

**FFE**

# Klimaschutzkonzept Zwischenbericht für die Stadt Wertingen



gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz



2023



Klimaschutzkonzept

---

für die Stadt Wertingen

**Herausgeber:**

Am Blütenanger 71, 80995 München  
+49 (0) 89 158121-0

Mail: [info@ffe.de](mailto:info@ffe.de)

Web: [www.ffe.de](http://www.ffe.de)

Zwischenbericht zum Projekt:  
Klimaschutzkonzept  
für die Stadt Wertingen

**Veröffentlicht am:**

21.04.2023

**FfE-Nummer:**

StWertin-01

**Autor:innen:**

Frank Veitengruber, M. Sc.

Simon Koderer, M. Sc.

Konstantin Metzger, M. Sc.

Dipl.-Ing. Leona Freiberger

Fabian Jetter, M. Sc.

Dr.-Ing. Serafin von Roon

**Förderkennzeichen:**

RvS-SG55.1-8704.6-3/66/5

**Dank**

Das integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept wird derzeit unter Beteiligung vieler regionaler Akteure erstellt: Bürgerinnen und Bürger, Vertreter:innen von Verbänden und Vereinen, Vertreter aus Wirtschaft und Politik. Allen Mitwirkenden danken wir herzlich für das Engagement.

**Haftungsausschluss**

Wir haben alle in dem hier vorliegenden Klimaschutzkonzept bereitgestellten Informationen nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und geprüft. Es kann jedoch keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen übernommen werden.



gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz





# Inhalt

Abbildungen.....	3
Tabellen.....	5
1 Ausgangssituation .....	2
2 Methodik und Datenbasis.....	4
2.1 Vorgehensweise bei der Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes .....	4
2.2 Datenbasis und Regionenmodell .....	6
3 Bestandsanalyse für Wertingen.....	8
3.1 Endenergiebilanz.....	9
3.1.1 Strom .....	10
3.1.2 Wärme.....	12
3.1.3 Mobilität.....	15
3.2 Treibhausgasbilanz.....	16
3.2.1 Lokaler Emissionsmix der Nahwärme .....	19
3.2.2 Bundesstrommix im Vergleich zum Territorialstrommix.....	19
4 Energieerzeugung aus Erneuerbaren Energien.....	21
4.1 Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien.....	21
4.1.1 Biomasse.....	22
4.1.2 Solarenergie (Photovoltaik).....	23
4.2 Regenerative Wärmeerzeugung.....	24
4.2.1 Biomasse (Kraft-Wärme-Kopplung).....	27
4.2.2 Solarenergie (Solarthermie) .....	28
4.2.3 Geothermie (Wärmepumpen).....	28
5 Potenziale und Szenarien zur Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	31
6 Empfehlungen zu energie- und klimapolitischen Zielen .....	32
7 Klimaschutzmaßnahmen .....	33
8 Umsetzungs- und Kommunikationsstrategie.....	34
9 Verstetigungsstrategie .....	35
10 Controlling- und Evaluationskonzept .....	36
Literatur.....	37
A. Anhang .....	38
A.1 Emissionsfaktoren zur THG-Bilanzierung.....	38
A.2 Indikatoren anhand der Szenarienanalyse .....	39

A.3	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträger für private Haushalte, Industrie, GHD und öffentliche Einrichtungen.....	39
A.4	Empfehlungen für Ziele der EEV-Entwicklung nach Sektoren .....	39
A.5	Empfehlungen für Ziele der THG-Entwicklung nach Sektoren .....	39
A.6	Leitbild für Energiewende und Klimaschutz .....	40
A.7	Maßnahmensteckbriefe .....	41

# Abbildungen

Abbildung 2-1: Der Energie-Dreisprung, /LFU-01 14/.....	4
Abbildung 2-2: Vorgehensweise bei der Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes, eigene Darstellung nach /DIU-02 18P/.....	5
Abbildung 3-1: Endenergieverbrauch 2021 im Stadtgebiet Wertingen nach Verbrauchssektoren, eigene Berechnung nach /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/.....	9
Abbildung 3-2: Endenergieverbrauch 2021 im Stadtgebiet Wertingen nach Anwendungsarten, eigene Berechnung nach /XXX/.....	10
Abbildung 3-3: Stromverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung.....	11
Abbildung 3-4: Wärmeverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung.....	13
Abbildung 3-5: Wärmeverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung.....	14
Abbildung 3-7: Kraftstoffverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung.....	16
Abbildung 3-8: Treibhausgasemissionen nach Verbrauchssektoren für Wertingen, eigene Darstellung und Berechnung nach /IIF-01 21P/.....	18
Abbildung 3-9: Treibhausgasemissionen nach Anwendungsarten und des Wärmeverbrauchs für Wertingen, eigene Darstellung und Berechnung nach /IIF-01 21P/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nachwärme).....	19
Abbildung 3-10: Treibhausgasemissionen in Wertingen 2021 und der Beitrag der lokalen Stromversorgung, eigene Darstellung und Berechnung nach /IFEU-02 19/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nachwärme).....	20
Abbildung 4-1: Erneuerbare Stromerzeugung nach Energieträgern im Jahr 2021 in Wertingen, nach /XXX/.....	21
Abbildung 4-2: Deckungsbeitrag der erneuerbaren Stromerzeugung am Stromverbrauch in Wertingen im Jahr 2021, eigene Darstellung und Berechnung nach /IFEU-02 19/.....	22
Abbildung 4-3: Stromerzeugung aus Biomasse 2021 in Deutschland /FNR-01 21P/.....	23
Abbildung 4-4: Solare Einstrahlung in Deutschland im Jahr 2020 /DWD-03 20P/.....	24
Abbildung 4-5: Anteil der erneuerbaren Wärmeerzeugung am Wärmeverbrauch im Jahr 2021 in Wertingen, nach /XXX/, /XXX/, /XXX/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nachwärme).....	25
Abbildung 4-6: Anteil der Energieträger zur erneuerbaren Wärmeerzeugung im Jahr 2021 in Wertingen, nach /XXX/, /XXX/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nachwärme).....	26
Abbildung 4-7: Anzahl BAFA-geförderter Anlagen für Wertingen im Zeitraum 2015-2021 /XXX/	27

Abbildung 4-8: Installierte Leistung bzw. Fläche BAFA-geförderter Anlagen für Wertingen im Zeitraum 2015-2021 /XXX/ .....	27
Abbildung A-5: Leitbild für Energiewende und Klimaschutz in Wertingen .....	40



# Tabellen

Tabelle 3-1:	Energieeinheiten und Umrechnung, eigene Darstellung .....	8
Tabelle 3-2:	Indikatorenvergleich für Strom /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/	12
Tabelle 3-3:	Indikatorenvergleich für Wärme /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/	15
Tabelle 3-4:	Übersicht der Emissionsfaktoren .....	17
Tabelle 4-1:	Anzahl und installierte Leistung der Anlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung in Wertingen 2021 (EEG-vergütete Anlagen) /XXX/ .....	21





# 1 Ausgangssituation

Die Gestaltung der künftigen Energieversorgung ist aufgrund der Knappheit der fossilen Energieressourcen, einer weltweit erhöhten Energienachfrage, sowie der Notwendigkeit die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, zu einer Schlüsselaufgabe des 21. Jahrhunderts geworden. Der drohende Klimawandel stellt dabei die größte Herausforderung dar und ist unmittelbar mit den Fragen nach Energieeinsparung, Energieeffizienz und einer möglichst CO<sub>2</sub>-neutralen Energieerzeugung verbunden.

In diesem Zusammenhang hat die Stadt Wertingen ein Klimaschutzkonzept in Auftrag gegeben mit dem Ziel, die Energie- und Klimawende im Stadtgebiet weiter voranzubringen. Das vorliegende Konzept beinhaltet eine umfassende Ist-Zustands-Analyse des Energieverbrauchs für die Anwendungsarten Strom, Wärme und Mobilität sowie der Anteile erneuerbarer Energien. Anschließend werden Energieeinspar- und Energieeffizienzpotenziale sowie die Potenziale zum Ausbau erneuerbarer Energien dargestellt. Daraus abgeleitet ergeben sich die CO<sub>2</sub>-Bilanz und mögliche Emissionseinsparungen. Als Ergebnis des Konzeptes werden die erforderlichen Maßnahmen in einem Katalog zusammengefasst und deren Ziele und Umsetzungsnotwendigkeiten beschrieben.

## **Kurzcharakteristik**

Die Stadt Wertingen liegt im Landkreis Dillingen a.d. Donau im Nordwesten des bayerischen Regierungsbezirks Schwaben. Das bayerische Landesentwicklungsprogramm verortet Wertingen als Mittelzentrum im allgemeinen ländlichen Raum. Das nächstgelegene Oberzentrum Dillingen/Lauingen (Doppelzentrum) liegt ca. 17 km entfernt, die Metropole Augsburg etwa 35 km. Das Stadtgebiet von ca. 51,9 km<sup>2</sup> Fläche erstreckt sich in Höhenlagen von 410 bis 500 m ü. NHN und wird von den Flüssen Zusam und Laugna durchflossen. Die Stadtgemeinde zählt ca. 9.400 Einwohner und besteht aus der Kernstadt Wertingen mit ihren Stadtteilen Geratshofen, Gottmannshofen, Hettlingen und Reatshofen sowie den umliegenden Stadtteilen Bliensbach, Hirschbach, Hohenreichen, Possenried, Prettelshofen, Rieblingen und Roggden. Wertingen ist darüber hinaus Sitz der Verwaltungsgemeinschaft Wertingen mit insgesamt knapp 15.000 Einwohnern, zu der im Übrigen die Gemeinden Binswangen, Laugna, Villenbach und Zusamaltheim gehören.

Das Siedlungsgebiet der Wertinger Kernstadt gliedert sich in das historische Zentrum zwischen Schloss und Zusam (ca. 10 ha) sowie daran anschließende, vorrangig im 19. und 20. Jahrhundert entstandene Wohn-, Gewerbe und Industriegebiete. Die überbaute Siedlungsfläche weist einschließlich der Stadtteile eine Größe von insgesamt ca. 6,1 km<sup>2</sup> auf.

In der Statistik der Bundesagentur für Arbeit waren zum 30.06.2020 ca. 5.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort Wertingen erfasst. Im Wohnort Wertingen leben ca. 3.900 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, von denen etwa 1.300 am Ort arbeiten und 2.600 auspendeln. Die Zahl der Einpendler beträgt etwa 3.700. Zum o.g. Stichtag waren bei der Bundesagentur für Arbeit in Wertingen 319 Betriebe erfasst, in denen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte tätig sind.

## **Bisherige Aktivität der Stadt**

In Wertingen wurden in den vergangenen Jahren bereits mehrere Projekte zum Schutz des Klimas und der Umwelt begonnen oder umgesetzt. Zudem existieren Netzwerke sozialer und

bürgerschaftlicher Akteure, die bereits wertvolle Beiträge und Aktionen in den Themenfeldern Umwelt-, Natur- und Klimaschutz geleistet haben. Diese sind im Folgenden exemplarisch je Handlungsfeld aufgelistet.

