschaft (GHD inkl. der kommunalen Einrichtungen und Liegenschaften),
- Industrie,
- Mobilität.

Auf dieser Grundlage wird die Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Fünf-Jahres-Schritten bis 2045 abgeleitet. Die wichtigsten Annahmen, die zu dieser Entwicklung führen, werden entsprechend aufgeführt.

Da die Steigerung der Effizienz natürlichen Grenzen unterliegt, ist der Energie-Mix entscheidend für die Zielerreichung, denn nur durch einen Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger ist das Ziel Treibhausgasneutralität zu erreichen. Daher wird in einem zweiten Schritt der zukünftige Energie-Mix abgebildet. Dieser ist zum einen abhängig von der Energiewirtschaft: Es wird ein Kohleausstieg bis zum Jahr 2030 vorausgesetzt. Zudem soll die Stromerzeugung bis 2030 zu etwa 70 Prozent bzw. bis 2045 zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien erfolgen. Wichtig sind ebenso die Transformation der Fernwärme hin zu einer CO<sub>2</sub>-freien Fernwärme und der Einsatz von Wasserstoff als Energieträger. Zum anderen ist die zunehmende Elektrifizierung von Mobilität und Gebäudebeheizung entscheidend.

Um den Annahmen hinsichtlich des Energie-Mix' gerecht zu werden, müssen die erneuerbaren Energien auch auf lokaler Ebene stetig ausgebaut werden. Auf Grundlage geeigneter Studien und lokaler Flächenpotenziale wird ein Zubau-Szenario für den Ausbau der Erneuerbaren energieträgerspezifisch ermittelt und mit dem zukünftigen Energiebedarf ins Verhältnis gesetzt.

Aus den Annahmen bzgl. Energieverbrauch und Energie-Mix lassen sich die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen berechnen, woraus letztlich das Klimaschutz-Szenario abgeleitet wird. Zusätzlich wird ein Trend-Szenario von Energieverbrauch und THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 fortgeschrieben, sodass ein Vergleich möglich ist.

Um die Bedeutung der Abweichung zwischen Trend- und Klimaschutz-Szenario herauszuarbeiten, wird zusätzlich ein drittes Szenario dargestellt, welches die verbleibenden Restemissionen darstellt. Diese ergeben sich aus einem globalen Emissionsbudget, das die gesamten Emissionen beziffert, die ab einem gegebenen Zeitpunkt noch emittiert werden können, damit die daraus resultierende Erderwärmung einen bestimmten Wert nicht übersteigt. Es handelt sich hierbei um einen Berechnungsansatz, der von Wissenschaft und Weltklimarat empfohlen wird. [33]

Als Maßgabe wurde hier eine Begrenzung der Erderwärmung um weniger als 1,5 Grad Celsius herangezogen und entsprechend dem Restbudget der Bundesrepublik auf die Stadt Bad Wünnenberg heruntergerechnet.

#### Exkurs – 1,5 Grad Ziel

Das 1,5 Grad Ziel ist im Pariser Klimaabkommen von der Weltgemeinschaft beschlossen worden. Entsprechend der Zielsetzung wird demnach angestrebt die globale Erderwärmung bis 2100 auf 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

Um dieser Zielsetzung gerecht zu werden, müssen die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen laut aktuellem IPCC-Bericht (Intergovernmental Panel on Climate Change) gegenüber 2019 um 48 Prozent bis 2030 und um 80 Prozent bis 2040 sinken. Bis 2050 sind die Emissionen weltweit auf Netto-Null zu reduzieren. Laut UBA sind dafür *„eine sofortige globale Trendwende sowie tiefgreifende Treibhausgas-Minderungen in allen Weltregionen und allen Sektoren nötig (d.h. in Energiesystemen, Städten, Land- und Forstwirtschaft, Landnutzung, Gebäuden, Verkehr und Industrie)“*. [40]

Bis zum Jahr 2019 sind bereits 80 Prozent des gesamten Kohlenstoffbudgets weltweit aufgebraucht worden, um die globale Erderwärmung auf 1,5°C zu begrenzen (mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent). Das bedeutet weltweit dürfen nur noch 510 Gigatonnen an CO<sub>2</sub> emittiert werden. [40]

## 2.2 Trend-Szenario

Um die Dringlichkeit von Klimaschutzmaßnahmen zu verdeutlichen, wird zusätzlich zum Klimaschutz-Szenario ein Trend-Szenario abgeleitet. Mit diesem wird der Minderungspfad für den Endenergieverbrauch und die THG-Emissionen auf Basis des Projektionsberichts 2021 für Deutschland prognostiziert. Das zugrundeliegende Szenario aus dem Bericht schließt dabei alle politischen Maßnahmen mit ein, die bis Ende August 2020 auf Bundesebene verabschiedet worden sind (u. a. Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030; aus dem Konjunkturprogramm der Bundesregierung etc.). Zudem werden dabei aktuelle Trends (z. B. Effizienz, Energieträgerstruktur) fortgeschrieben und strukturelle Veränderungen (z. B. Bevölkerungsentwicklung) berücksichtigt. [34]

### Endenergieverbrauch

Heruntergebrochen auf die Ausgangssituation ergibt sich das im Folgenden dargestellte Trend-Szenario. Demnach ist eine Minderung des Endenergieverbrauchs (inkl. Verbrauch des Autobahnverkehrs) um etwa 32 Prozent unter den getroffenen Annahmen möglich. Ohne Berücksichtigung des Endenergieverbrauchs des Autobahnverkehrs ist eine Reduktion ausgehend vom Jahr 2019 von etwa 26 Prozent möglich.

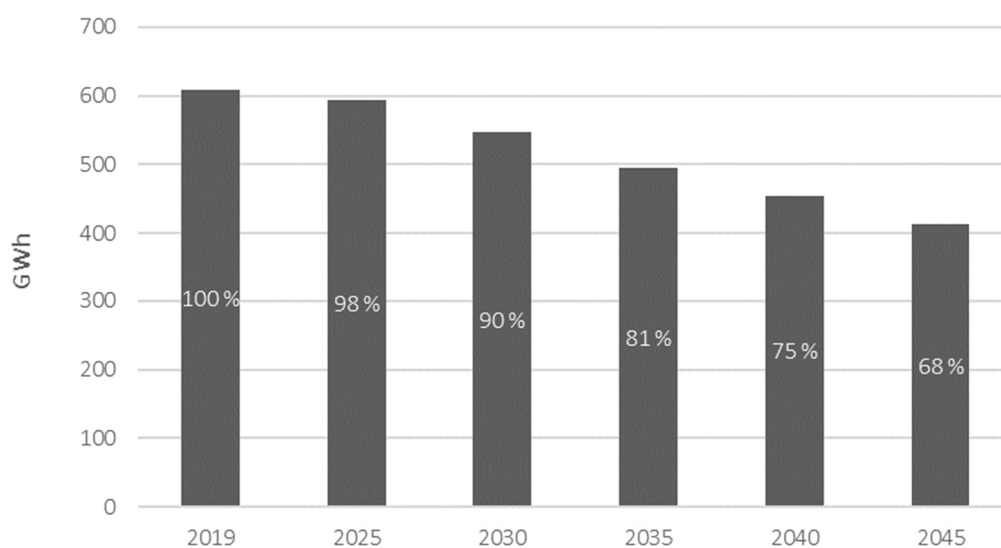


Abbildung 36: Entwicklung des Endenergieverbrauchs<sup>10</sup> bis 2045 im Trend-Szenario (target GmbH, nach [34])

<sup>10</sup> Die prozentualen Angaben sind bezogen auf den Endenergieverbrauch im Bilanzjahr 2019.

## Treibhausgasemissionen

In Anlehnung an das zuvor erläuterte Vorgehen wird auch für die zu erwartenden THG-Emissionen eine Projektion durchgeführt. Die Projektion geht von einer Reduktion der THG-Emissionen um etwas mehr als zwei Prozent jährlich bzw. 60 Prozent bis zum Jahr 2045 aus. Das würde bedeuten, dass im Jahr 2045 immer noch etwa 75.380 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert werden.

