



CO₂-Bilanz Stadt Warendorf

Gesamtbilanz für die Jahre 2019 – 2021

Teilbilanz für die städtischen Liegenschaften
und Betriebe 2020-2022

Warendorf im August 2023

CO₂-Bilanz Stadt Warendorf

Inhaltsverzeichnis

WARENDORF IM AUGUST 2023	0
EINFÜHRUNG CO₂-BILANZEN	2
Unterschiedliche Zielsetzungen bei CO ₂ -Bilanz und Energiebilanz	2
Anwendungsbereiche von CO ₂ -Bilanzierungen	3
Hinweise zum Verständnis der CO ₂ -Bilanzierungen.....	4
Datengrundlagen	5
Interpretation von CO ₂ -Bilanzen.....	6
CO₂-GESAMTBILANZ STADTGEBIET WARENDORF (2013 – 2018).....	7
Entwicklung Endenergieverbrauch	7
Bedeutung einzelner Energieträger	10
Erneuerbare Energien	14
Entwicklung der THG-Emissionen	14
ZUSAMMENFASSUNG GESAMTBILANZ STADT WARENDORF	18
CO₂-TEILBILANZ STÄDTISCHE LIEGENSCHAFTEN UND BETRIEBE (2020-2022)	20
1 Einführung	20
1.1 Bestandteile der Bilanzierung	20
1.2 Verteilung der Energieverbräuche über die Bereiche	20
1.3 Datenqualität	20
2 Liegenschaften - Bestand	21
2.1 Städtische Verwaltung	21
2.2 Abwasserbetriebe	21
2.3 Stadtwerke.....	22
3 Energiebilanz- und CO₂-Bilanz nach den Bereichen dienstliche Mobilität, Gebäudebeheizung und Stromwendungen	22
3.1 Dienstliche Mobilität	22
3.1.1 Dienstliche Mobilität Verwaltung - Treibstoffverbräuche der Dienst-/ Einsatzfahrzeuge	22
3.1.2 Dienstliche Mobilität - Dienstreisen Verwaltung.....	23
3.1.3 Dienstliche Mobilität Verwaltung - Summe CO ₂ -Emissionen	23
3.1.4 Dienstliche Mobilität Abwasserbetrieb	23
3.1.5 Dienstliche Mobilität Stadtwerke	24
3.1.6 Bilanz Dienstliche Mobilität	24
3.2 Gebäudebeheizung.....	25
3.2.1 Gebäudebeheizung Verwaltung.....	25
3.2.2 Gebäudebeheizung Abwasserbetrieb.....	26

3.2.3	Gebäudebeheizung Stadtwerke	26
3.2.4	Summe Gebäudebeheizung	26
3.3.1	Stromanwendungen Verwaltung	27
3.3.2	Stromanwendungen Abwasserbetrieb	27
3.3.3	Stromanwendungen Stadtwerke.....	28
3.3.4	Summe Stromanwendungen.....	29
3.3.5	Eigenerzeugung Strom und Wärme (nachrichtlich).....	29
4	Bilanz Energieverbrauch und Emissionen	30

Eine erste systematische CO₂-Gesamtbilanz der Stadt Warendorf wurde im Jahr 2013 für das Jahr 2011 erstellt. Anlass war die zeitgleiche Erstellung eines Klimaschutzkonzepts¹ für die Stadt Warendorf. Die Gesamtbilanz war dabei der Ausgangspunkt für die Formulierung von Zielsetzungen und Maßnahmen zur Reduzierung von CO₂-Emissionen in Warendorf.

Die vorliegende *CO₂-Gesamtbilanz* umfasst die energiebezogenen Emissionen aus allen Sektoren (Industrie / Gewerbe / Handel / Dienstleistungen / Haushalt / Verkehr) für den Zeitraum 2019 – 2022². In 2020 wurden die Daten für das Jahr 2019 mit der Software KLIMASCHUTZPLANER ausgewertet und dargestellt. Die Jahre 2013 – 2018) waren nachträglich ergänzt worden (s. Bilanz 2020).

In dem zweiten Teil der hier vorliegenden Bilanzierung werden die CO₂-Emissionen auf Basis der Energieverbräuche aus den drei städtischen Bereichen Verwaltung, Stadtwerke und Abwasserbetrieb für die Jahre 2020-2022 als *CO₂-Teilbilanz* dargestellt.