#### Handlungsfeld Verkehr:

- E-Mobilitätskonzept
- Realisierung einer Carsharing-Station vor dem Rathaus
- Ausbau der Busverbindungen im ÖPNV
- Beauftragung eines Verkehrskonzepts (Büro MODUS Consult, Ulm) mit geplanter Durchführung einer Bürgerbefragung und Entwicklung verkehrsplanerischer Maßnahmen

#### Handlungsfeld Bau und Planung:

- Realisierung eines Erweiterungsbaus für die Mittelschule im Passivhaus-Standard
- Neubau des Kindergartens in der Industriestraße als Solar-Aktiv-Haus
- Installation einer PV-Anlage auf den Dächern der Stadthalle, des Kinderhauses Gänseblümchen und der Mittelschule (in Planung)
- Vollständige Umrüstung der städtischen Straßenbeleuchtung auf LED-Leuchten
- Erlass von Vorgaben bzgl. der Versiegelung von Flächen und des Rückhalts von Oberflächenwasser bei der Bescheidung von Bauanträgen
- Vorgaben bei Flachdächern in der Bauleitplanung: Dachbegrünung, Photovoltaik oder Solarthermie

#### Handlungsfeld Energieeffizienz und erneuerbare Energien:

- Regelmäßige Durchführung kostenloser Energieberatungstage für private Immobilienbesitzer und Bauherrn durch einen Energieberater mit BAFA-Zulassung
- Durchführung einer Energieeffizienz-Analyse der städtischen Trinkwasserversorgung
- Durchführung einer Untersuchung der Heizungsanlage in der Grundschule (Agentur EZA!, Kempten)
- Durchführung einer Energieberatung für das Gebäude der Landwirtschaftsschule nach BAFA-Vorgaben (Fa. Energiesparteknik GmbH, Ulm)
- Teilnahme der Stadt Wertingen an der Sonnenkampagne des Landkreises Dillingen
- Förderung der Neuanschaffung von Kleinphotovoltaikanlagen der Bürger durch die Stadt Wertingen (25% des Anschaffungspreises bis max. 500 € Fördersumme, Mindestleistung 100 Wp)
- Beheizung des Seniorenzentrums Sankt Klara sowie der Mittelschule Wertingen durch das Hackschnitzelwerk des Landkreises Dillingen

## 2 Methodik und Datenbasis

Die Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (FfE) wurde mit der Erstellung des Klimaschutzkonzepts für die Stadt Wertingen beauftragt. Das vorliegende Konzept wurde nach den Richtlinien zum Umwelt-Förderschwerpunkt „Klimaschutz in Kommunen“ im Klimaschutzprogramm Bayern 2050 (Förderrichtlinien Kommunaler Klimaschutz – KommKlimaFör) /KOM-01 19P/ erstellt und wird vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz gefördert.

### Zielsetzung

Ein Klimaschutzkonzept dient als wertvolles kommunales Planungsinstrument. Es wird mit dem Ziel erstellt, eine klimaverträgliche, möglichst verbrauchsarme, auf Erneuerbare Energien gestützte und intelligente Energieversorgung in der Kommune zu ermöglichen. Schließlich wird der Einsatz unterschiedlicher Technologien zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen geprüft und abgestimmt, um eine regionale und idealerweise klimaneutrale Energieversorgung zu erreichen. Der Energie-Dreisprung „Energieeinsparung – Energieeffizienz – Nutzung regenerativer Energien“ gilt dabei stets als Leitprinzip, vgl. Abbildung 2-1.



Abbildung 2-1: Der Energie-Dreisprung, /LFU-01 14/

### 2.1 Vorgehensweise bei der Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes

Ein Klimaschutzkonzept beinhaltet insgesamt drei Schritte, vgl. Abbildung 2-2:

#### (1) Analyse des Ist-Zustandes (Bestandsanalyse)

Nach einer grundlegenden Übersicht zum Untersuchungsgebiet wird zunächst eine detaillierte Analyse des energetischen Ist-Zustandes auf Gemeindeebene vorgenommen. Dabei werden die aktuellen Energieverbrauchsdaten (Strom, Wärme, Mobilität) erhoben und aufbereitet. Des Weiteren wird die vorhandene Energieinfrastruktur, wie z. B. Gas- und Fernwärmenetze, Heiz-, Heizkraft- und Blockheizkraftwerke, Solarparks, Biogasanlagen und Anlagen zur individuellen Wärmeversorgung untersucht sowie der bereits vorhandene Anteil erneuerbarer Energieerzeugung ausgewiesen.



Zusätzlich werden die öffentlichen Liegenschaften gesondert betrachtet, um konkrete Handlungsmöglichkeiten der Stadt aufzuzeigen und damit eine Vorbildfunktion zu bewirken.

**(2) Potenzial-Analyse (Einsparung und Ausbau Erneuerbarer Energien)**

Im zweiten Schritt werden im Rahmen von Zukunftsszenarien Einspar- und Energieeffizienzpotenziale für die einzelnen Sektoren Private Haushalte, Wirtschaft (Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie Industrie), öffentliche Einrichtungen und Verkehr ermittelt. Schließlich werden Möglichkeiten des Ausbaus der regenerativen Energien, wie zum Beispiel Windkraft und Photovoltaik (PV), detailliert untersucht.

**(3) Konzeptentwicklung und Maßnahmenkatalog**

Aus der Kombination von aktuellem Verbrauch und erhobenen Effizienz- und Erzeugungspotenzialen können im dritten Schritt konkrete Maßnahmen abgeleitet werden. Es werden Handlungsfelder und Handlungsoptionen der Stadt unter anderem im Bereich der eigenen Liegenschaften sowie bei der Öffentlichkeitsarbeit ermittelt. Die Maßnahmen werden hinsichtlich verschiedener Kriterien wie Wirtschaftlichkeit und Personalbedarf bewertet und priorisiert. Daraus ergibt sich schließlich ein Maßnahmenkatalog, der die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes einleitet.

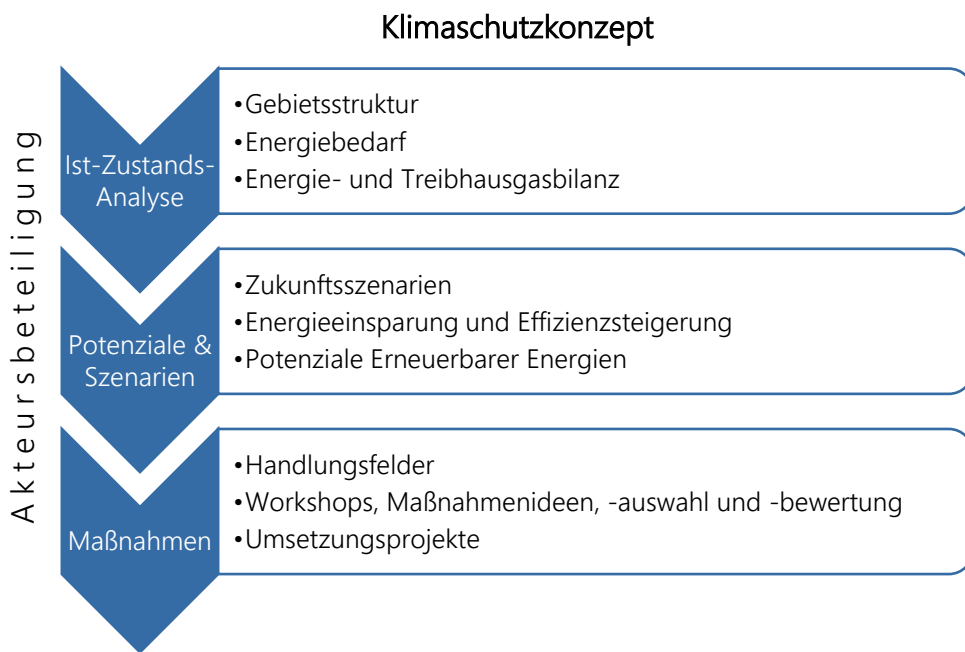


Abbildung 2-2: Vorgehensweise bei der Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes, eigene Darstellung nach /DIU-02 18P/

Über alle Schritte hinweg werden lokale Akteure frühzeitig und partizipativ bei der Erstellung des Klimaschutzkonzeptes eingebunden.

**Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes**

Im Anschluss an die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes wird dieses im Stadtrat beschlossen und die Umsetzung der Maßnahmen angeschoben. Dabei ist die Priorisierung der Maßnahmen von entscheidender Bedeutung. In der Regel werden zunächst diejenigen

Projekte umgesetzt, die einen gewissen Vorbildcharakter aufweisen oder kostengünstig und schnell umsetzbar sind. Besonders wichtig in der Umsetzungsphase sind außerdem die Erhöhung des Bekanntheitsgrades des Klimaschutzkonzeptes, d. h. die Veröffentlichung in geeigneter Form sowie der Anstoß weiterführender Projekte.

## 2.2 Datenbasis und Regionenmodell

---

Die Datenbasis für das Klimaschutzkonzept setzt sich aus zahlreichen Quellen zusammen. In enger Zusammenarbeit mit der Stadt Wertingen konnten wertvolle Daten erhoben werden, wie zum Beispiel:

- Daten der Strom- und Gasnetzbetreiber (Strom- und Gasabsatz-Daten, Stromerzeugungsmengen der EEG-vergüteten Anlagen),
- Daten zu den öffentlichen Liegenschaften der Stadt Wertingen,
- Daten zur Wärmenutzung in Biogasanlagen.

Für nicht vorhandene oder nicht zugängliche Daten wurde das Regionenmodell der FfE /FFE-51 14/ herangezogen, welches regional hoch aufgelöste Energieverbräuche auf Basis von statistischen Daten umfasst. Das FfE-Regionenmodell basiert u. a. auf folgenden statistischen Daten:

### **Soziodemografische Daten:**

- Einwohnerzahl Deutschlands
- Erwerbstätige nach Wirtschaftssektoren
- Schüleranzahl, Schulen
- Bettenanzahl in Krankenhäusern

### **Infrastrukturelle Daten:**

- Wohngebäude nach Typ, Baualter
- Anzahl Wohnungen und Wohnfläche
- Siedlungsflächen und andere Raumordnungstypen

### **Klimatologische Daten:**

- Heizgradtage<sup>1</sup>
- Solare Einstrahlung
- Wetterdaten der Testreferenzjahrregionen des Deutschen Wetterdienstes

Die Daten werden auf Ebene der ca. 12.000 Gemeinden in Deutschland erhoben und für die Auswertung mittels GIS mit dem Amtlichen Gemeindegliederschlüssel (AGS) kodiert. Neben dem Energiebedarf der verschiedenen Sektoren sind insbesondere die Last- bzw. Leistungscharakteristika verschiedener Erzeuger und Verbraucher interessant.

Da keine flächendeckenden statistischen Informationen zum Wärmebedarf und Stromverbrauch auf Gemeindeebene existieren, werden Bezugseinheiten verwendet, um darauf rückschließen zu können. Für die Ermittlung der Wärmebedarfsdichte ist z. B. neben

---

<sup>1</sup> Heizgradtage werden zur Berechnung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes herangezogen. Sie stellen den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und Außenlufttemperatur für die Heiztage eines bestimmten Zeitraums für eine bestimmte Region dar.

der Besiedlungsdichte und den Gebäudestrukturen auch die Kenntnis von Erwerbstätigenzahlen in unterschiedlicher regionaler Tiefe bis auf Gemeinde- oder Siedlungsebene notwendig.

Das Regionenmodell mit seiner statistischen Datenbasis kann ergänzend für die Ist-Zustands- und Potenzial-Analyse dienen und mögliche Datenlücken füllen.

### 3 Bestandsanalyse für Wertingen

Die Untersuchung des energetischen Ist-Zustandes der Stadt Wertingen bildet die Basis für die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes. Die dabei erhobenen Grunddaten werden für alle weiteren Berechnungen und Aussagen des Klimaschutzkonzeptes verwendet und sollten dementsprechend möglichst detailliert sein.

Zunächst soll ein Überblick zum aktuellen Endenergieverbrauch der Stadt Wertingen im Jahr 2021 gegeben werden. Dieser bildet die Basis für alle weiteren Berechnungen im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes.

Nachfolgend werden zahlreiche Berechnungen erläutert, die sich einerseits auf die installierte Leistung bzw. Anlagengröße (in kW/MW/GW) und andererseits auf die Energiemenge (in kWh/MWh/GWh) beziehen. Folgende Einheiten werden verwendet (vgl. Tabelle 3-1):

Tabelle 3-1: Energieeinheiten und Umrechnung, eigene Darstellung

Installierte Leistung		Energiemenge	
Kilowatt	kW	Kilowattstunde	kWh
Megawatt	MW	Megawattstunde	MWh
Gigawatt	GW	Gigawattstunde	GWh
Umrechnung			
1 GW = 1.000 MW = 1.000.000 kW			
1 GWh = 1.000 MWh = 1.000.000 kWh			

Die installierte Leistung ist die maximale Leistung (oder auch Nennleistung) der in einem Kraftwerk bzw. einer Anlage installierten Generatoren. Sie ist ein Maß für die Dimension oder Größe der Anlage, sagt jedoch noch nichts darüber aus, wie viel Energie damit erzeugt wird. Die Energiemenge (bzw. der Ertrag einer Anlage) wird dagegen zusätzlich durch die Anzahl an Stunden (h) pro Jahr ermittelt, die eine Anlage mit ihrer Nennleistung läuft und damit Energie produziert.