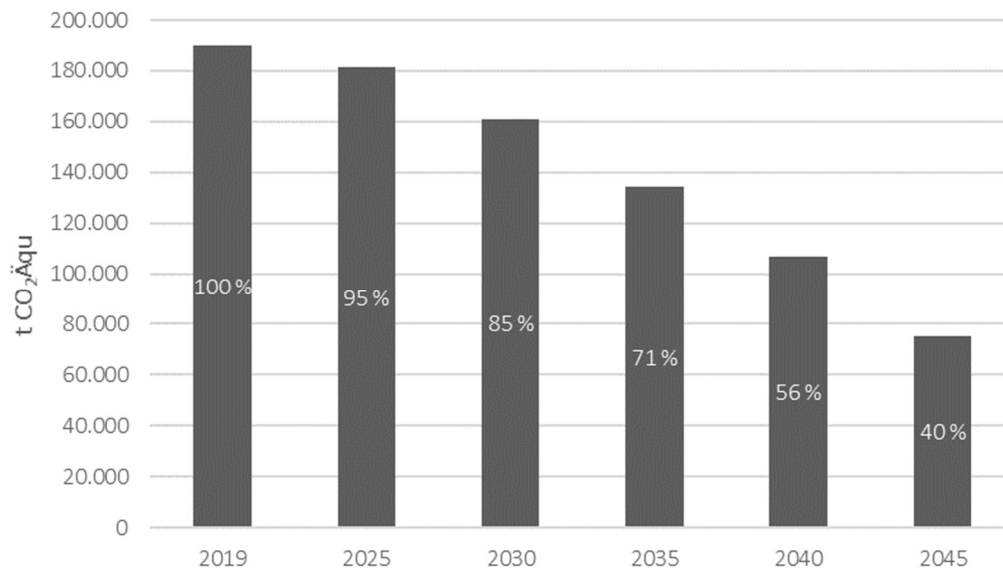


Abbildung 37: THG-Minderungspfad nach Sektoren bis 2045 im Trend-Szenario (target GmbH, nach [34])

## 2.3 Energieeffizienz und Suffizienz

Wie zuvor beschrieben, wird im ersten Schritt ein Reduktionspfad für den Endenergieverbrauch unter Berücksichtigung von Effizienz, Suffizienz und strukturellen Entwicklungen (z. B. zunehmende Elektrifizierung) abgeleitet. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen ist eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 59 Prozent gegenüber dem Bilanzjahr 2019 möglich. Es ergibt sich für das Jahr 2045 ein Endenergieverbrauch von etwa 250 GWh. Das sind über 160 GWh weniger als im Trend-Szenario. Das entspräche alle fünf Jahre einer Reduktion um rund elf Prozent (vgl. Trend-Szenario: sechs Prozent).

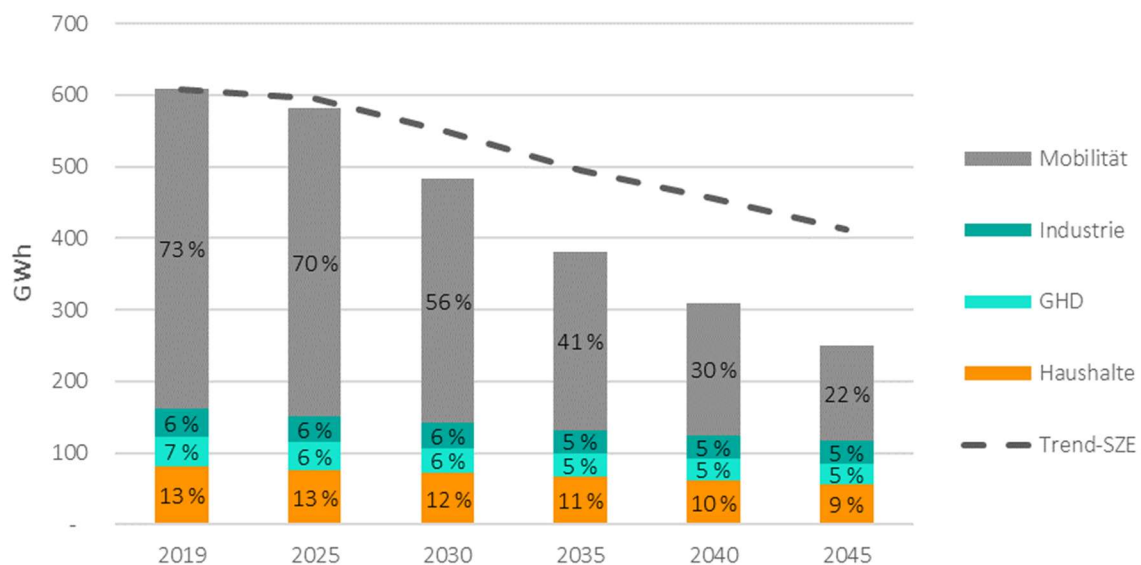


Abbildung 38: Entwicklung des Energieverbrauchs<sup>11</sup> bis 2045 im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30])

### Gebäude (Haushalte und GHD)

Die Reduktion des Endenergieverbrauchs im Gebäudebereich (private Haushalte und gewerblich genutzte Gebäude) ist maßgeblich abhängig vom energetischen Standard des Gebäudebestands und der Beheizungsstruktur. Um die notwendige Reduktion im Gebäudebereich zu erzielen, ist eine auf den Gesamtgebäudebestand bezogene gemittelte jährliche Sanierungsquote von etwa 1,7 Prozent nötig (vgl. Tabelle 8). Das entspricht einem Anstieg der Sanierungsquote bis 2045 um etwa 40 Prozent (Bundestrend).

<sup>11</sup> Die prozentualen Angaben sind bezogen auf den Endenergieverbrauch im Bilanzjahr 2019.

Neben der Erhöhung der Sanierungsquote ist auch ein Anstieg der Sanierungstiefe notwendig. So wird eine Reduktion des spezifischen Heizwärmebedarfs bei Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) auf etwa 60 kWh/m<sup>2</sup> und bei Mehrfamilienhäusern (MFH) auf 40 bis 45 kWh/m<sup>2</sup> angenommen. [30]

Unter den getroffenen Annahmen ergibt sich eine Reduktion des Wärmebedarfs bei den Gebäuden (sowohl Wohngebäude als auch gewerblich genutzte Gebäude) um 28 Prozent.

**Tabelle 8: Entwicklung der notwendigen Sanierungsrate im Gebäudebestand in Deutschland im Klimaschutz-Szenario [30]**

	2019	2025	2030	2035	2040	2045
Sanierungsrate EZFH	1,1 %	1,3 %	1,6 %	1,7 %	1,7 %	1,6 %
Sanierungsrate MFH/NWG	1,4 %	1,6 %	1,8 %	1,9 %	1,9 %	1,8 %

Der Stromverbrauch im Gebäudesektor unterliegt ebenfalls einer rückläufigen Entwicklung um 19 Prozent bis zum Jahr 2045. Dazu tragen vor allem die Effizienzsteigerungen bei Beleuchtung, IKT- und Haushaltsgeräten bei. Allerdings fällt die Reduktion verglichen mit dem Wärmebereich geringer aus. Ein Grund dafür ist z. B. der gestiegene Strombedarf für die Bereitstellung von Klimakälte (vgl. Tabelle 9). Neben den Einsparungen bei den einzelnen Anwendungen wurde dabei auch berücksichtigt, dass deren Anteile auf den Gesamtstromverbrauch in den Sektoren GHD und HH variieren. Diese Entwicklungen sind dabei von vielen Einflussfaktoren abhängig (z. B. Bevölkerungsentwicklung, Anzahl der Beschäftigten, Effizienz von Geräten etc.). So kann z. B. eine Effizienzsteigerung in einem Bereich (effizientere Geräte) durch eine höhere Anzahl der Geräte ausgeglichen werden.

**Tabelle 9: Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland nach Anwendungen im Gebäudebereich im Klimaschutz-Szenario [30]**

	2019	2025	2030	2035	2040	2045
Prozesswärme	100 %	100 %	100 %	94 %	94 %	106 %
Prozesskälte	100 %	100 %	100 %	100 %	92 %	100 %
Mechanische Energie	100 %	88 %	82 %	79 %	77 %	75 %
Kühlen/Klima	100 %	130 %	160 %	180 %	200 %	220 %
Beleuchtung	100 %	87 %	78 %	67 %	55 %	45 %
IKT	100 %	96 %	91 %	84 %	80 %	76 %



## Industrie

Die Ableitung des Einsparpotenzials aus der Industrie erfolgt unter Berücksichtigung von Annahmen zur zukünftigen Marktentwicklung und Wirtschaftsleistung. Ebenfalls von Bedeutung hinsichtlich des zukünftigen Endenergieverbrauchs vor allem im Industriesektor sind die Wirtschaftszweige.

Die folgende Tabelle veranschaulicht, dass je nach Branche von unterschiedlichen Entwicklungen des Energieverbrauchs auszugehen ist. Während der Verbrauch in einigen Branchen abnimmt, gibt es Industriezweige in denen eher von einer Zunahme des Verbrauchs auszugehen ist.

Da der Endenergieverbrauch des Industriesektors in der Stadt nur mit Unsicherheiten abgeleitet werden kann und ohnehin nur eine untergeordnete Rolle spielt, wird hier eine durchschnittliche Entwicklung angenommen. Insgesamt sind die Einsparungen in Höhe von 14 Prozent bis 2045 verglichen mit den anderen Sektoren eher gering, da die Effizienzsteigerung in diesem Bereich limitiert ist.

Aufgrund des vergleichsweise geringen Effizienzpotenzials ist in diesem Sektor der Umstieg auf erneuerbare Energieträger (Strom, Wasserstoff, biogene Energieträger) umso bedeutender.

**Tabelle 10: Prognostizierte Entwicklung des Energiebedarfs nach Branchen im Sektor Industrie in Deutschland mit dem Ziel Treibhausgasneutralität [30]**

	2019	2025	2030	2035	2040	2045
Zellstoff und Papier	100 %	104 %	105 %	109 %	109 %	107 %
Chemie	100 %	93 %	89 %	87 %	95 %	102 %
Zement	100 %	100 %	97 %	93 %	90 %	86 %
Andere Minerale	100 %	92 %	86 %	82 %	80 %	80 %
Eisen und Stahl	100 %	85 %	73 %	69 %	68 %	70 %
Sonstige Metallindustrie	100 %	97 %	94 %	91 %	89 %	89 %
Sonstige Industrie	100 %	95 %	88 %	82 %	76 %	74 %
Sonstiges	100 %	100 %	120 %	120 %	140 %	160 %

## Mobilität

Der Sektor Mobilität (inkl. Autobahn) trägt mit einer Reduktion um 70 Prozent im Vergleich mit den anderen Sektoren am stärksten zur Verbrauchsminderung bei, trotz der Annahme einer in etwa gleichbleibenden Verkehrsnachfrage im Personenverkehr.