#### Beispielrechnung:

Eine Windkraftanlage mit 3 MW installierter Leistung läuft pro Jahr beispielsweise 1.500 Stunden (von maximal 8.760 Stunden eines Jahres). Daraus ergibt sich ein Energie- bzw. Stromertrag pro Jahr von  $3 \text{ MW} \cdot 1.500 \text{ h} = 4.500 \text{ MWh}$ .

### 3.1 Endenergiebilanz

Der gesamte Endenergieverbrauch wird in Abbildung 3-1 dargestellt und ist in folgende Verbrauchssektoren untergliedert:

- Private Haushalte (PHH)
- Wirtschaft: Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)
- Öffentliche Einrichtungen
- Verkehr

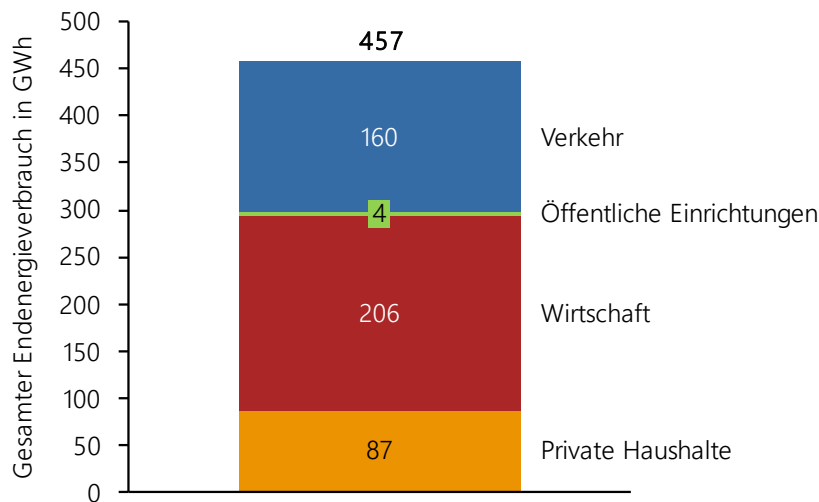


Abbildung 3-1: Endenergieverbrauch 2021 im Stadtgebiet Wertingen nach Verbrauchssektoren, eigene Berechnung nach /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/

Insgesamt lag der Gesamtendenergieverbrauch der Stadt Wertingen im Jahr 2021 bei knapp 457 GWh. Hierbei entfällt auf den Wirtschafts- und Verkehrssektor mit zusammen rund 80 % der größte Anteil, gefolgt vom Sektor der privaten Haushalte mit rund 19 % und ca. 1 % auf die öffentlichen Einrichtungen. Zur Nachhaltung der Bestandsanalyse wird zudem das Tool „Klimaschutz-Planer“ des Klima-Bündnis e.V. angewandt und die Daten entsprechend hinterlegt.

Insgesamt betrug der gesamte Endenergieverbrauch im Stadtgebiet Wertingen für das Jahr 2021 rund 457 GWh, davon waren:		
Private Haushalte:	87 GWh	19 %
Wirtschaft:	206 GWh	45 %
Öffentliche Einrichtungen:	4 GWh	1 %
Verkehr:	160 GWh	35 %

#### Endenergieverbrauch nach Anwendungsarten

Die Unterteilung des Endenergieverbrauchs auf die Anwendungsarten Strom, Wärme und den Kraftstoffverbrauch durch den Verkehrssektor wird in Abbildung 3-2 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass der Stromverbrauch dabei mit 10 % einen deutlich geringeren Anteil im

Vergleich zum Wärmeverbrauch einnimmt und dass die Mobilität gut ein Drittel des Endenergieverbrauchs verursacht.

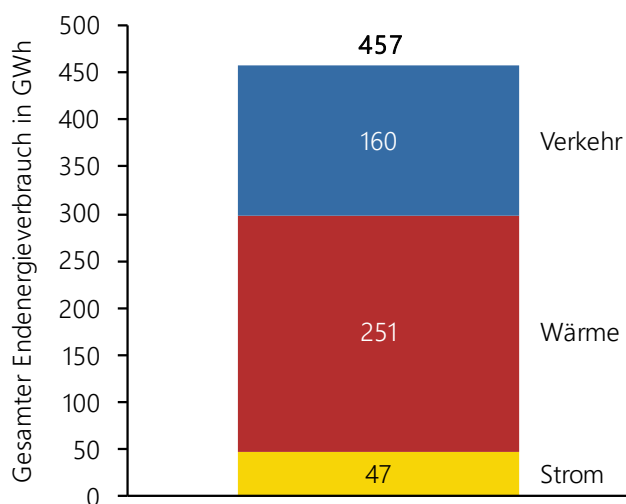


Abbildung 3-2: Endenergieverbrauch 2021 im Stadtgebiet Wertingen nach Anwendungsarten, eigene Berechnung nach /XXX/

Im Jahr 2021 lag der Endenergieverbrauch des Stadtgebiets Wertingen bei insgesamt 458 GWh, der sich folgendermaßen aufteilt:

Stromverbrauch:	47 GWh	10 %
Wärmeverbrauch:	251 GWh	55 %
Kraftstoffverbrauch (Mobilität):	160 GWh	35 %

Im Folgenden werden die Energieverbräuche, deren Datenbasis und die Vorgehensweise zur Ermittlung des Endenergieverbrauchs je Anwendungsart und deren Verbrauchssektoren detaillierter beschrieben.

### 3.1.1 Strom

Zunächst wird der Stromverbrauch für Wertingen näher betrachtet.

#### Datenbasis und Datenaufbereitung

Wertingen wird von dem folgenden Stromnetzbetreiber versorgt:

- LEW (Lechwerke AG)

Von dem Netzbetreiber wurden Daten zu Stromverbrauch und Stromerzeugung abgefragt. Dabei konnten die folgenden Gruppen identifiziert werden:

- Privat: Private Haushalte (PHH) inkl. Heizstrom
- Wirtschaft: Industrie
- GHD: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- Sonstige: Straßenbeleuchtung, Mobilfunk



Zusätzlich erfolgte eine Bottom-up-Erhebung der Stromverbräuche auf Seiten der Stadt Wertingen für alle öffentlichen Einrichtungen, sodass diese vom erfassten Stromnetzbezug der Netzbetreiber abgegrenzt werden konnten.

### Stromverbrauch nach Sektoren

Nachfolgende Abbildung 3-3 zeigt den Stromverbrauch im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, jeweils aufgeteilt nach den Kundengruppen PHH, Wirtschaft (Industrie und GHD) sowie öffentliche Einrichtungen. Es wird deutlich, dass die Industrie mit rund 57 % der weitaus größte Stromverbraucher in Wertingen ist. Der Rest verteilt sich anteilig auf die PHH mit ca. 26 %, den GHD-Sektor mit rund 13 % und zu einem vergleichsweise geringen Anteil auf die öffentlichen Einrichtungen mit ca. 2 %. Heizstrom für Wärmepumpen oder Strom für Elektromobilität wird bilanziell als Endenergieverbrauch dem Wärme- bzw. Mobilitätssektor zugeordnet und ist an dieser Stelle nicht enthalten.

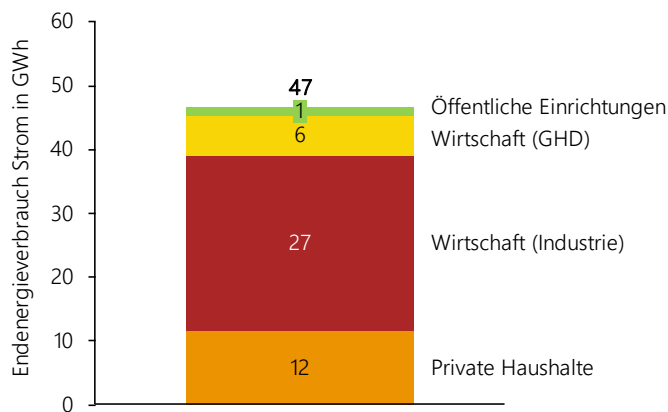


Abbildung 3-3: Stromverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung

Insgesamt betrug der Stromverbrauch im Stadtgebiet Wertingen für das Jahr 2021 rund 47 GWh, davon waren:		
Private Haushalte:	12 GWh	26 %
Wirtschaft (Industrie):	27 GWh	57 %
Wirtschaft (GHD):	6 GWh	13 %
Öffentliche Einrichtungen:	1 GWh	2 %

### Indikatorenvergleich

Im Benchmarking zeigt sich, dass insbesondere der Stromverbrauch der privaten Haushalte mit 1.227 kWh pro Einwohner unter dem Durchschnitt Bayerns und Deutschlands liegt. Auch der Stromverbrauch der Wirtschaft pro sozialversicherungspflichtig beschäftigter Person liegt mit 6.845 kWh deutlich unter dem Regionenvergleich. Tabelle 3-2 zeigt zusammenfassend die Kennzahlen des Indikatorenvergleichs für Strom. Der Anteil der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien am regionalen Stromverbrauch hingegen liegt mit über 100 % stark über dem bayerischen und deutschen Durchschnitt.

Tabelle 3-2: Indikatorenvergleich für Strom /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/

Kennzahlen Strom	Wertingen	Bayern <sup>2</sup>	Deutschland <sup>3</sup>
Jahr	2021	2021	2021
Einwohner (Stichtag 31.12.) <sup>4</sup>	9.415	13.176.989	83.237.124
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (Stichtag 30.06.) <sup>5</sup>	4.907	5.749.848	33.802.173
Stromverbrauch	47 GWh	77.417 GWh	501.015 GWh
- davon Private Haushalte	12 GWh	20.025 GWh	126.844 GWh
- davon Wirtschaft	33 GWh	55.058 GWh	361.804 GWh
Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	105 %	44 %	41 %
Stromverbrauch pro Einwohner	4.979 kWh	5.875 kWh	6.019 kWh
Stromverbrauch Privater Haushalte pro Einwohner	1.227 kWh	1.520 kWh	1.524 kWh
Stromverbrauch Wirtschaft pro Soz.vers.pfl. Besch.	6.845 kWh	9.576 kWh	10.704 kWh

### 3.1.2 Wärme

Nach dem Stromverbrauch wird im Folgenden der endenergetische Wärmeverbrauch näher untersucht. Dieser ist im Stadtgebiet Wertingen um den Faktor 5,3 höher als der Stromverbrauch (vgl. Abbildung 3-2) und hat daher eine besondere Bedeutung hinsichtlich möglicher Einsparpotenziale. Im Folgenden wurden gemäß Vorgabe keine Witterungskorrektur oder sonstige Korrekturen zur Bereinigung saisonaler Witterungseffekte durchgeführt.

#### Datenbasis und Datenaufbereitung

Neben zum Beispiel Erdgas als leitungsgebundenem Energieträger sind zur Ermittlung des gesamten Endenergieverbrauchs für den Wärmesektor insbesondere auch nicht-leitungsgebundene Energieträger (z. B. Heizöl, Pellets, Solarthermie etc.) relevant. Dies gestaltet es im Vergleich zum Stromsektor deutlich aufwändiger, eine solide Datenbasis für den Wärmesektor zu erhalten. Um dennoch eine möglichst genaue Auswertung zu ermöglichen, wurden folgende Quelldaten in Zusammenarbeit mit der Stadt Wertingen abgefragt:

- Erdgas: Gasnetzbetreiber Erdgas Schwaben GmbH
- Flüssiggas, Heizöl, Kaminkehr Stadtgebiet Wertingen  
Feuerstätten:
- Biogasanlagen: Erhebung bei den Betreibern über einen Fragebogen
- Heizstrom: Stromnetzbetreiber
- Solarthermie, Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle (BAFA)  
Wärmepumpen,  
Pellet/Scheitholz/  
Hackschnitzel:

## Wärmeverbrauch nach Sektoren

Die Daten zum Wärmeverbrauch liegen in unterschiedlichster Datenqualität vor. Die Gasverbräuche konnten anhand der Gasabsatzdaten und einer Bottom-up-Erhebung der Stadt Wertingen für eigene Liegenschaften den PHH, der Industrie, dem Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor sowie den öffentlichen Einrichtungen zugeordnet werden. Für Wärmeverbräuche aus Heizöl und energetische Holznutzung konnte durch die Bereitstellung von anonymisierten Daten des Kaminkehrers eine Energieträgeraufteilung vorgenommen werden. Diese Daten wurden anhand des Gasverbrauchs skaliert und auf die Sektoren PHH und Wirtschaft (Industrie & GHD) anhand des Verteilungsschlüssels, der sich anhand der Energiebilanz für Deutschland ergibt /XXX/, verteilt. Nahwärme aus Biogas-BHKWs wurde bottom-up in Rücksprache mit den Anlagenbetreibern vorläufig erhoben und den entsprechenden Verbrauchergruppen zugeordnet. Heizstrom für Wärmepumpen wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt ausschließlich den PHH zugeordnet. Die Ergebnisse zum Ist-Zustand sind in nachfolgender Abbildung 3-4 dargestellt.

Insgesamt zeigt sich, dass rund 52 % des Gesamtwärmeverbrauchs auf die ortsansässige Industrie entfallen, rund 31 % auf private Haushalte, 17 % auf den GHD-Sektor und ca. 1 % auf öffentliche Einrichtungen.

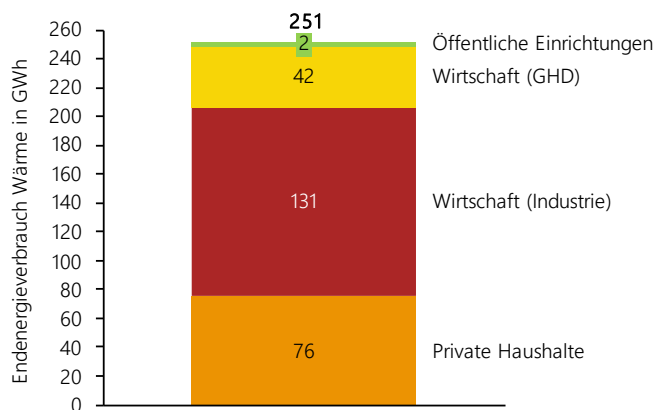


Abbildung 3-4: Wärmeverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung

Insgesamt betrug der Wärmeverbrauch im Stadtgebiet Wertingen für das Jahr 2021 rund 252 GWh, davon waren:

Private Haushalte:	76 GWh	31 %
Wirtschaft (Industrie):	131 GWh	52 %
Wirtschaft (GHD):	42 GWh	17 %
Öffentliche Einrichtungen:	2 GWh	1 %

## Wärmeverbrauch nach Energieträgern

Auf Basis der genannten Quelldaten konnte folgende Auswertung des Wärmeverbrauchs aufgeteilt nach Energieträgern ermittelt werden (vgl. Abbildung 3-5). 88 % des Wärmeverbrauchs werden über die konventionellen Energieträger Erdgas und Heizöl bereitgestellt. Auf regenerativer Seite haben vor allem die Holznutzung (Scheitholz, Pellet und Hackschnitzel) sowie die Wärmenutzung aus Biogasanlagen hohe Anteile, zusammengenommen rund 10 %. Der Anteil am Endenergieverbrauch von Wärme, der aus Solarthermie und Wärmepumpen bereitgestellt wird, ist unter „Sonstige“ zusammengefasst und im Jahr 2021 mit knapp 2 % verschwindend gering.

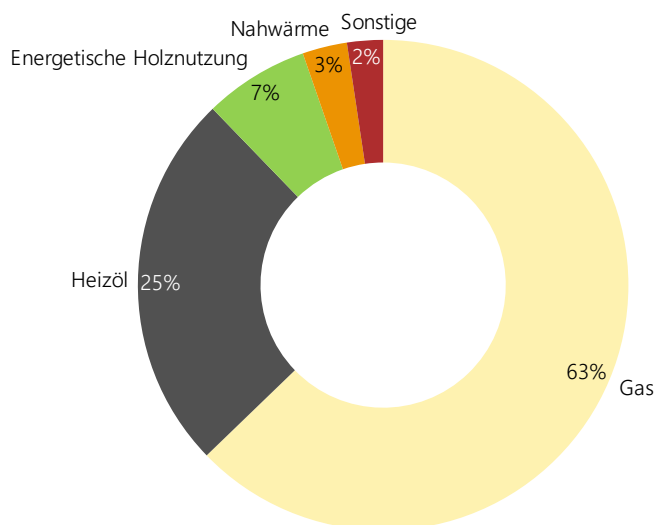


Abbildung 3-5: Wärmeverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung

## Indikatorenvergleich

Im Benchmarking zeigt sich, dass der Wärmeverbrauch mit rund 26.651 kWh pro Einwohner insgesamt deutlich über dem Mittel im Regionenvergleich liegt. Ein analoger Sachverhalt zeichnet sich für den spezifischen Wärmeverbrauch der Wirtschaft pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigte ab. Im Gegensatz dazu liegt der Wärmeverbrauch privater Haushalte mit 8.169 kWh pro Einwohner nur leicht über dem Mittelwert für Bayern und Deutschland. Der Anteil an Wärmeerzeugung durch Erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch liegt mit rund 12 % unter dem Bayern- und Deutschlandmittel im Regionenvergleich. Im Vergleich zum erneuerbar erzeugten Strom ist der Anteil erneuerbarer Wärme deutlich geringer und zeigt Handlungsbedarf auf.

Tabelle 3-3: Indikatorenvergleich für Wärme /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/

Kennzahlen Wärme	Wertingen	Bayern <sup>2</sup>	Deutschland <sup>3</sup>
Jahr	2021	2021	2021
Einwohner (Stichtag 31.12.) <sup>4</sup>	9.415	13.176.989	83.237.124
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (Stichtag 30.06.) <sup>5</sup>	4.907	5.749.848	33.802.173
Wärmeverbrauch	251 GWh	203.222 GWh	1.307.083 GWh
- davon Private Haushalte	76 GWh	104.828 GWh	542.825 GWh
- davon Wirtschaft	173 GWh	98.394 GWh	764.258 GWh
Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch	12%	26%	16%
Wärmeverbrauch pro Einwohner	26.651 kWh	15.423 kWh	15.703 kWh
Wärmeverbrauch Privater Haushalte pro Einwohner	8.048 kWh	7.955 kWh	6.521 kWh
Wärmeverbrauch Wirtschaft pro Soz.vers.pfl. Besch.	35.200 kWh	17.112 kWh	22.610 kWh

### 3.1.3 Mobilität

Neben den Anwendungsbereichen Strom und Wärme entfallen rund 35 % des Endenergieverbrauchs auf den Verkehrssektor (vgl. Abbildung 3-1).

#### Datenbasis und Datenaufbereitung

Zur Bilanzierung des Verkehrssektors nach dem Territorialprinzip, wie es im BSKO-Standard vorgesehen ist, wird eine detaillierte und fundierte Datengrundlage benötigt. So wäre für die Erfassung des Straßenverkehrs eine Verkehrszählung auf allen relevanten Straßen innerhalb des Bilanzierungsgebietes nötig. Aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit wurde zur Ermittlung des verkehrsbedingten Energieverbrauchs vom BSKO-Standard in vertretbarem Maß abgewichen und der Bilanzierungsansatz pragmatisch an die Datenausgangslage angepasst. Infolgedessen wurde der Straßenverkehr nach dem Einwohnerprinzip bilanziert.

Um den Verkehrsanteil am gesamten Endenergieverbrauch zu ermitteln, wurden die offiziellen Zahlen zum Fahrzeugbestand nach Fahrzeugtyp beim Bayerischen Landesamt für Statistik abgefragt /XXX/. Mittels durchschnittlicher Kilometerleistungen (in Kilometern und Litern bzw. Kilowattstunden pro Jahr) aus der bundesweiten Kraftfahrzeugstudie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung /DIW-02 08/ und der Untersuchung des Kraftfahrtbundesamtes zur Entwicklung der Inländerfahrleistungen /KBA-10 21P/, /KBA-11 21P/ wurde schließlich der Kraftstoffverbrauch inklusive Strom für private Elektromobilität für das Stadtgebiet Wertingen berechnet. Zusätzlich wurde der Stromverbrauch der öffentlichen Elektroladesäulen zur Verfügung gestellt /XXX/.

Wie zuvor beschrieben, wurde eine vereinfachte Vorgehensweise gewählt, um eine Abschätzung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor zu ermöglichen. Aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung des Verkehrssektors empfiehlt es sich, den Energieverbrauch gegebenenfalls in einer separaten Studie, z. B. im Rahmen eines kommunalen Elektromobilitätskonzeptes, zu untersuchen.

Darüber hinaus wurde der Endenergieverbrauch des ÖPNV anhand einer Analyse des Augsburger Verkehrsverbundes, dem das Stadtgebiet Wertingen zugehörig ist /XXX/, für Wertingen berechnet sowie die Verbrauchsdaten des öffentlichen Fuhrparks von der Stadt Wertingen ermittelt und zur Verfügung gestellt.

### Kraftstoffverbrauch nach Energieträgern

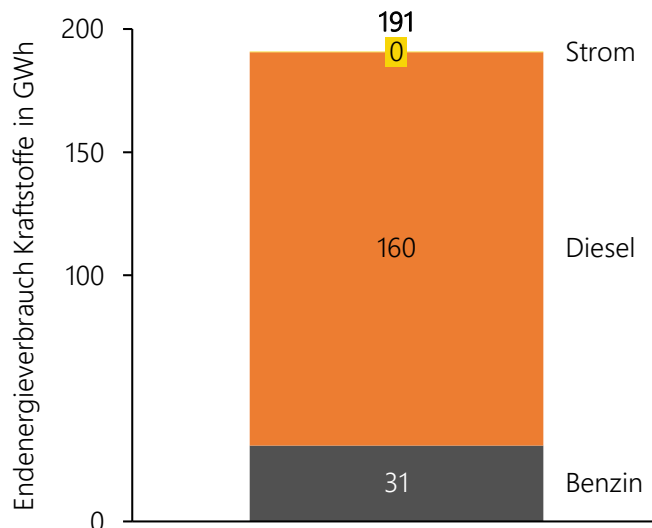


Abbildung 3-6: Kraftstoffverbrauch (Endenergie) im Jahr 2021 für das Stadtgebiet Wertingen, eigene Darstellung

In Abbildung 3-6 ist der Kraftstoffverbrauch nach Energieträgern für das Stadtgebiet Wertingen dargestellt. Es zeigt sich, dass nahezu der gesamte Endenergieverbrauch im Sektor Mobilität auf den Benzin- und Dieserverbrauch zurückzuführen ist, wobei Diesel mit über 80 % eine zentrale Rolle zukommt. Der Stromverbrauch für Elektromobilität beträgt im Jahr 2021 0,1 % am gesamten Endenergieverbrauch des Mobilitätssektors.

### Indikatorenvergleich

Im Jahr 2021 (Stichtag 01.01.2022) waren in Wertingen 6.569 Personenkraftfahrzeuge zugelassen /XXX/. Diese Anzahl ist seit 2010 im Mittel um 1,6 % pro Jahr angestiegen /X/, /X/, /XXXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/, /XXX/. Mit einer Pkw-Dichte von 698 Pkw pro tausend Einwohner liegt das Stadtgebiet über dem Landkreisdurchschnitt von rund 682 Pkw pro tausend Einwohner /XX/, /XXX/.

## 3.2 Treibhausgasbilanz

Auf Basis der erstellten Endenergiebilanz für die Verbrauchssektoren und Anwendungsarten kann die Treibhausgasbilanz aufgestellt werden. Die Emissionen umfassen sowohl CO<sub>2</sub> als auch weitere klimaschädliche Treibhausgase im Allgemeinen, wie z. B. Methan oder Fluorkohlenwasserstoffe – FCKW), und werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet. Im Folgenden werden einheitlich jeweils die CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äq.) ausgewiesen. Zusätzlich findet die gesamte energiebezogene Vorkette für z. B. den Abbau und Transport der



Energieträger Berücksichtigung. Ferner wird nach Vorgabe zur Bewertung der Emissionen des Stromverbrauchs der Emissionsfaktor des deutschen Bundesstrommix herangezogen. Einen Überblick zu den für die Emissionsbilanzierung verwendeten Emissionsfaktoren liefert die nachfolgende Tabelle 3-4. Eine ausführlichere Aufstellung der Emissionsfaktoren im zeitlichen Verlauf bis 2040 ist dem Anhang A.1 zu entnehmen.