Um dies zu erreichen sind folgende Entwicklungen notwendig:

- Technologische Entwicklung und Einsatz emissionsfreier Antriebsalternativen (vgl. Tabelle 11)
- Verlagerung des Modal Splits vom MIV zum ÖPV und zur aktiven, nicht-motorisierten Mobilität (z. B. Rad- und Fußverkehr, vgl. Tabelle 12)
- Erhöhte Auslastung der PKW durch Pooling-Konzepte und damit Reduktion der Fahrzeugkilometer im motorisierten Individualverkehr
- Verlagerung des Gütertransports auf die Schiene.

Setzt man die genannten Entwicklungen voraus, so steigt der Anteil von Strom an der Mobilität bis 2045 deutlich an. Der Einsatz von Kraftstoffen (Benzin, Diesel, Wasserstoff etc.) nimmt hingegen deutlich ab.

**Tabelle 11: Entwicklung des elektrifizierten Anteils am Fahrzeugbestand nach Fahrzeugkategorien in Deutschland im Klimaschutz-Szenario [30]**

	2019	2025	2030	2035	2040	2045
PKW	0 %	7 %	19 %	42 %	66 %	90 %
Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	0 %	5 %	24 %	48 %	70 %	91 %
LKW	0 %	1 %	14 %	42 %	64 %	85 %

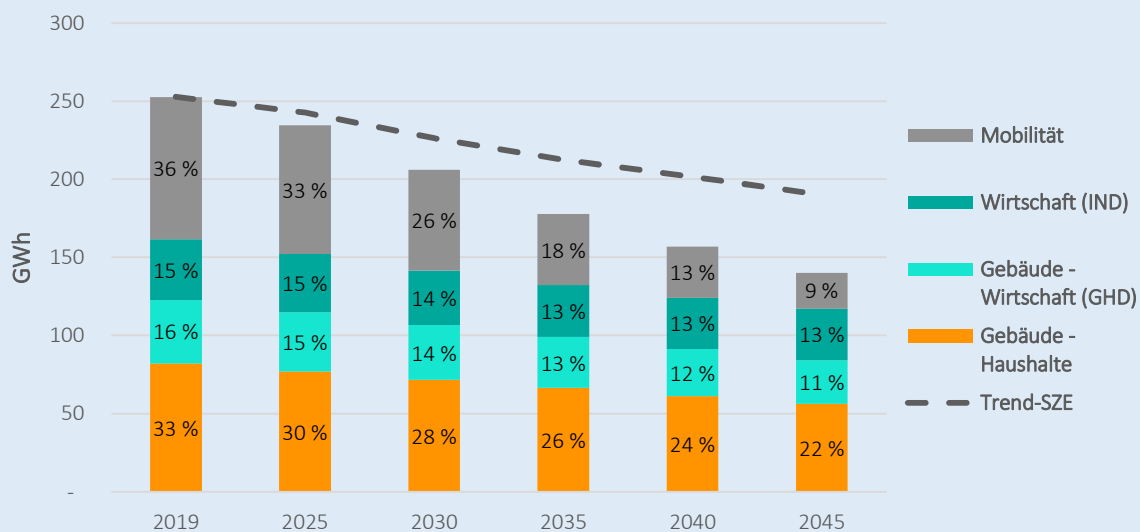
**Tabelle 12: Entwicklung der Personenverkehrsleistung in Deutschland im Klimaschutz-Szenario [30]**

	2019	2025	2030	2035	2040	2045
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	100 %	95 %	89 %	83 %	79 %	74 %
Öffentlicher Personenverkehr (ÖPV)	100 %	131 %	161 %	190 %	207 %	222 %
Nicht motorisierter Verkehr (z. B. Rad- und Fußverkehr)	100 %	108 %	117 %	124 %	133 %	142 %

### Exkurs – Endenergieverbrauch im Klimaschutz-Szenario ohne Berücksichtigung des Autobahnverkehrs

Aufgrund der Bedeutung des Sektors Mobilität bei der Bilanzierung nach dem Territorialprinzip findet an dieser Stelle eine gesonderte Auswertung statt, die als Basisbilanz, die um den Einfluss der Autobahn bereinigten Ergebnisse zugrunde legt.

Ohne Berücksichtigung des Verkehrs auf der Autobahn reduziert sich der Endenergieverbrauch (2019) der Stadt Bad Wünnenberg deutlich (vgl. Kapitel 1.2). Dementsprechend führt auch das Trend-Szenario zu abweichenden Ergebnissen. Während unbereinigt eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 32 Prozent prognostiziert wird, ergibt sich im Szenario ohne Autobahn eine Reduktion von nur etwa 26 Prozent.



**Abbildung 39: Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2045 im Klimaschutz-Szenario nach Bereinigung um den Autobahn-Verkehr (target GmbH, nach [30])**

Im Klimaschutz-Szenario ergibt sich unter den gesetzten Zielprämissen eine Reduktion des Endenergieverbrauchs bis zum Jahr 2045 um etwa 45 Prozent (vgl. unbereinigt: 59 Prozent gegenüber 2019). Es verbleibt somit ein Endenergieverbrauch von 140 GWh; das sind 40 GWh weniger, als im Trend-Szenario prognostiziert.

Während die Einsparungen in den Sektoren Gebäude und Wirtschaft mit dem unbereinigten Ergebnis übereinstimmen, ergibt sich hinsichtlich des Verbrauchs aus dem Verkehr ein abweichendes Ergebnis. Der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors reduziert sich bereinigt um etwa 75 Prozent.

## 2.4 Energie-Mix

Ausschließlich durch Effizienz- und Suffizienz-Maßnahmen ist Treibhausgasneutralität nicht zu erreichen, da auch weiterhin Energie benötigt wird. Entscheidend für die Zielerreichung ist hingegen, welche Energieträger eingesetzt werden und wie die Energie erzeugt wird. Fossile Energieträger müssen bis 2045 so weit möglich durch Erneuerbare ersetzt werden. Mit dem Ausbau der Erneuerbaren geht eine Elektrifizierung der Energieversorgung einher. Um den zukünftigen Energie-Mix zu beschreiben, werden die einzelnen Energieträger teilweise zu Energiearten (z. B. Kraftstoffe, Brennstoffe) zusammengefasst. Deren Entwicklung und Bedeutung wird im Folgenden detailliert erläutert.

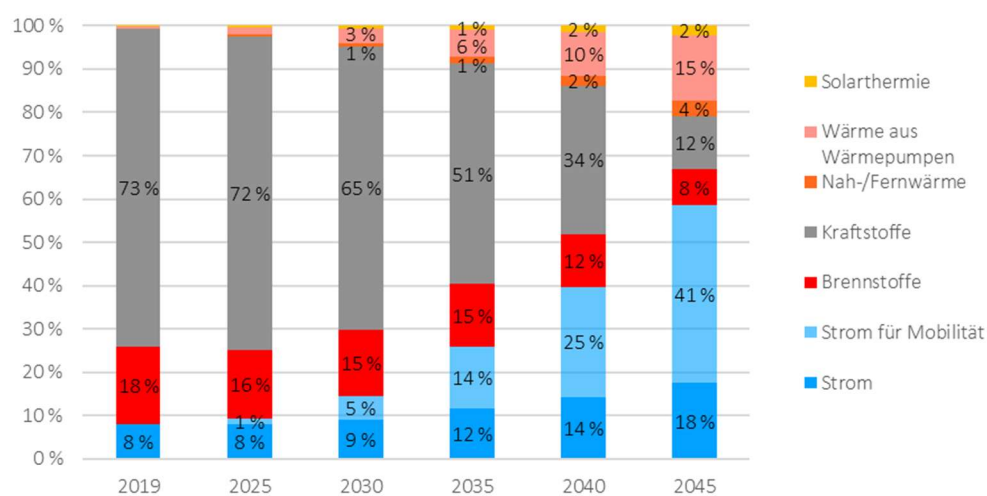


Abbildung 40: Zusammensetzung des Energie-Mix' nach Energieträgern im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30])

### Strom (Allgemeinstrom, Strom für Mobilität, Heizstrom)

Von zentraler Bedeutung ist die Elektrifizierung, also der Anteil von Strom am Energie-Mix. Dies wird dadurch deutlich, dass der Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch von acht Prozent im Jahr 2019 auf 59 Prozent im Jahr 2045 ansteigen wird.

Insbesondere der elektrifizierte Anteil des in Bad Wünnenberg besonders bedeutsamen Verkehrsbereichs trägt zu dieser Entwicklung bei. Ebenso ergibt sich im Industriesektor ein Anstieg des allgemeinen Strombedarfs (u.a. Beleuchtung, IKT, Kühlung), während dieser für Anwendungen im Gebäudebereich rückläufig ist.

## Wärmepumpe

Auch im Bereich der Gebäudebeheizung ist von einer Elektrifizierung auszugehen. Dies wird durch die Zunahme des Anteils der Wärmepumpen am Energie-Mix deutlich. Insbesondere in EZFH wird diese Technik langfristig Öl- und Gasheizungen ersetzen. Für 2045 wird eine Wärmeerzeugung von 38 GWh aus Wärmepumpen im Klimaschutz-Szenario prognostiziert. Diese Wärmemenge setzt sich zusammen aus der Umweltwärme und dem dafür benötigten Strom.

## Solarthermie

Solarthermie macht bislang mit einer Erzeugung von etwa 2 GWh nur einen marginalen Anteil am Wärme-Mix der Stadt Bad Wünnenberg aus. Unter Berücksichtigung des zukünftigen Bedarfs für Warmwasser- und Heizenergie in der Stadt lässt sich jedoch eine Zunahme der solarthermischen Erzeugung auf rund 5 GWh prognostizieren. Insbesondere bei den EZFH ist grundsätzlich ein großes Potenzial vorhanden, vor allem bezogen auf die Warmwasserbereitung.

## Nah-/Fernwärme

Wärmenetze spielen in Bad Wünnenberg mit Ausnahme kleinerer Netze, die nur wenige Gebäude versorgen, bislang eine untergeordnete Rolle. Zwar wird davon ausgegangen, dass zukünftig kleine bis mittelgroße Nahwärmenetze dazukommen (z. B. Nahwärmenetz im Wohngebiet Auf der Iserkuhle), dennoch ist zukünftig weiterhin davon auszugehen, dass die Bedeutung von Nah- und Fernwärme am Wärme-Mix im Stadtgebiet eher gering sein wird. Unter den getroffenen Annahmen wird von einer Nahwärmenutzung von 9 GWh im Jahr 2045 ausgegangen.

Um geeignete Gebiete für Wärmenetze zu identifizieren, bietet sich eine kommunale Wärmeplanung an. Damit ist zunächst eine Bestandsanalyse des aktuellen Wärmebedarfs und Wärmeverbrauchs gemeint, inklusive einer Datenerhebung zu den vorhandenen Gebäudetypen, den Baualtersklassen und der aktuellen Versorgungsstruktur. Die kommunale Wärmeplanung umfasst als zweiten Schritt eine detaillierte Potenzialanalyse zur Senkung des Wärmebedarfs. Entsprechend der Ankündigung der NRW-Landesregierung sollen ab dem Jahr 2023 die rechtlichen Voraussetzungen geschaffen werden, die Kommunen zur Erstellung eines Wärmeplans zu verpflichten.

## Brenn- und Kraftstoffe

Während im Jahr 2019 Brenn- und Kraftstoffe aufgrund der großen Bedeutung des Verkehrs mit einem Anteil von mehr als 90 Prozent die größte Rolle am Endenergieverbrauch gespielt haben, nimmt deren Bedeutung bis zum Jahr 2045 sukzessive ab. Besonders deutlich ist der Rückgang bei den Kraftstoffen für den Verkehrssektor. Ferner muss hier die Zusammensetzung der Kraft- und Brennstoffe berücksichtigt werden. Die 2019 überwiegend fossilen Energieträger (z. B. Erdgas, Heizöl, Diesel, Benzin etc.) werden bis 2045 durch erneuerbare Alternativen ersetzt. Dabei handelt es sich zum einen um Biomasse, die aufgrund des limitierten Potenzials zukünftig vor allem in der Industrie und in Altbauten eingesetzt wird, bei denen aufgrund baulicher Restriktionen der Einsatz einer Wärmepumpe bzw. der Anschluss an ein Wärmenetz nicht möglich ist. Zum anderen kommen Kraft- und Brennstoffe zum Einsatz, die mit PtX-Anwendungen (vgl. Exkurs Power-to-X) erzeugt werden, zum Beispiel Wasserstoff. Dazu wird elektrische Energie benötigt, die auf Ebene des Endenergieverbrauchs nicht berücksichtigt ist.

### Exkurs – Power-to-X (PtX)

PtX ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche Verfahren und Technologien mit dem Ziel temporäre oder zeitliche Stromüberschüsse (z. B. durch Überangebote aus erneuerbaren Energien) zu speichern oder anderweitig zu nutzen, z. B. durch die Umwandlung in chemische Energieträger, strombasierte Brenn- und Kraftstoffe oder Rohstoffe für die Chemieindustrie. Dabei wird unterschieden in:

- *Power-to-Gas (PtG)*: Umwandlung von Ökostrom durch Elektrolyse in einen Brennstoff (z. B. H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), der gespeichert, transportiert und bedarfsgerecht wieder bereitgestellt werden kann;
- *Power-to-Liquid (PtL)*: Umwandlung elektrischer Energie (erneuerbar) in flüssige Kraftstoffe und Chemikalien;
- *Power-to-Heat (PtH)*: Erzeugung von Wärme aus elektrischer Energie (z. B. Wärmepumpen, Elektrodenkessel); in Kombination mit Wärmespeichern geeignet, um Stromüberschüsse zu speichern.

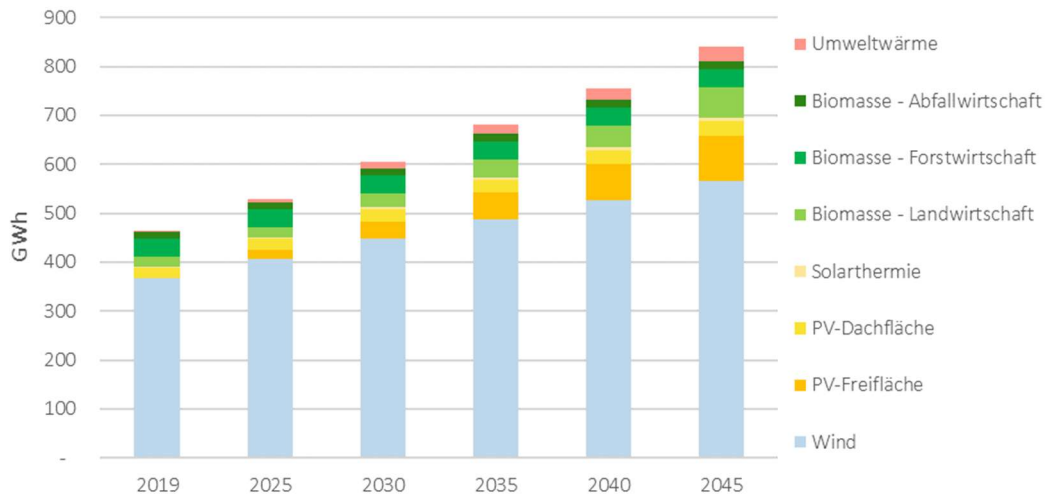
## 2.5 Zubau der erneuerbaren Energien

Treibhausgasneutralität ist nur dann möglich, wenn der verbleibende Energiebedarf mit erneuerbaren Energien gedeckt wird. Um die Zielsetzung auf Bundesebene erreichen zu können, ist ein massiver Ausbau der erneuerbaren Energien auf lokaler Ebene notwendig. Das Potenzial für den Ausbau ist dabei stark von lokalen Gegebenheiten, allen voran der Flächenverfügbarkeit, abhängig. Ferner ist zwischen dem technischen Potenzial und dem Potenzial, das in der Praxis tatsächlich gehoben werden kann zu unterscheiden. Der Zubau der Erneuerbaren ist stark von einer Reihe von Randbedingungen limitiert. Dazu zählen neben der Verfügbarkeit von Material und Fachkräften, die Investitionskosten sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Die Ableitung des Treibhausgas-Minderungspfads im Klimaschutz-Szenario setzt Annahmen für die Entwicklung der erneuerbaren Energien in der Stadt Bad Wünnenberg voraus. Stromseitig sind die Prognosen für den Zubau aus erneuerbaren Energien dabei als Richtwerte zu verstehen, da die Produktion anhand geeigneter Bezugsflächen (z. B. Siedlungsfläche, landwirtschaftliche Fläche) auf die lokal verfügbaren Potenziale heruntergebrochen wurde. Die lokale Stromerzeugung hat dabei keinen direkten Einfluss auf das THG-Minderungspotenzial im Klimaschutz-Szenario, da weiterhin der Bundes-Strom-Mix als Maßgabe herangezogen wird. Für 2045 wird eine vollständige Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien vorausgesetzt. Damit das möglich ist, müssen wiederum die Erneuerbaren auf lokaler Ebene stark ausgebaut werden. Die genannten Zahlen sind somit entsprechend den verfügbaren Flächen als „fairer“ Beitrag der Stadt Bad Wünnenberg zu verstehen, damit dieses übergeordnete Ziel erreicht werden kann.

Die Annahmen zur Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien haben hingegen direkten Einfluss auf die möglichen THG-Minderungen im Klimaschutz-Szenario. Denn im Unterschied zum eingespeisten Strom wird die erzeugte Wärme direkt vor Ort verbraucht. Die erneuerbaren Energien fließen damit in den prognostizierten Wärme-Mix mit ein.

Letztlich wird im Klimaschutz-Szenario für das Jahr 2045 eine Produktion von etwa 841 GWh aus erneuerbaren Energien prognostiziert; das sind etwa 377 GWh mehr, als das bereits gehobene Potenzial. Die Bedeutung der unterschiedlichen Energiearten innerhalb des Szenarios wird im Folgenden detailliert erläutert.