Tabelle 3-4: Übersicht der Emissionsfaktoren

Energieträger	2021
	in g CO <sub>2</sub> -Äq./kWh
Erdgas, Flüssiggas <sup>1</sup>	234,2
Heizöl <sup>1</sup>	313,9
Hackschnitzel <sup>1</sup>	17,3
Pellet <sup>1</sup>	17,4
Scheitholz <sup>1</sup>	12,6
Nahwärme <sup>2</sup>	Vgl. 3.2.1
Solarthermie <sup>1</sup>	19,1
Strom (Bundesmix) <sup>3</sup>	485,0
Benzin <sup>1</sup>	298,2
Diesel <sup>1</sup>	292,4

Quellen: (1) GEMIS-Datenbank 5.0 /IIF-01 21P/, (2) Berechnung Lokalmix nach Carnot-Methode (exergetische Allokation), siehe Anhang 3.2.2, (3) /XXX/

Die Einheit „g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh“ bedeutet, dass pro Kilowattstunde erzeugter Energie mittels des jeweiligen Energieträgers (z. B. Erdgas) x Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent ausgestoßen werden. Bis auf den Bundesstrommix und den Lokalmix für Nahwärme entstammen alle spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq.-Werte der frei zugänglichen Datenbank GEMIS (Global Emission Model for Integrated Systems) des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien und sind daher für jede:n interessierte:n Bürger:in nachvollziehbar /XXX/.

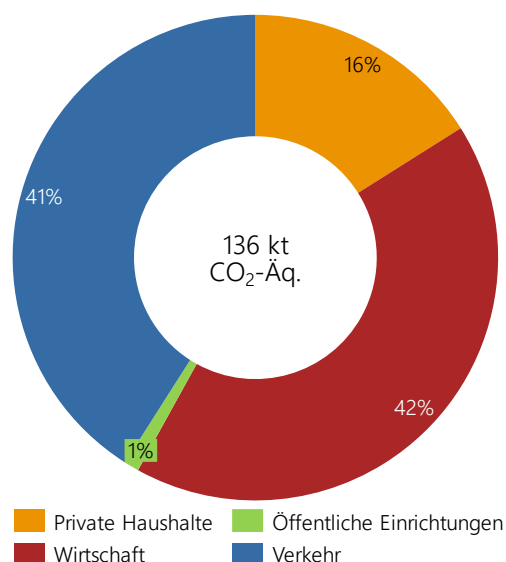


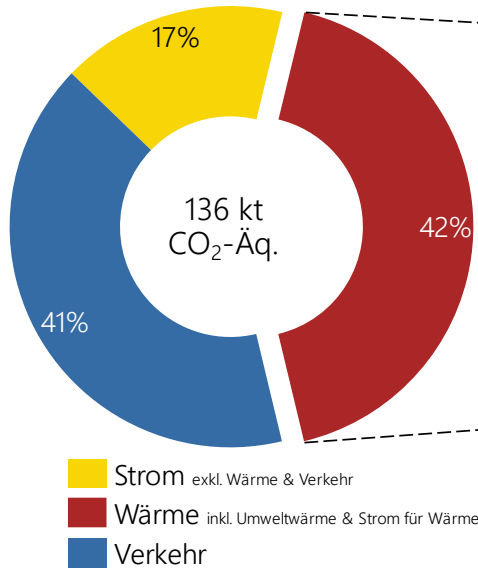
Abbildung 3-7: Treibhausgasemissionen nach Verbrauchssektoren für Wertingen, eigene Darstellung und Berechnung nach /IIF-01 21P/

Durch Multiplikation des Endenergieverbrauchs mit den genannten CO<sub>2</sub>-Äq.-Faktoren ergeben sich rund 136 Kilotonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, die im Jahr 2021 im Stadtgebiet Wertingen ausgestoßen wurden. Abbildung 3-7 zeigt hierfür die Ergebnisse der Treibhausgasbilanz nach Verbrauchssektoren für Wertingen. Es wird deutlich, dass die Emissionen aus dem Verkehrssektor und dem Industrie- und GHD-Sektor (Wirtschaft) mit jeweils gut 40 % einen Großteil der Emissionen ausmachen. Auf die privaten Haushalte entfallen ca. 16 % der Emissionen, wohingegen die öffentlichen Einrichtungen rund 1 % der Emissionen verursachen. Abbildung 3-8 veranschaulicht die Treibhausgasemissionen für die Anwendungsarten Strom, Wärme und Mobilität. Im Vergleich zu den Verbrauchssektoren wird deutlich, dass ein ähnlicher Anteil der Gesamtemissionen auf den Wärmeverbrauch (42 %) und Verkehrssektor (41 %) entfällt, während der Stromsektor für ca. 17 % der Emissionen verantwortlich ist.

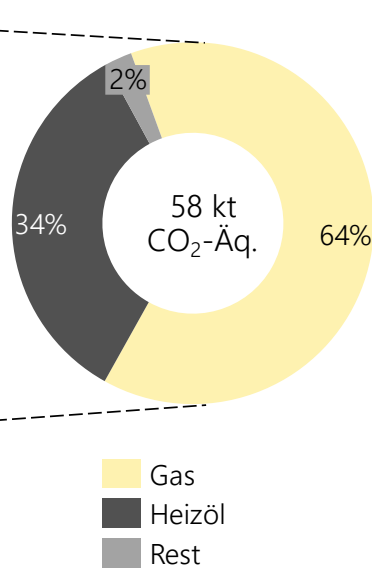
Abbildung 3-8 zeigt außerdem den Wärmeanteil der Treibhausgasemissionen von rund 58 Kilotonnen nach Energieträgern. Erdgas und Heizöl als fossile Energieträger sind zusammen für rund 98 % der Emissionen verantwortlich. Auf die restlichen Energieträger zur Wärmebereitstellung entfallen lediglich rund 2 % der Emissionen des Wärmeverbrauchs im Jahr 2021.

Im Stadtgebiet Wertingen wurden im Jahr 2021 rund 136 Kilotonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalente emittiert. Dies teilt sich wie folgt auf:		
Private Haushalte:	21,9 kt CO <sub>2</sub> -Äq.	16 %
Wirtschaft:	57,3 kt CO <sub>2</sub> -Äq.	42 %
Öffentliche Einrichtungen:	1,4 kt CO <sub>2</sub> -Äq.	1 %
Verkehr:	55,9 kt CO <sub>2</sub> -Äq.	41 %

**CO<sub>2</sub>-Emissionen Gesamt**  
in kt CO<sub>2</sub>-Äq. | Wertingen | 2021



**CO<sub>2</sub>-Emissionen Wärmeverbrauch**  
in kt CO<sub>2</sub>-Äq. | Wertingen | 2021



■ Strom exkl. Wärme & Verkehr  
■ Wärme inkl. Umweltwärme & Strom für Wärme  
■ Verkehr  
■ Gas  
■ Heizöl  
■ Rest

Abbildung 3-8: Treibhausgasemissionen nach Anwendungsarten und des Wärmeverbrauchs für Wertingen, eigene Darstellung und Berechnung nach /IIF-01 21P/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nahwärme)

### Indikatorenvergleich

Im Benchmarking zeigt sich, dass die spezifischen energiebedingten Emissionen Wertingens mit 14,5 t CO<sub>2</sub>-Äq. pro Einwohner deutlich höher sind als die der Vergleichsregionen. In Bayern liegen diese wiederum bei 5,5 t CO<sub>2</sub>-Äq. pro Einwohner /XXX/ oder in Deutschland bei ca. 9,2 t CO<sub>2</sub>-Äq. pro Einwohner /XXX/.

#### 3.2.1 Lokaler Emissionsmix der Nahwärme

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet. Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde der lokale Emissionsmix auf Basis vorläufiger Ergebnisse abgeschätzt. Im Endbericht können Ergebnisse des Berichts auf Basis des finalen Emissionsmixes noch abgeändert werden.*

#### 3.2.2 Bundesstrommix im Vergleich zum Territorialstrommix

Entsprechend der BSKO-Methodik wird in der kommunalen Basisbilanz und den Szenarien (siehe Kapitel 5) der Bundesstrommix herangezogen. Der Territorialstrommix, der sich anhand des Ausbaus erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen in der Region ergibt, findet grundsätzlich keine Berücksichtigung. Nichtsdestotrotz trägt ein lokaler Ausbau der Erneuerbaren Energien zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Bundesstrommix bei, wodurch sich der Faktor des Bundesmix ebenfalls senken wird, sodass Kommunen in ihren Bilanzen langfristig davon profitieren werden. Um dennoch lokale Bemühungen im Strombereich „sichtbarer“ zu machen, wird nachfolgend im Vergleich zum Bundesstrommix der lokale Strommix ausgewiesen. Entsprechend den Empfehlungen zur Methodik der

kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland /IFEU-02 19/ wurde folgende Vorgehensweise angewandt:

- Sofern der Gesamtstromverbrauch im Territorium größer als der territorial erzeugte Strom ist, werden zunächst die Treibhausgasemissionen des lokalen Kraftwerkparks bilanziert. Die verbleibende Differenz aus der gesamt „verbrauchten“ Strommenge und der (erneuerbar) „erzeugten“ Strommenge wird mit dem Bundesstrommix berechnet.
- Sollten die Anlagen mehr als 100 % des lokalen Stromverbrauchs erzeugen, was in Wertingen bereits 2021 der Fall ist, wird der regionale Stromverbrauch mit dem Emissionsmix der lokalen Anlagen berechnet. Stromproduktionen darüber hinaus bleiben bei der Treibhausgasbilanzierung unberücksichtigt und werden nicht „gutgeschrieben“.

Abbildung 3-9 veranschaulicht den Beitrag der lokalen Stromversorgung in Bezug auf die durch den Bundesstrommix bewerteten Treibhausgasemissionen. Dabei wird deutlich, dass die Emissionen, die sich aus dem Territorialmix und dem lokalen Anlagenbestand Erneuerbarer Energien ergeben, in Summe um rund 13 % geringer ausfallen als bei Verwendung des Bundesstrommixes.

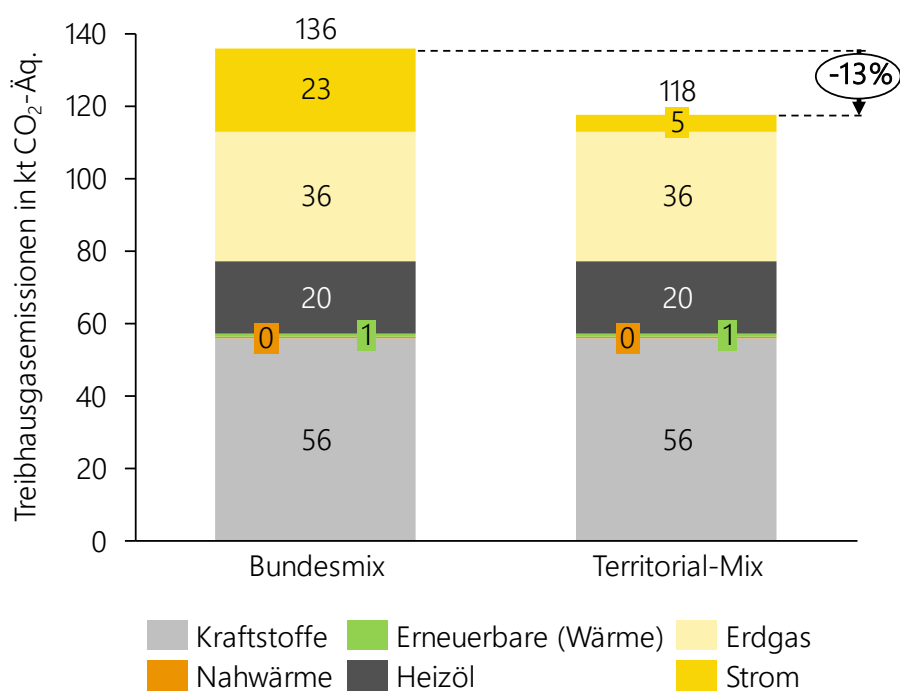


Abbildung 3-9: Treibhausgasemissionen in Wertingen 2021 und der Beitrag der lokalen Stromversorgung, eigene Darstellung und Berechnung nach /IFEU-02 19/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nahwärme)

# 4 Energieerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Von besonderer Bedeutung für das Klimaschutzkonzept in Wertingen ist der Anteil der Strom- und Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien (EE).