**Abbildung 41: Prognostizierte Entwicklung der Erzeugung aus erneuerbaren Energien im Klimaschutz-Szenario in der Stadt Bad Wünnenberg (target GmbH, nach [30] und [35])**

## Windenergie

Wie bereits erläutert, ist die zentrale Säule der erneuerbaren Energieversorgung in der Stadt Bad Wünnenberg bislang die Windkraft. Das Potenzial der Windenergie ist maßgeblich davon abhängig, welche Flächen für Windenergie beansprucht werden können. Limitierende Faktoren sind dabei u. a. geltende Abstandsregelungen zu Gebäuden und die Wahrung von Schutz- und Waldgebieten. Die Ableitung der Windproduktion innerhalb des Klimaschutz-Szenarios ergibt sich aus der Auswertung der GIS-Anwendung des Kreis Paderborn zu den erneuerbaren Energien. [35]

Auf Basis der bereits installierten Anzahl der genehmigten Windenergieanlagen und den sich in Planung befindlichen, wurde unter der Annahme eines linearen Zuwachses der Windstromertrag bis 2045 abgeschätzt. Es wird von einer Erzeugung von 567 GWh bis 2045 ausgegangen. Das entspricht etwa 59 Prozent des verfügbaren Windpotenzials im Stadtgebiet. [13]

Der weitere Ausbau der Windenergie erfordert zudem den Ausbau des Stromnetzes auf lokaler Ebene, um den künftigen Leistungs- und Lastanforderungen gerecht zu werden. Das umfasst auch eine Strategie zum Umgang mit überschüssiger erneuerbarer Energie (z. B. Speicherlösungen, PtX-Anwendungen etc.).



## Solare Strahlungsenergie

Die solare Strahlungsenergie umfasst sowohl Photovoltaik zur Stromerzeugung (PV) als auch Solarthermie (ST) zur Wärmeerzeugung. Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Flächenpotenziale und der notwendigen Ausbauraten entsprechend den wissenschaftlichen Studien lässt sich eine Aussage zur Nutzung der Solarenergie in der Stadt Bad Wünnenberg treffen: Bezogen auf das Jahr 2019 ist unter den getroffenen Annahmen eine Steigerung der Erzeugung aus Solarenergie um den Faktor 5,8 möglich, das entspricht 638 GWh. Das größte Potenzial ergibt sich dabei mit 92 GWh aus den PV-Freiflächenanlagen. Der Einsatz von PV-Anlagen auf Freiflächen ist dabei grundsätzlich durch das Flächenangebot und bestehende Nutzungskonflikte (z. B. mit der Landwirtschaft) begrenzt. Gegenüber Aufdach-Anlagen sind zudem die planungsrechtlichen Hemmnisse größer.

Die Dachanlagen tragen in dem abgebildeten Ausbau-Szenario im Jahr 2045 mit etwa 31 GWh zur erneuerbaren Stromerzeugung bei. Laut Potenzialstudie des LANUV ergibt sich im Stadtgebiet ein Potenzial von insgesamt 197 GWh, das zu 55 Prozent aus den Freiflächenanlagen resultiert. Damit sind im Ausbau-Szenario im Jahr 2045 etwa 63 Prozent des lokalen Potenzials für PV erschlossen. Solarthermie macht hingegen auch im Jahr 2045 mit 6 GWh einen vergleichsweise geringen Anteil aus.

## Biomasse

Der Großteil der erneuerbaren Wärme in der Stadt Bad Wünnenberg wird bislang vor allem mit Biomasse erzeugt. Dabei muss unterschieden werden zwischen dem Energieverbrauch aus Biomasse und der Energie-Produktion aus Biomasse auf lokaler Ebene. Während in der Energie- und THG-Bilanz der Verbrauch dargestellt wird, ist an dieser Stelle die Erzeugung entscheidend. Der Energieverbrauch aus Biomasse in der Bilanz setzt sich zusammen aus dem Strom- und Wärmeverbrauch aus fester Biomasse (Hackschnitzel, Scheitholz und Holzpellets) und aus dem Verbrauch an Biokraftstoffen. Dabei kann auf Grundlage der verfügbaren Daten kein Rückschluss darauf gezogen werden, welcher Anteil aus der im Stadtgebiet verfügbaren Biomasse gewonnen wird.

Um eine Aussage zur tatsächlichen Energie-Produktion aus Biomasse für das Bilanzjahr 2019 zu treffen, wurden entsprechend Annahmen getroffen. Die Produktion im Bereich der Biomasse aus der Forstwirtschaft wird auf Grundlage der Holzerzeugung für die energetische Verwertung in Deutschland ermittelt und auf die Waldfläche in Bad Wünnenberg bezogen. Ein ähnliches Vorgehen wird bei der lokalen Erzeugung von Biokraftstoffen angewendet. Bezugsgröße dabei ist die landwirtschaftliche Fläche. Auf dieser Grundlage wird auch der Einsatz lokaler Biomasse in Biogasanlagen prognostiziert. Dritte Säule der Energieproduktion aus Biomasse ist die Abfallwirtschaft. Es findet in der Stadt keine energetische Verwertung des biogenen Abfalls statt, sodass die Erzeugung aus der Abfallwirtschaft

lediglich den Bereich Altholz umfasst. Dahingehend wurde eine entsprechende Annahme getroffen; die Erzeugung daraus ist aber verglichen mit den Potenzialen aus Land- und Forstwirtschaft gering.

Ausgehend von den Annahmen für das Jahr 2019 und den verfügbaren Flächenpotenzialen lässt sich im Klimaschutz-Szenario die zukünftige Produktion aus Biomasse prognostizieren. Während das größte Potenzial bisher in der Forstwirtschaft liegt, wird zukünftig davon ausgegangen, dass Biomasse aus der Landwirtschaft an Bedeutung zunehmen wird. Das Potenzial aus der Forstwirtschaft ist bereits zum derzeitigen Stand ausgeschöpft und die Abfallwirtschaft wird auch zukünftig kaum an Bedeutung gewinnen. Für das Jahr 2045 ist eine Energieproduktion von etwa 115 GWh unter den getroffenen Annahmen möglich. Das entspricht einer Steigerung um 58 Prozent.

Die Unsicherheit bei der Ableitung des zukünftigen Biomasse-Einsatzes resultiert aus der Art der eingesetzten Biomasse und der daraus resultierenden energetischen Verwertung. In dem hier dargestellten Szenario wird davon ausgegangen, dass zukünftig der Anteil gasförmiger Biomasse aus Biogasanlagen deutlich zurückgehen wird. Stattdessen wird angenommen, dass statt dem Anbau von Energiepflanzen (NAWARO, z. B. Mais) für die Verwendung als Ko-Substrat in Biogasanlagen, die Bedeutung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) steigen wird. Aus klimatechnischer Sicht bieten KUP einige Vorteile (z. B. Reduktion des Düngemittleinsatzes, Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel). Grundsätzlich sind hier zukünftig aber auch andere Szenarien denkbar, die von einer Reihe von Faktoren abhängig sind.

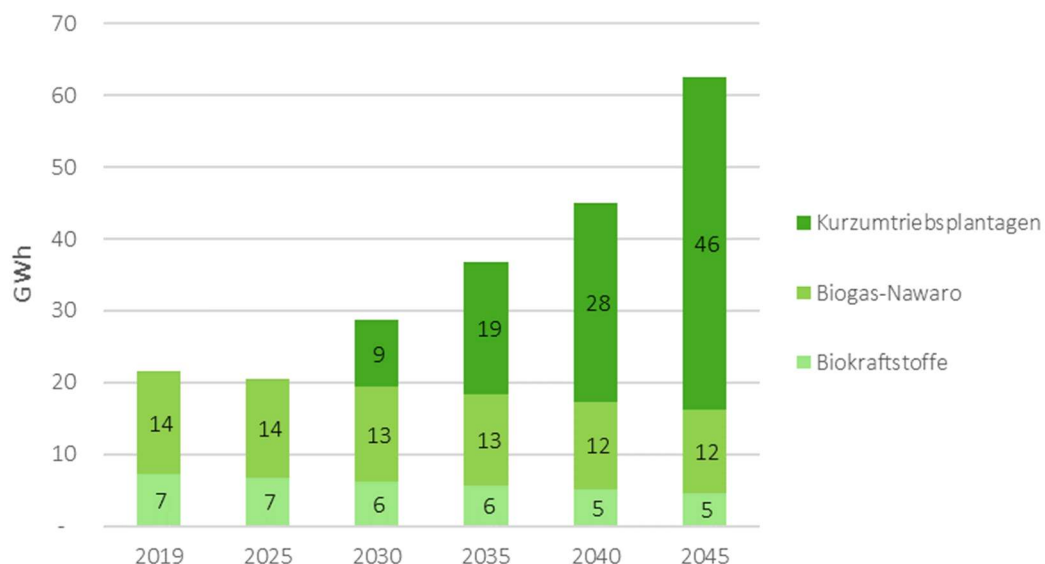


Abbildung 42: Entwicklung der Energieerzeugung aus Biomasse aus der Landwirtschaft (target GmbH, nach [30])

## Umweltwärme (WP)

Der Anteil der Wärmeerzeugung aus Umweltwärme mittels Wärmepumpen ergibt sich aus den gesetzten Prämissen für den zukünftigen Wärme-Mix. Es ist davon auszugehen, dass Wärmepumpen zukünftig eine entscheidende Rolle der Gebäudebeheizung in Bad Wünnenberg einnehmen werden. So wird angenommen, dass 85 Prozent der Ein- und Zweifamilienhäuser im Jahr 2045 mit Wärmepumpen beheizt werden. Bei den MFH wird ein Wärmepumpen-Anteil von 50 Prozent bei der Gebäudebeheizung angesetzt und bei den Nichtwohngebäuden von 35 Prozent. Die Umweltwärme umfasst dabei unterschiedliche Wärmequellen.

Während für Erdwärme (Geothermie) oder Wärme aus Abwasser die geologische und infrastrukturelle Ausgangslage für das daraus resultierende Potenzial entscheidend sind, so ist das Potenzial für Umweltwärme aus der Umgebungsluft im Grunde unbegrenzt. Vielmehr ist bei Letzterem der Sanierungszustand der beheizten Gebäude entscheidend für den effizienten Betrieb von Wärmepumpen. Im Klimaschutz-Szenario wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2045 rund 4.100 Wärmepumpen im Stadtgebiet installiert werden.

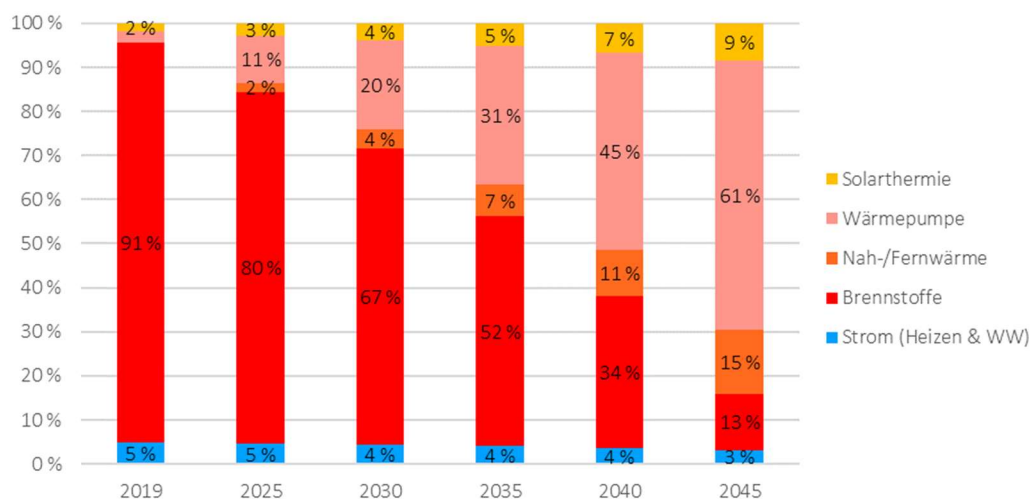


Abbildung 43: Wärme-Mix im Gebäudesektor im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30])

## 2.6 Treibhausgas-Minderungspfad

Wie bei der Erstellung der Treibhausgasbilanz werden auch hier die Treibhausgase auf Basis des Endenergieverbrauchs und unter Berücksichtigung der Energieträger ermittelt. Dabei geht man davon aus, dass die zukünftige Energieversorgung in Deutschland und damit auch in der Stadt Bad Wünnenberg entsprechend den Projektionen aus den genannten Studien und den hier getroffenen Annahmen aufgebaut ist.

Auf dieser Grundlage lässt sich ein Treibhausgas-Minderungspfad für die Stadt Bad Wünnenberg ableiten, der der Zielvorgabe auf Bundesebene gerecht wird. Dazu müssen sich die THG-Emissionen ausgehend vom Jahr 2019 jährlich um fast 4 Prozent verringern, das entspricht einer Reduktion um 19 Prozent alle fünf Jahre. Im Vergleich mit dem Trend-Szenario müssen die Einsparungen deutlich erhöht werden, da das Trend-Szenario die Zielvorgabe für das Jahr 2045 um den Faktor 13 übersteigt.

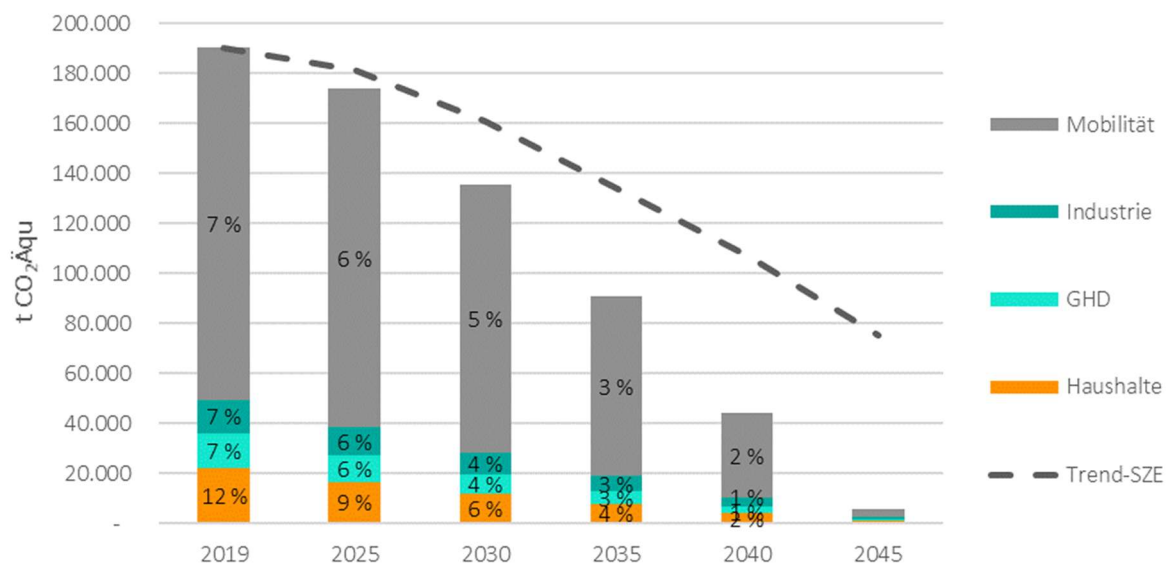


Abbildung 44: THG-Minderungspfad bis 2045 im Klimaschutz-Szenario (target GmbH, nach [30])

Eine vollständige Vermeidung der Treibhausgasemissionen ist auch im Klimaschutz-Szenario nicht möglich. Es verbleiben auch im Jahr 2045 Restemissionen – sogenannte residuale THG-Emissionen, die sich durch Vermeidungsmaßnahmen nicht verhindern lassen. Diese resultieren u. a. aus der Energiebereitstellung. Weiterhin ist davon auszugehen, dass in der Abfallwirtschaft und durch die Landnutzung Restemissionen anfallen. Diese beiden Bereiche wurden in diesem Bericht nicht dargestellt. Um als Stadt klimaneutral zu werden, muss aber auch in diesen Bereichen ein Strukturwandel erfolgen, um die Emissionen auf ein Minimum zu reduzieren.

Es gilt, die verbleibenden Restemissionen mit verschiedenen Kompensationsmaßnahmen auszugleichen. Kompensation in diesem Zusammenhang bedeutet, dass CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre direkt oder indirekt entnommen und langfristig eingelagert wird. Dadurch ergeben sich Negativ-Emissionen, die die residualen Emissionen kompensieren.

Ähnlich wie die Energieversorgung werden auch die Technologien zur Kompensation als gesamtdeutsche Aufgabe angegangen werden müssen. Aufgrund geologischer und infrastruktureller Anforderungen werden für den Einsatz von technologischen Kompensationsmaßnahmen (z. B. Carbon Capture & Storage, also die Abscheidung und Einlagerung von CO<sub>2</sub> in geologischen Formationen) zukünftig insbesondere die räumlich gebündelten Standorte der Chemie- und Stahlindustrie relevant sein. Entsprechend ist davon auszugehen, dass technologische Senken im Stadtgebiet zu vernachlässigen sind.

Neben den technischen CO<sub>2</sub>-Senken gibt es auch natürliche Senken. Dabei handelt es sich um Ökosysteme wie Wälder, Feuchtgebiete, Grünland usw., die Kohlenstoff aus der Atmosphäre entziehen und diesen speichern. Auch die natürlichen Senken können für den Ausgleich der verbleibenden Emissionen herangezogen werden. Die Senkenleistung für die Stadt Bad Wünnenberg zu ermitteln ist nicht Bestandteil dieses Berichts, allerdings muss auf dem Weg zur Klimaneutralität auch dieser Bereich berücksichtigt werden.

Dabei ist es essenziell, dass die entsprechenden Ökosysteme in ihrer Funktion als Kohlenstoffspeicher geschützt und gestärkt werden. In Bezug auf die Stadt Bad Wünnenberg ist dabei insbesondere die Senkenleistung des Waldes von Bedeutung. Vor dem Hintergrund der Trockenheit und der Verbreitung des Borkenkäfers der letzten Jahre rückt der Schutz der verbleibenden Waldflächen und eine Wiederaufforstung immer weiter in den Vordergrund.

Daneben haben auch eine Intensivierung des Ökolandbaus und der Schutz von Grünflächen einen positiven Einfluss auf die Leistung der natürlichen Senken.

### 3 Fazit

Im Jahr 2019 wurden in der Stadt Bad Wünnenberg rund 608 GWh an Endenergie verbraucht; davon fast drei Viertel im Verkehrssektor. Im stationären Bereich wird etwa 55 Prozent der Energie für die Wärmebereitstellung verbraucht. Dabei dominieren die fossilen Energieträger, denn nur rund 15 Prozent des Wärmeverbrauchs (18 GWh) resultieren aus erneuerbaren Energien. Zudem wurden 2019 fast 395 GWh an Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Das ist bilanziell fast das 7-fache an Strom, als im Stadtgebiet im Jahr 2019 verbraucht wird.