## 4.1 Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Um die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Stadtgebiet Wertingen zu ermitteln, wurden sämtliche Daten der EEG-vergüteten Anlagen für das Jahr 2021 bei dem Stromnetzbetreiber abgefragt und aufbereitet.

Die wichtigste Datenquelle für erneuerbare Stromerzeugung sind die Statistiken der Übertragungsnetzbetreiber zu sämtlichen nach Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergüteten Anlagen. Jede Anlage, die ans Netz geht und eine EEG-Vergütung erhält, muss gemeldet werden und bestimmte Basisdaten zur Verfügung stellen. Tabelle 4-1 listet die EEG-Anlagen im Stadtgebiet Wertingen getrennt nach Energieträgern auf.

Tabelle 4-1: Anzahl und installierte Leistung der Anlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung in Wertingen 2021 (EEG-vergütete Anlagen) /XXX/

Energieträger	Anzahl	Installierte Leistung in kW (2021)
Solar	713	13.178
Biomasse	11	7.836
Wasserkraft	3	100
Summe	727	21.114

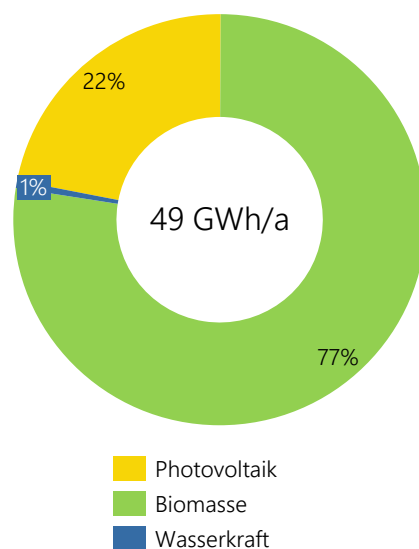


Abbildung 4-1: Erneuerbare Stromerzeugung nach Energieträgern im Jahr 2021 in Wertingen, nach /XXX/

In Abbildung 4-1 zeigt sich, dass von den 49 GWh erneuerbar erzeugtem Strom im Jahr 2021 rund drei Viertel auf Biomassenutzung in Biogasanlagen und gut 20 % auf die solare Stromerzeugung entfallen. Wasserkraftanlagen leisten einen geringen Teil von 1 % an der erneuerbaren Stromerzeugung, Windkraftanlagen zur Stromerzeugung sind bislang nicht vorhanden.

Anteilig zum Gesamtstromverbrauch der Region wird in Abbildung 4-2 deutlich, dass bislang bereits der gesamte Stromverbrauch erneuerbar in der Region erzeugt wird und sogar ein geringer Überschuss produziert wird.

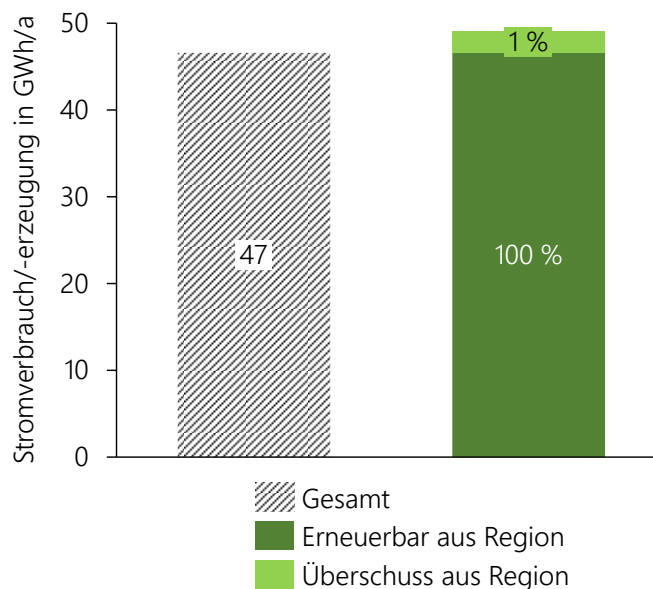


Abbildung 4-2: Deckungsbeitrag der erneuerbaren Stromerzeugung am Stromverbrauch in Wertingen im Jahr 2021, eigene Darstellung und Berechnung nach /IFEU-02 19/

Insgesamt sind in Wertingen im Jahr 2021 über 700 Anlagen zur erneuerbaren Stromerzeugung mit über 20 MW installierter Leistung vorhanden (Stand: Oktober 2022).

#### 4.1.1 Biomasse

Deutschlandweit setzte sich die Stromerzeugung aus Biomasse im Jahr 2021 folgendermaßen zusammen, vgl. Abbildung 4-3:

Stromerzeugung aus Biogasanlagen hatte den größten Anteil von knapp über der Hälfte. Biogene Festbrennstoffe trugen knapp ein Fünftel und biogener Abfall weitere 11 % bei. Klärgas, biogene flüssige Brennstoffe und Deponiegas spielten eine untergeordnete Rolle.

Auch in Wertingen hat die Stromerzeugung aus Biogas eine sehr große Bedeutung. Grundsätzlich wandelt ein Biogasreaktor Teile der Pflanze in Methan um. Daraus wird in einem Blockheizkraftwerk Wärme und Strom erzeugt. Für die Energieerzeugung kommen im Prinzip alle organischen Stoffe in Frage, wobei einige besser dafür geeignet sind als andere. Meist wird als Grundlage Gülle verwendet, die um pflanzliche Substrate wie Mais, Gras oder Getreide ergänzt wird. Bezogen auf die eingebrachte Menge liefert Mais den größten Biogasertrag. Bei



der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Energiepflanzen muss jedoch besonders auf die Nachhaltigkeit geachtet werden.

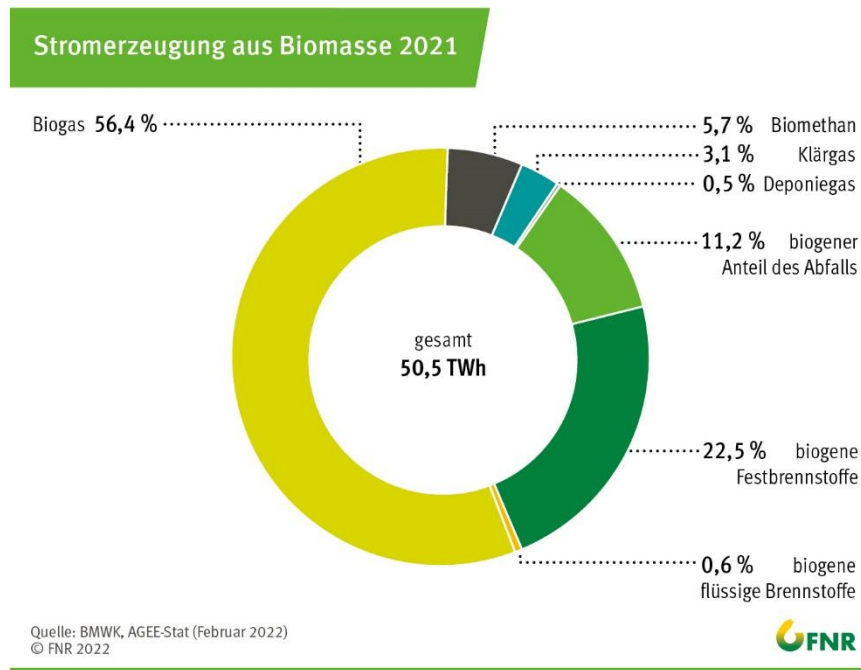


Abbildung 4-3: Stromerzeugung aus Biomasse 2021 in Deutschland /FNR-01 21P/

Strom aus Biomasse hat im Stadtgebiet mit 77 % den mit Abstand größten Anteil an der erneuerbaren Stromerzeugung.

Insgesamt sind in Wertingen im Jahr 2021 Biomasse-Anlagen (KWK) mit einer Leistung von rund 7,8 MW installiert, die knapp 38 GWh bzw. 77 % des erneuerbaren Stroms im Stadtgebiet lieferten.

#### 4.1.2 Solarenergie (Photovoltaik)

Die Photovoltaik (PV) hat in Süddeutschland eine große Bedeutung, da hier die solaren Einstrahlungswerte deutlich höher sind als beispielsweise in Norddeutschland, vgl. Abbildung 4-4. Auch das Stadtgebiet Wertingen weist in diesem Bereich einen deutlichen Vorteil auf.

Im Stadtgebiet Wertingen befanden sich bis Ende 2021 insgesamt 713 Anlagen mit einer installierten Leistung von rund 13 GW. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Aufdachanlagen. Im Jahr 2021 wurden rund 11 GWh Strom aus Photovoltaik in das Stromnetz eingespeist.

# Globalstrahlung in Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

## Jahressumme 2020

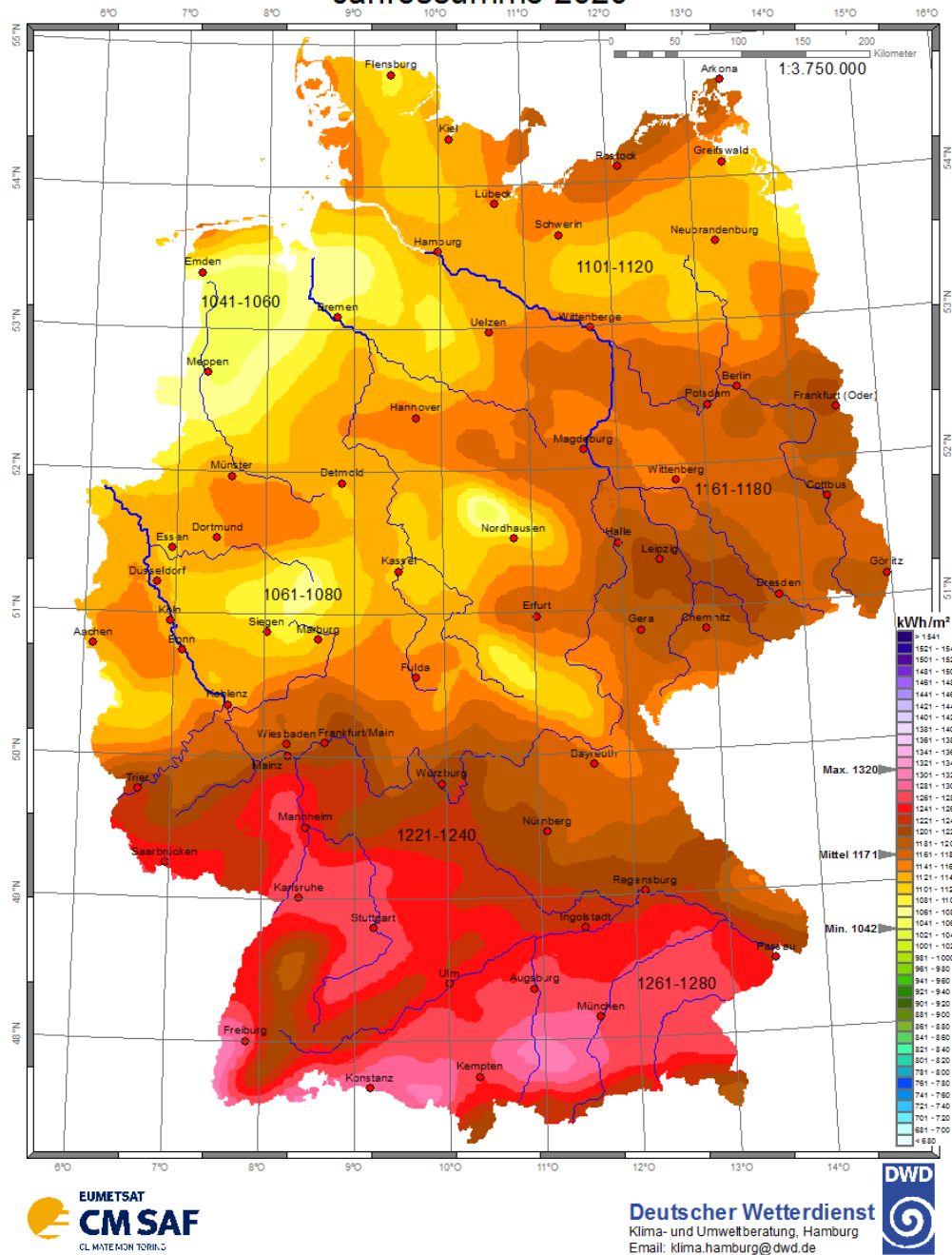


Abbildung 4-4: Solare Einstrahlung in Deutschland im Jahr 2020 /DWD-03 20P/

## 4.2 Regenerative Wärmeerzeugung

Gemessen am Endenergieverbrauch Deutschlands fällt der Wärmebereich am stärksten ins Gewicht. Die regenerative Wärmeerzeugung aus Biomasse hat in Deutschland einen hohen Stellenwert erlangt. Sie gliedert sich in die netzgebundenen zentralen Nahwärmesysteme, wie

Hackschnitzelheizwerk und Biogas-KWK sowie die dezentralen Wärmeerzeuger wie Wärmepumpe, Solarthermie, Pellet- und Scheitholzheizungen. Die zentralen Systeme finden dabei in Gebieten mit einer hohen Wärmeabnahme Verwendung. In Einfamilienhaussiedlungen und Siedlungsgebieten mit geringer Wärmedichte kommen dezentrale Techniken zum Einsatz.

Für die Auswertung zur regenerativen Wärmeerzeugung in Wertingen wurden u. a. folgende Daten in Zusammenarbeit mit der Stadt Wertingen herangezogen (siehe auch Kapitel 2.2):

- Holznutzung: Anonymisierte Kaminkehrer-Statistik
- Biogasanlagen: Anlagen-/Nahwärmenetzbetreiber in Wertingen
- Solarthermie, Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle (BAFA) /  
Wärmepumpen, Anonymisierte Kaminkehrer-Statistik  
Pellet/Scheitholz,  
Hackschnitzel:

Anteilig zum Gesamtwärmeverbrauch der Region zeigt sich, dass bislang ca. 12 % des Wärmeverbrauchs erneuerbar in der Region erzeugt werden, während knapp 88 % noch aus fossilen Quellen entstammen, vgl. Abbildung 4-5.

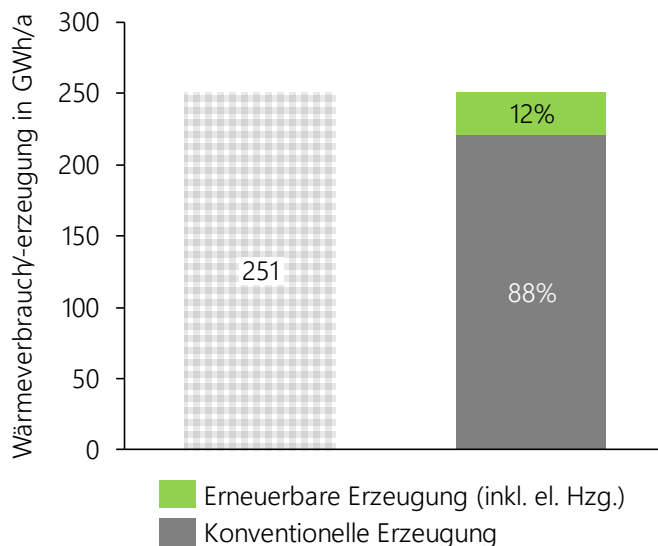


Abbildung 4-5: Anteil der erneuerbaren Wärmeerzeugung am Wärmeverbrauch im Jahr 2021 in Wertingen, nach /XXX/, /XXX/, /XXX/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nachwärme)

Abbildung 4-6 visualisiert die Energieträgerzusammensetzung zur erneuerbaren Wärmeerzeugung in Wertingen im Jahr 2021. Es wird ersichtlich, dass etwa 56 % der energetischen Holznutzung (Hackschnitzel, Pellet und Scheitholz) entstammen. Ca. 24 % entfallen auf Wärme, die beispielsweise durch Biogas-BHKWs in Nahwärmenetzen bereitgestellt wird, und ca. 4 % auf Wärmepumpen, welche maßgeblich Umweltwärme (Luft, Wasser, Erdreich) nutzen.

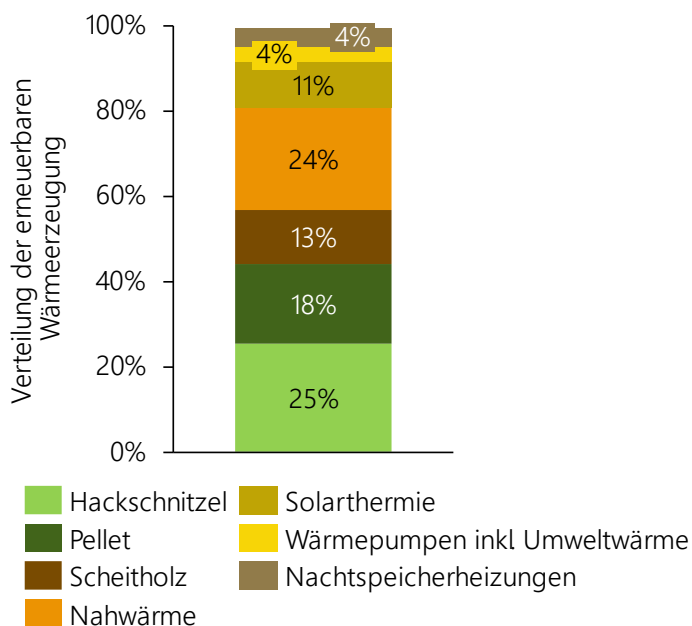


Abbildung 4-6: Anteil der Energieträger zur erneuerbaren Wärmeerzeugung im Jahr 2021 in Wertingen, nach /XXX/, /XXX/ (vorläufige Ergebnisse basierend auf Schätzung des Lokalen Emissionsmixes der Nahwärme)

#### Daten des BAFA

Eine wichtige Quelle für Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung ist das bereits genannte Bundesamt für Ausfuhrkontrolle (BAFA). Seitens des BAFA werden verschiedene Anlagen zur regenerativen Wärmeerzeugung gefördert. Dazu gehören in erster Linie Solarkollektoranlagen, Biomasse-Anlagen mit Scheitholz, Pellets oder Hackschnitzeln sowie Wärmepumpen. Die Auswertung dieser Daten gibt zwar kein vollständiges Bild ab, da zusätzlich Anlagen errichtet werden, die nicht gefördert sind. Dennoch kann ein erster Eindruck zu Anzahl, installierter Leistung und Fördersummen gegeben werden.

Nachfolgende Abbildung 4-7 zeigt die Anzahl der geförderten BAFA-Anlagen im Zeitraum von 2015 bis 2021 für das Stadtgebiet Wertingen. Biomasse- und Wärmepumpen-Anlagen haben dabei die größten Anteile.

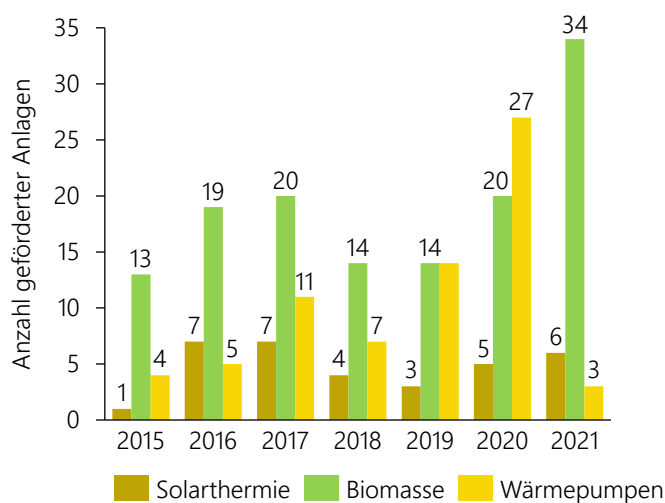


Abbildung 4-7: Anzahl BAFA-geförderter Anlagen für Wertingen im Zeitraum 2015-2021 /XXX/

In Abbildung 4-8 sind zusätzlich die installierten Leistungen für Biomasse- und Wärmepumpenanlagen bzw. die installierte Fläche pro Jahr für Solarthermiekollektoren aufsummiert dargestellt.

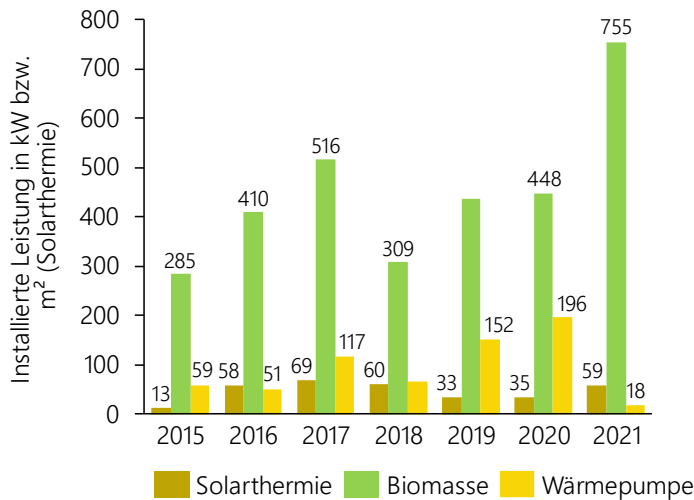


Abbildung 4-8: Installierte Leistung bzw. Fläche BAFA-geförderter Anlagen für Wertingen im Zeitraum 2015-2021 /XXX/

#### 4.2.1 Biomasse (Kraft-Wärme-Kopplung)

Als Biomasse wird all das definiert, was durch Lebewesen – wie z. B. Menschen, Tiere und Pflanzen – an organischer Substanz entsteht. Biomasse ist der einzige erneuerbare Energieträger, der alle benötigten End- bzw. Nutzenergieformen wie Wärme, Strom und Kraftstoffe speicherbar und grundlastfähig erzeugen kann.

Im Bereich der Wärmeerzeugung wird Biomasse in Wertingen in verschiedenen Formen eingesetzt:

##### Festbrennstoffe

Zu den Heizsystemen auf Basis von Festbrennstoffen zählen beispielsweise Hackschnitzel-, Pellet- und Scheitholz-Systeme sowie Kaminöfen. Auf Basis vorhandener anonymisierter Kaminkehrer-Daten kann eine Abschätzung zur Wärmegewinnung aus den Feuerungsanlagen im Stadtgebiet Wertingen erfolgen. Für Kaminöfen gilt, dass diese in der Regel nur zusätzlich zum vorhandenen Heizsystem an besonders kalten Tagen eingesetzt werden.

Biogene Festbrennstoffe tragen bislang zu rund 56 % der erneuerbaren Wärmeerzeugung bei. Hiervon hat die Hackschnitzelnutzung einen Anteil von ca. 25 %, Pellets von ca. 18 % und Scheitholz von ca. 13 %.

## Nahwärmenetze und Biogas-KWK-Anlagen

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

### 4.2.2 Solarenergie (Solarthermie)

---

Die Solarthermie kann als dezentrales System ebenfalls einen wichtigen Beitrag bei der Erzeugung regenerativer Wärme leisten. Mit einer solarthermischen Kombi-Anlage zur Heizungsunterstützung kann ein Deckungsanteil von etwa 20 % des Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs erreicht werden /CORR-01 13/. Dies entspricht in etwa einer Wärmemenge von 6.000 kWh pro Jahr im Falle eines Einfamilienhauses.

Im Fall der Solarkollektor-Anlagen werden seitens der BAFA nur Anzahl und Kollektorfläche in m<sup>2</sup> erhoben. Die installierte Leistung wurde basierend auf der Kollektorfläche rechnerisch ermittelt. Laut BAFA wurden bis zum 31.12.2021 insgesamt 33 geförderte Solarthermie-Anlagen in Wertingen installiert. Solarthermie-Anlagen können jährlich je nach Typ, Material und Ausrichtung der Anlage zwischen 250 und 600 kWh pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche erbringen. Weiterhin hängt der Ertrag vom regionalen Standort der Anlage ab. Für Wertingen wurde in Anlehnung an /CORR-01 13/ ein durchschnittlicher nutzbarer Ertrag von 355 kWh/m<sup>2</sup>a angesetzt. Hinzu kommen weitere, nicht geförderte Anlagen. Da diese nicht bottom-up erhoben werden können, wird zur Ermittlung der insgesamt erzeugten Wärmemengen aus Solarthermie der Anteil der solaren Wärmeerzeugung aus Solarthermie im Durchschnitt Bayerns auf die Stadt Wertingen angewendet. In Bayern wurden im Jahr 2021 rund 2,84 TWh Wärme aus Solarthermieanlagen erzeugt. Damit liefern diese einen Anteil von rund 1,4 % des gesamten Wärmeverbrauchs Bayerns. Dieser Anteil wurde auf Wertingen übertragen.