Aus dem Energieverbrauch und dem Energie-Mix haben sich im Jahr 2019 auf dem Stadtgebiet Emissionen in Höhe von etwa 190.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente ergeben.

**Tabelle 13: Vergleich von lokalen und bundesweiten Indikatoren (target GmbH, nach [30])**

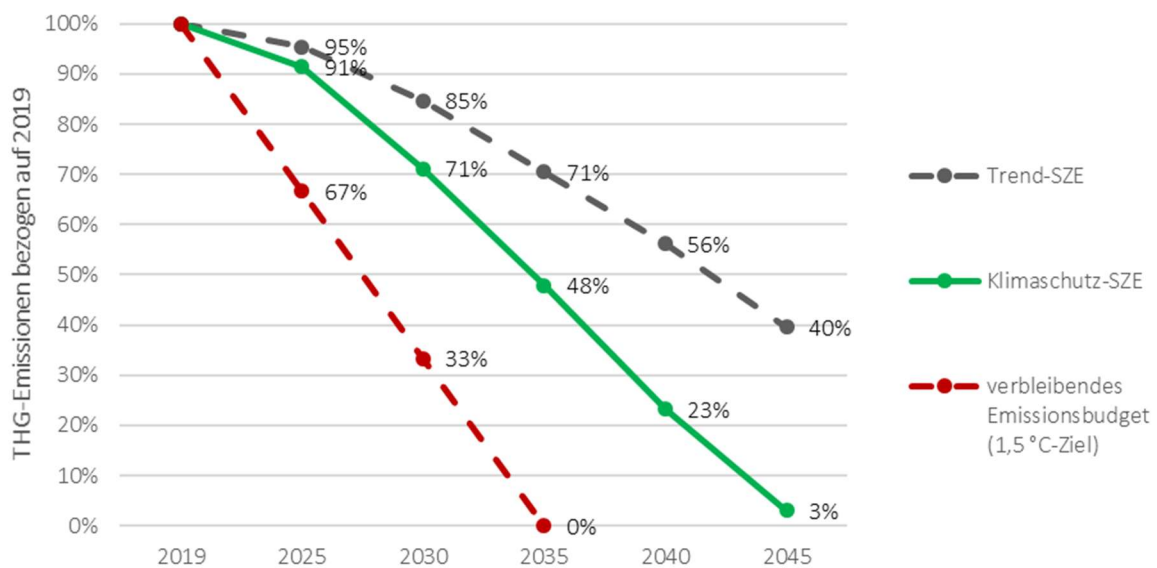
	<b>Bad Wünnenberg</b>	<b>Bundesdurchschnitt</b>
Endenergiebezogene Gesamtemissionen je Einwohner*in (t CO <sub>2</sub> e/a)	15,6 t CO <sub>2</sub> e /EW	8,10 t CO <sub>2</sub> e /EW
Endenergiebezogene THG-Emissionen je Einwohner*in bezogen auf private Haushalte (t CO <sub>2</sub> e/a)	1,82 t CO <sub>2</sub> e /EW	2,20 t CO <sub>2</sub> e /EW
Endenergieverbrauch je Einwohner*in bezogen auf private Haushalte (kWh/a)	6.759 kWh/EW	8.099 kWh/EW
Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch (%)	71 %	17 %
Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch (%)	799 %	42 %
Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch (%)	15 %	15 %
Anteil Kraft-Wärme-Kopplung am Wärmeverbrauch (%)	-	8 %
Energieverbrauch des Sektors GHD pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten (kWh/a)	15.507 kWh/Besch.	14.113 kWh/Besch.
Energieverbrauch durch motorisierten Individualverkehr pro Einwohner*in (kWh/a)	36.777 kWh/EW	5.012 kWh/EW

Um Treibhausgasneutralität zu erreichen, muss der Endenergieverbrauch in der Stadt Bad Wünnenberg durch Effizienz- und Suffizienz-Maßnahmen gegenüber dem Bilanzjahr 2019 um 59 Prozent auf etwa 250 GWh reduziert werden. In Fünf-Jahres-Schritten muss der Endenergieverbrauch demnach um jeweils elf Prozent verringert werden.

Die zweite Säule auf dem Weg zur THG-Neutralität ist die erneuerbare Energieversorgung. Auf Grundlage aktueller Studien und unter Berücksichtigung vorliegender räumlicher Limitationen ist im Klimaschutz-Szenario ein lokales Erzeugungspotenzial von etwa 912 GWh aus erneuerbaren Energien verfügbar. Das übersteigt den prognostizierten Endenergieverbrauch bilanziell um mehr als das Dreifache. Das erfordert bis zum Jahr 2045 einen jährlichen Anstieg der Erzeugung um etwa 17 GWh. Die Treiber dabei sind vor allem Windkraft und Photovoltaik.

Um THG-Neutralität zu erreichen müssen, wie in Tabelle 14 und in Abbildung 39 dargestellt, die THG-Emissionen ausgehend vom Jahr 2019 jährlich um knapp 4 Prozent verringert werden. Das entspricht einer Reduktion um ca. 19 Prozent alle fünf Jahre. Eine Beschleunigung gegenüber dem prognostizierten Trend (minus 12 Prozent alle fünf Jahre) ist somit nötig, denn je länger der aktuelle Trend beibehalten wird, umso kürzer wird die Zeit, um die Emissionen auf das notwendige Minimum zu reduzieren.

Um die Bedeutung der Treibhausgasminderung zu unterstreichen, wird an dieser Stelle ein weiterer Pfad abgebildet. Dieser gibt das verbleibende Emissionsbudget wieder, das der Stadt Bad Wünnenberg zur Verfügung steht, um die Erderwärmung um 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Bei linearer Reduktion der THG-Emissionen ist dieses Budget bereits vor dem Jahr 2035 aufgebraucht.



**Abbildung 45: THG-Minderungspfad bei Umsetzung des Klimaschutz-Szenarios, des Trend-Szenarios und unter Berücksichtigung des verbleibenden Emissionsbudgets (target GmbH, nach [30] und [33])**

**Tabelle 14: Ziele auf dem Weg zur THG-Neutralität (target GmbH, nach [30])**

	Endenergieverbrauch		THG-Emissionen bezogen auf 2019		Anteil lokal erzeugter EE am Endenergieverbrauch
	KS-Szenario	Trend-Szenario	KS-Szenario	Trend-Szenario	KS-Szenario
2019	100 %	100 %	100 %	100 %	76 %
2035	62 %	81 %	48 %	71 %	179 %
2045	41 %	68 %	3 %	40 %	337 %
Jährliche Veränderung bis 2045 im Bezug zu 2019	-2,3 %	-1,2 %	-3,7 %	-2,3 %	-
In GWh bzw. 1.000 t CO <sub>2</sub> e	-14	-8	-7,1	-4,4	15
5-Jahres-Veränderung bis 2045 im Bezug zu 2019	-11 %	-6 %	-19 %	-12 %	-
In GWh bzw. 1.000 t CO <sub>2</sub> e	-69	-38	-35,5	-22,1	73



## 4 Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
CH <sub>4</sub>	Methan
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2</sub> e	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
CNG	Compressed Natural Gas, komprimiertes Erdgas
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EW	Einwohner*innen
EZFH	Ein- und Zweifamilienhäuser
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FFA	Freiflächenanlage
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GRETA	Gridding Emission Tool for ArcGIS
GWh	Gigawattstunde
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
HH	Private Haushalte
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IND	Industrie
KE	Kommunale Einrichtungen und Liegenschaften
KSG	Klimaschutzgesetz
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG	Liquified Petroleum Gas, Autogas

LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land Use Change and Forestry)
MaStR	Marktstammdatenregister
MFH	Mehrfamilienhäuser
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MOB	Mobilität
MWh	Megawattstunde
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NWG	Nichtwohngebäude
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV	Öffentlicher Personenverkehr
PEHV	Plug-in-Hybrid-Fahrzeug
PKW	Personenkraftwagen
PtG	Power-to-Gas
PtH	Power-to-Heat
PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas
TREMOD	Transport Emission Model
UBA	Umweltbundesamt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
WP	Wärmepumpe

## 5 Quellenverzeichnis

- [1] H. Hertle, F. Dünnebeil, C. Gebauer, B. Gugel, C. Heuer, F. Kutzner und R. Vogt, „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland,“ Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), Heidelberg, 2014.
- [2] Umweltbundesamt, „Die Treibhausgase,“ 14 11 2022. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>. [Zugriff am 23 02 2023].
- [3] Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und –strategien GmbH (IINAS), „GEMIS Modell und Datenbasis, Version 5.0,“ Darmstadt, 2021.
- [4] B. Burger, „Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2019,“ Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE , Freiburg, 2020.
- [5] Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), „Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage,“ Berlin, 2018.
- [6] Umweltbundesamt (UBA), „Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 - 2015,“ Dessau-Roßlau, 2017.
- [7] Umweltbundesamt, „Treibhausgas-Emissionen in Deutschland,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>.
- [8] Agora Energiewende, „Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2021. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2022,“ Berlin, 2022.
- [9] World Meteorological Organization, „WMO Greenhouse Gas Bulletin. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2019. No. 16,“ Genf, 2020.
- [10] Bundesrepublik Deutschland, „Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist,“ Berlin, 2021.
- [11] K. Utermöhl und M. Zimmer, „Germany's Easter package: Great green intentions,“ Allianz Trade Deutschland, Hamburg, 2022.
- [12] Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder / Alianza del Clima e.V. (Klima-Bündnis e.V.), „Klimaschutzplaner,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.klimaschutz-planer.de/>.
- [13] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Energieatlas NRW,“ 2020. [Online]. Available: <https://www.energieatlas.nrw.de/site>.
- [14] target GmbH, „Energiebericht Stadt Bad Wünnenberg 2021,“ Hameln, 2022.
- [15] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB), „Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland. Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken,“ Berlin, 2022.
- [16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Energiedaten NRW. Stand und Entwicklung 2019,“ 2021.