Von den geförderten Solarthermie-Anlagen können im Jahr 2021 rund 120 MWh, insgesamt rund 3.520 MWh als Teil des Wärmebedarfs im Stadtgebiet Wertingen bereitgestellt werden.

### 4.2.3 Geothermie (Wärmepumpen)

---

Der Geothermie wird in der Debatte um erneuerbare Wärme- und Stromerzeugung eine wachsende Rolle zugeordnet. Vor allem die Gemeinden und Landkreise im süddeutschen Raum versuchen, das dort vorhandene Potenzial nutzbar zu machen.

Grundsätzlich wird zwischen oberflächennaher und tiefengeothermischer Nutzung unterschieden. Die Abgrenzung zwischen diesen beiden Formen liegt bei ca. 400 m Tiefe /STMUG-01 05/. Zur oberflächennahen Geothermie zählt in erster Linie die Nutzung von Erdwärmesonden. Mittlerweile erreichen die technisch neuesten Sonden bereits den Bereich der Tiefengeothermie, der Übergang kann daher zunehmend als fließend betrachtet werden /TUB-01 05/.

In Wertingen spielt Tiefengeothermie im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie in Form von Wärmepumpen zur Wärmeerzeugung bisher keine Rolle. Für letztere gibt es verschiedene Möglichkeiten an Wärmequellen. Erdwärmesonden nutzen die natürlich vorhandene thermische Energie aus dem Untergrund (Erdwärmepumpen). In der Regel werden sie in Deutschland bisher in Tiefen von 30 bis 100 m abgesenkt, da größere Tiefen aufgrund technischer und wirtschaftlicher Aspekte seltener erschlossen werden

/STMWI-02 13/. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Erdwärmepumpen können außerdem Luft- und Wasserwärmepumpen zum Einsatz kommen. Vielerorts wird dieses Potenzial bereits genutzt – meist wird dabei die vorhandene Energie zum Heizen und Kühlen von Gebäuden verwendet.

Laut dem BAFA sind in Wertingen von 2015 bis 2021 insgesamt 71 Wärmepumpen mit einer installierten Leistung von 660 kW in Betrieb gegangen. Bei einem durchschnittlichen Jahreswärmeverbrauch im Einfamilienhaus von 30.000 kWh pro Jahr, kann von einem Wärmeertrag aus diesen Wärmepumpen von rund 2130 MWh pro Jahr ausgegangen werden. /BAFA-04 22P/





# 5 Potenziale und Szenarien zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

## 6 Empfehlungen zu energie- und klimapolitischen Zielen

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

# 7 Klimaschutzmaßnahmen

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

# 8 Umsetzungs- und Kommunikationsstrategie

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

# 9 Verstetigungsstrategie

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

# 10 Controlling- und Evaluationskonzept

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

# Literatur

- BAFA-04 22P Bestandsdaten der BAFA im Rahmen des Marktanzreizprogramms (MAP) für das Stadtgebiet Wertingen - Biomasse, Solarthermie & Wärmepumpen. Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), 2022.
- BVL-01 22P Günstige Gebiete zur Nutzung von Tiefengeothermie in Bayern. München: Bayerische Vermessungsverwaltung, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2022.
- CORR-01 13 Corradini, Roger: Regional differenzierte Solarthermie-Potenziale für Gebäude mit einer Wohneinheit. Dissertation an der Fakultät für Maschinenbau der Ruhr-Universität Bochum. Herausgegeben durch die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), München 2013 – ISBN 978-3-941802-26-1; ISBN-A 10.978.3941802/261.
- DIU-02 18P Link, Greta: Klimaschutz in Kommunen - Praxisleitfaden - 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, 2018. ISBN: 978-3-88118-585-1.
- DIW-02 08 Kalinowska, Dominika; Kunert, Uwe: Kraftfahrzeugverkehr 2007 - Alternative Antriebe bei Pkw auf dem Vormarsch in: DIW Wochenbericht Nr. 50. Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), 2008
- DWD-03 20P Globalstrahlung in Deutschland - Jahressumme 2020. Offenbach: Deutscher Wetterdienst (DWD), 2020.
- FFE-51 14 The FfE Regionalized Energy System Model (FREM). Munich: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), 2014
- FNR-01 21P Stromerzeugung aus Biomasse 2021. Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2021.
- IFEU-02 19 Hertle, Hans et al.: BISCO Bilanzierungs-Systematik Kommunal - Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland - Kurzfassung (Aktualisierung 11/2019). Heidelberg: Ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, 2019.
- IIF-01 21P Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS) - Version 5.0: <https://iinas.org/downloads/gemis-downloads/>; Darmstadt: Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS GmbH), 2021.
- KBA-11 21P Verkehr in Kilometern (VK) - Zeitreihe 2014 - 2020. In [https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Kraftverkehr/VK/vk\\_2020.xlsx](https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Kraftverkehr/VK/vk_2020.xlsx). (Abruf am 2021-12-21); Flensburg: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), 2021.
- KOM-01 19P Richtlinien zum Umwelt-Förderschwerpunkt „Klimaschutz in Kommunen“ im Klimaschutzprogramm Bayern 2050 (Förderrichtlinien Kommunaler Klimaschutz – KommKlimaFöR) (KommKlimaFöR). Ausgefertigt am 2019-12-05; München: Bayerisches Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz, 2019.
- LFU-01 14 Energie-Dreisprung in: [http://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/co2\\_minderung/pic/276411\\_gr.jpg](http://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/co2_minderung/pic/276411_gr.jpg). Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2014
- STMWI-02 13 Energie-Atlas Bayern - Web Map Service in: <http://geoportal.bayern.de/energieatlas-karten/?0>. München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie, 2013
- TUB-01 05 Köhler, Silke: Geothermisch angetriebene Dampfkraftprozesse - Analyse und Prozessvergleich binärer Kraftwerke - Zur Erlangung des akademischen Grades Doktorin der Ingenieurwissenschaften. Berlin: Technische Universität Berlin, 2005

# A. Anhang

## A.1 Emissionsfaktoren zur THG-Bilanzierung

---

g CO <sub>2</sub> -Äq./kWh	2020	2022	2025	2030	2035	2040
Erdgas	234,2	234,7	235,6	237,0	224,4	211,8
Flüssiggas	234,2	234,7	235,6	237,0	224,4	211,8
Heizöl	313,9	313,2	312,0	310,1	307,1	304,1
Hackschnitzel	17,3	16,6	15,4	13,5	12,6	11,7
Pellet	17,4	16,5	15,3	13,1	11,0	8,8
Scheitholz	12,6	11,7	10,4	8,2	8,2	8,2
Nahwärme	29,9	28,9	27,5	25,1	22,7	20,3
Solarthermie	19,1	18,5	17,7	16,2	14,3	12,3
Umweltwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Strom	438,0	403,2	351,0	264,0	147,6	31,2
Wärmepumpe	438,0	403,2	351,0	264,0	147,6	31,2
Elektrodenheizkessel	438,0	403,2	351,0	264,0	147,6	31,2
Photovoltaik	25,7	24,8	23,5	21,2	20,7	20,2
Windkraft	8,7	8,6	8,4	8,1	7,3	6,4
Benzin	298,2	289,9	277,4	256,5	231,6	206,7
Diesel	292,4	285,1	274,2	256,0	233,3	210,6
Biogas	99,4	93,3	84,2	69,0	69,0	69,0
Biomethan	112,7	105,9	95,9	79,0	79,0	79,0
Wasserstoff	755,0	684,6	579,0	403,0	223,3	46,0
E-Fuels						40,0

Quelle: GEMIS 5.0, Umweltbundesamt, eigene Berechnungen



## A.2 Indikatoren anhand der Szenarienanalyse

---

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

## A.3 Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträger für private Haushalte, Industrie, GHD und öffentliche Einrichtungen

---

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

## A.4 Empfehlungen für Ziele der EEV-Entwicklung nach Sektoren

---

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

## A.5 Empfehlungen für Ziele der THG-Entwicklung nach Sektoren

---

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*

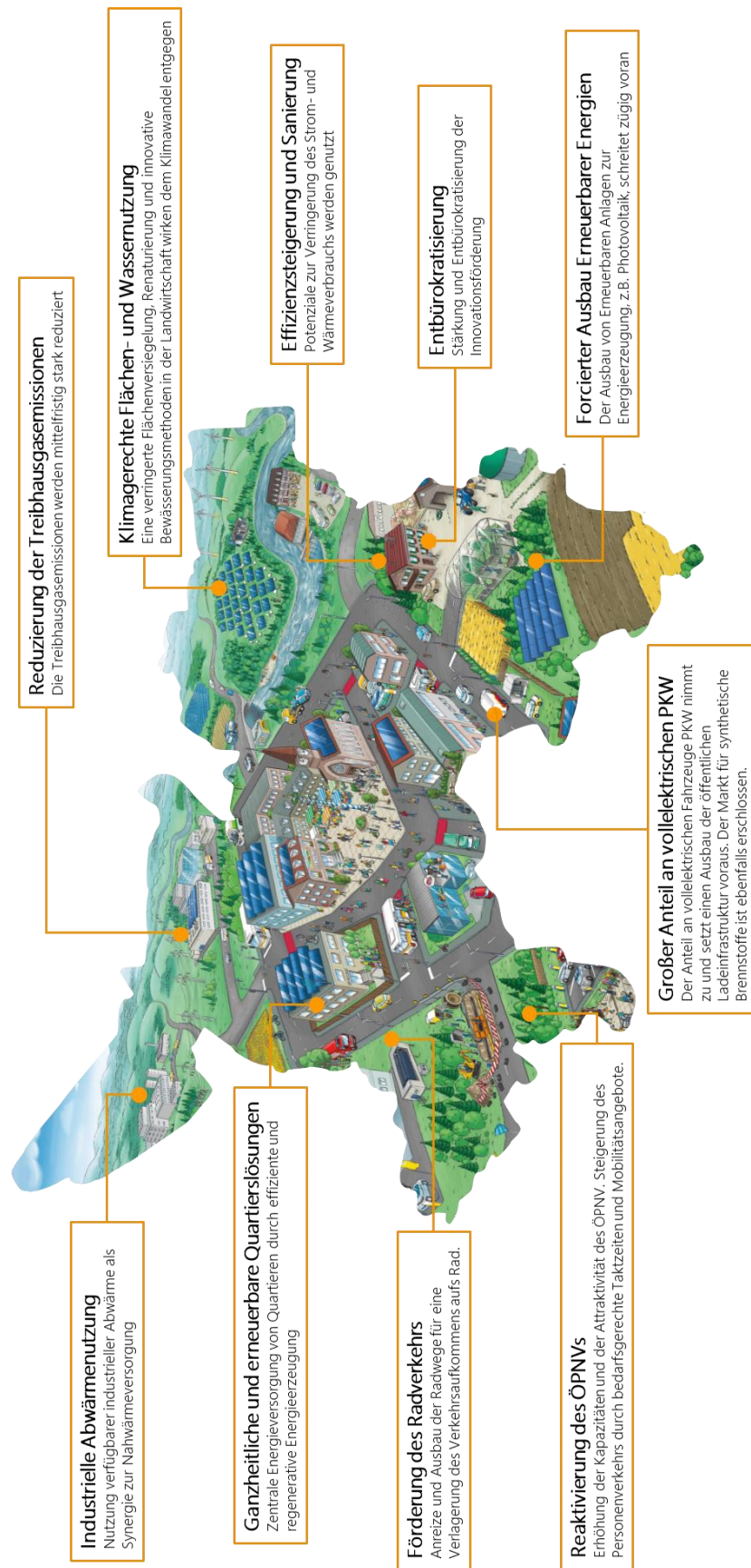


Abbildung A-1: Leitbild für Energiewende und Klimaschutz in Wertingen

## A.7 Maßnahmensteckbriefe

---

*Inhalt zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Bearbeitung. Ergebnisse werden für den Endbericht aufbereitet.*