- [17] Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen, „Landesdatenbank Nordrhein-Westfalen,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online>.
- [18] Statistisches Bundesamt, „GENESIS-Online Datenbank,“ 2022. [Online]. Available: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>. [Zugriff am 23.02.2023].
- [19] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „Energieeffiziente Straßenbeleuchtung. Einsparpotenziale identifizieren und erschließen,“ Berlin, 2016.
- [20] Kraftfahrtbundesamt, „Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden (FZ 3),“ 2023. [Online]. Available: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz3\\_b\\_uebersicht.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz3_b_uebersicht.html). [Zugriff am 2023].
- [21] Bundesnetzagentur, „Ladesäulenkarte,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/start.html>. [Zugriff am 2023].
- [22] Kraftfahrtbundesamt, „Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken (FZ 1),“ 2023. [Online]. Available: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1\\_b\\_uebersicht.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html). [Zugriff am 2023].
- [23] Bundesrepublik Deutschland, „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG),“ Berlin, 2020.
- [24] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM),“ Berlin, 2022.
- [25] Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat), „Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat),“ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Dessau-Roßlau, 2022.
- [26] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>.
- [27] Stadt Bad Wünnenberg, „Kindertagesstätte Sterntaler,“ [Online]. Available: <https://www.bad-wuennenberg.de/de/stadt/bildung/kinderbetreuung/sterntaler.php>. [Zugriff am 24.02.2023].
- [28] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe,“ Berlin, 2021.
- [29] Boston Consulting Group, „Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft,“ 2021.
- [30] Prognos AG, Öko-Institut e.V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, „Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann,“ Berlin, 2021.
- [31] Kopernikus-Projekt Ariadne, „Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich,“ Kopernikus-Projekt Ariadne Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam, 2021.

- [32] Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Consentec GmbH, „Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. Kurzbericht: 3 Hauptszenarien,“ Karlsruhe, 2021.
- [33] Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), „Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020,“ Berlin, 2020.
- [34] Öko-Institut e.V., Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI, IREES GmbH, Thünen-Institut, „Projektionsbericht 2021 für Deutschland,“ 2021.
- [35] Kreis Paderborn, „Geoportal für den Kreis Paderborn - Erneuerbare Energien,“ [Online]. Available: <https://kreis-paderborn.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html>. [Zugriff am 27.02.2023].
- [36] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Solarkataster NRW,“ 2020. [Online]. Available: [https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte\\_solarkataster](https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster).
- [37] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), *Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR). Referenzdateien*, Berlin, 2021.
- [38] Bundesrepublik Deutschland, „Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023),“ Berlin, 2023.
- [39] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB), „Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre 1990 bis 2021,“ Berlin, 2022.
- [40] Umweltbundesamt, „IPCC-Bericht: Sofortige globale Trendwende nötig,“ 13.05.2022. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ipcc-bericht-sofortige-globale-trendwende-noetig>. [Zugriff am 27.02.2023].

## 6 Anhang

### 6.1 Vorgehensweise bei der Verbrauchsermittlung nach Energieträgern

#### Strom

Die Angaben zum Stromverbrauch (Allgemeinstrom und Heizstrom) basieren auf dem Strombezug aus dem Netz. Dazu wurden Daten – zugeordnet zu den jeweiligen Verbrauchssektoren – vom örtlichen Netzbetreiber des Niederspannungsnetzes bereitgestellt. In der Stadt Bad Wünnenberg ist das folgendes Unternehmen:

- Westenergie AG.

Die Daten sind grundsätzlich belastbar, da von dem entsprechenden Unternehmen Daten für mehrere Jahre zur Verfügung (2018-2019) gestellt wurden, auf deren Grundlage die Plausibilität geprüft werden konnte. Nicht enthalten darin ist der Eigenstromverbrauch aus lokalen Erzeugungsanlagen, in diesem Bereich gibt es keine geeignete Datengrundlage. Ferner ist bislang noch davon auszugehen, dass dieser Bereich zu vernachlässigen ist, zukünftig aber berücksichtigt werden sollte.

Der Stromverbrauch der privaten Haushalte wurde nach einer Plausibilitätsprüfung entsprechend der Angabe vom Netzbetreiber übernommen. Der übrige Stromverbrauch wurde dem Sektor Wirtschaft zugeordnet.

#### Strom aus erneuerbaren Energien

Zusätzlich zu dem Stromverbrauch wurde eine Abfrage zu den lokalen Stromeinspeisungen aus erneuerbaren Energien nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bei der Westenergie AG durchgeführt. Es wurden Daten für die Jahre 2018 bis 2020 übermittelt und entsprechend in der Bilanz berücksichtigt. Auf dieser Grundlage ist es möglich, einen lokalen Emissionsfaktor zu ermitteln.

Ergänzend dazu wurde eine Abfrage des Marktstammdatenregisters der Bundesnetzagentur bezüglich der lokalen Stromerzeugungsanlagen im Stadtgebiet durchgeführt. [26]

#### Erdgas

Die Verbrauchsdaten für Erdgas wurden vom Verteilnetzbetreiber für die Jahre 2018 bis 2021 zur Verfügung gestellt. Das ist in der Stadt die Westfalen Weser Netz GmbH. Die Daten des Energieversorgers zum Erdgasverbrauch werden auf Basis ihres Brennwertes bereitgestellt und pauschal mit dem Multiplikator 0,9 auf ihren Heizwert umgerechnet.

Gemäß der BSKO-Methodik wurden die Witterungseinflüsse in der vorliegenden Bilanzierung zunächst nicht berücksichtigt. Die sogenannte Witterungsbereinigung des Wärmeverbrauchs verzerrt die Realität und neutralisiert nie vollständig den Effekt der Witterung (ifeu, 2014). Um dennoch den Einfluss der Witterung zu berücksichtigen, werden der Gasverbrauch und weitere witterungsrelevante Teilbereiche der Bilanz zum Vergleich witterungsbereinigt dargestellt. Dafür wird der Heizenergieverbrauch gemäß VDI 3807 mit dem Gradtagszahl-Verhältnis des langjährigen Mittels mit dem Bilanzjahr multipliziert.

Die Aufteilung des Gesamt-Gasverbrauchs auf die Sektoren erfolgt nach Abgleich der von den Schornsteinfegern übermittelten Kesseldaten. Auf Basis der Leistungsklassen wurden sinnvolle Annahmen getroffen, die eine Differenzierung zwischen privaten Haushalten und dem Wirtschaftssektor zulassen.

### Heizöl, Flüssiggas, Kohle und Biomasse

Die nicht-leitungsgebundenen Energieträger wurden für die Jahre 2018 und 2021 über eine Abfrage zur Heizanlagenstruktur in der Stadt Bad Wünnenberg erhoben. Gemäß der 1. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) bzw. der Kehr- und Überprüfungsordnung (KÜO) werden die Feuerungsanlagen in den Kehrbezirken erfasst und von den Bezirksschornsteinfegermeister\*innen abgefragt.

Aus einem Kehrbezirk wurden Daten für die Jahre 2018/2019 und 2020/2021 geliefert. Hingegen beziehen sich die gelieferten Daten aus dem zweiten Kehrbezirk lediglich auf das Jahr 2021. Auf Basis der gelieferten Daten wurde für den verbleibenden Betrachtungszeitraum (2019 bis 2020) eine Hochrechnung bzw. Trendfortschreibung durchgeführt. Die sektorale Aufteilung der Verbräuche erfolgt entsprechend der Leistungsklassen der Heizungsanlagen.

### Solarthermie

Die Daten zur thermischen Nutzung der Solarenergie beruhen auf Angaben ab dem Jahr 2001 für die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) geförderte Kollektorfläche. Für das Land NRW sind diese Daten bereits kommunenscharf als Vorgabedaten im Klimaschutzplaner integriert. Die Datengrundlage dafür bildet das Solarkataster NRW. [36]

### Umweltwärme

Vom Stromnetzbetreiber wurde zusätzlich die Abgabe von Strom für Wärmepumpen erfragt und für die Jahre 2018 und 2019 geliefert. Ausgehend davon lässt sich über plausible Annahmen zur Jahresarbeitszahl der Wärmeertrag aus den Wärmepumpen ermitteln.

## Kraftstoffe und Strom für Mobilität

Basis für die Berechnung 2019 ist das vom Umweltbundesamt bereitgestellte Software-Tool GRETA. Dies stellt seit 2016 lokalspezifische Daten für alle Verkehrsmittel sowie Defaultwerte der Kfz-Fahrleistungen für jede Kommune in Deutschland zur Verfügung. Für die Bilanz 2019 sind die Defaultwerte, differenziert nach Ortslage (innerorts, außerorts, Autobahn) bereits in den Klimaschutzplaner integriert. [12]

Die Daten für den öffentlichen Personennahverkehr basieren auf den vom Nahverkehrsverbund Paderborn-Höxter übermittelten Fahrleistungen des Busnetzes für die Jahre 2014 bis 2020.