Die Bilanzen wurde von der Stadt Warendorf in Eigenleistung erstellt.

Einführung CO₂-Bilanzen

Bilanzierungen der CO₂-Emissionen und der Energieverbräuche sind wichtige Grundlagen für das Energiemanagement und die Klimaschutzarbeit in einer Kommune. Sie sind daher auch häufig Bestandteil von Klimaschutzkonzepten und Voraussetzungen für Fördermaßnahmen.

Unterschiedliche Zielsetzungen bei CO₂-Bilanz und Energiebilanz

Für eine Energiebilanz werden die Energieverbräuche nach Sektoren, Verbrauchern, Verbrauchsorten oder räumlichen Einheiten - gegliedert nach Energieträgern - erfasst. Die Daten der Energieverbräuche stammen zumeist aus Messungen bzw. Abrechnungen und sind Liefer- oder Verbrauchsdaten (s. Abb. 4 zur Datengüte). Für eine Planung und Bewertung in einem aktiven Energiemanagement werden die Verbrauchsdaten mit wirtschaftlichen und technische Faktoren (Energiekosten / Unterhaltskosten / steuerliche Abschreibung / Nutzungskomfort / Versorgungssicherheit usw.) verknüpft.

Die CO₂-Teilbilanz für die städtischen Verwaltung und Betriebe in Warendorf baut auf der Energiebilanz auf. Für die Bewertung kommen zu den o.g. Faktoren noch die Emissionsfaktoren hinzu. Die Emissionsfaktoren (s. Abb. 3) beziehen energiestrategische Einflüsse und die Umweltauswirkungen mit ein. So wird bspw. die energetische Versorgung eines Gebäudes bei gleichem Energieverbrauch in Abhängigkeit vom Energieträger bzgl. der Emissionen sehr unterschiedlich zu bewerten sein (z.B. eine Pellet- statt Erdgasheizung in einem Einfamilienhaus erzeugt bei ähnlichen Kosten anrechenbare CO₂-Emissionen von 0,62 t/a statt 6,17 t/a, also eine Reduzierung um 90%.)

Die unterschiedliche Zielrichtung bzw. die Anwendungsbereiche der Bilanzen macht auch die sog. „Witterungsberreinigung“ deutlich. Während für die CO₂-Bilanz die tatsächlichen Emissionen der Gebäudeheizungen relevant sind, ist es bei einer Energiebilanz wichtig, den Einfluss kalter oder warmer Jahre auf den Energieverbrauch bereinigen zu können. So können die vom Energiemanagement steuerbaren Faktoren im Jahresvergleich analysiert werden. Bei CO₂-Bilanzen stehen eher Betrachtungszeiträume von mindestens 3-5 Jahren im Fokus, um über mehrjährige Trends die Entwicklungen fundierter bewerten zu können.

¹ Integriertes Klimaschutzkonzept Warendorf Teil 1: CO₂-Bilanz für 2011 / Teil 2: Endbericht (Gefördert im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative NKI)

² Die Daten für das Jahr 2022 waren zum Erstellungszeitraum noch nicht vollständig verfügbar

Anwendungsbereiche von CO₂-Bilanzierungen

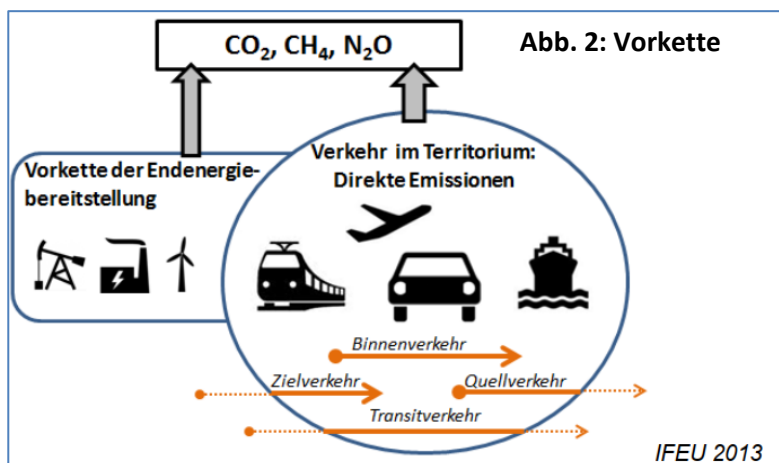
CO₂-Bilanzierungen werden nicht nur für Kommunen, sondern auch für weitere Anwendungsbereiche erstellt:

- **Staaten, Länder oder Kommunen**



Für räumlich abgegrenzte Bereiche (z.B. Staaten oder Kommunen) wird zumeist nach dem *Territorialprinzip* bilanziert. Es werden nur die CO₂-Emissionen einbezogen, die innerhalb der jeweiligen Gebietsgrenzen produziert werden (Quellenbilanz). Diese Bilanzierungssystematik wird z.B. international für die Nationalen Treibhausgasbilanzen genutzt. Bei den Kommunen in Deutschland wird nach dem sog. *BISKO*³-Standard gearbeitet. Für

den Bereich Strom geht in die sog. *endenergiebasierte Territorialbilanz* der an den Stromzählern der Endverbraucher gemessene Stromverbrauch⁴ in die Bilanz ein, um Verzerrungen in der Kommunalbilanz durch Emissionen aus Großkraftwerken zu vermeiden. Ebenso wird beim Verkehrssektor mit dem *BISKO*-Standard die Fahrleistung innerhalb der Gebietsgrenzen einbezogen (s. Abb. 2: Vorkette).



Die sog. *Graue Energie*⁵, die als indirekte Emissionen in den Produkten selbst steckt, wird hier nicht einbezogen. Bei den Verbrauchssektoren Haushalt, Industrie sowie Gewerbe / Handel / Dienstleistungen lassen sich der Energiebezug und damit die Emissionen direkt zuordnen. Die Emissionen werden mit für jeden Energieträger spezifischen Faktoren berechnet. Dabei kommen die sog. *LCA*⁶-Faktoren zum Einsatz, die auch die energetische Vorkette (u.a. Energiegewinnung und Transport; s. Abb. 2) einbeziehen.

³ BISKO – Bilanzierungs-Systematik-Kommunal

⁴ Der Endverbraucher verursacht den Verbrauch und damit die Emissionen, allerdings an anderer Stelle (Verursacherbilanz)

⁵ Als *graue Energie* wird die Energiemenge bezeichnet, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Dabei werden auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung berücksichtigt und der Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse addiert (WIKIPEDIA)

⁶ LCA – Life Cycle Assessment

- **Unternehmen**

Für die Bilanzierung bei Unternehmen wird der *corporate carbon footprint* (CCF) erstellt. Dabei werden alle Geschäftstätigkeiten des Unternehmens hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen einbezogen.

- **Personen**

Für die Bilanzierung bei Personen wird der *carbon footprint* (CO₂-Fußabdruck) genutzt. Dabei wird dann nicht nur der Energieeinsatz für Wohnen, Haushalt und Auto, sondern der gesamte persönliche Konsum (Mobilität, öffentliche Dienstleistungen, Ernährung, Kauf von Produkten) einbezogen. Damit wird auch die *Graue Energie* berücksichtigt, die in den konsumierten Produkten steckt (s. Abb. A5 im Anhang).

Der *ökologische Fußabdruck* geht noch über den carbon footprint hinaus, weil auch biologische Kapazitäten dazu zählen.

- **Produkte**

Für die Bilanzierung bei Produkten (*product carbon footprint* - PCF) werden die CO₂-Emissionen der gesamten Produktionskette (über die LCA-Faktoren) mit Berücksichtigung der Grauen Energie aus Vorprodukten / Transport / Lagerung bis hin zur Entsorgung berechnet.

Hinweise zum Verständnis der CO₂-Bilanzierungen

Anwendung der Emissionsfaktoren

Es macht einen erheblichen Unterschied aus, ob bei einer CO₂-Bilanzierung die Produktionsvorkette (z.B. gemäß LCA-Ansatz) bis zur Bereitstellung als Endenergie beim Endverbraucher berücksichtigt wird oder ob nur die direkten Emissionen am Verbrauchsort betrachtet werden. Für Erdgas bedeutet dies bspw. einen Unterschied beim Emissionsfaktor von 0,202 zu 0,247 kg/KWh (ein Plus an Emissionen von rund einem Viertel).

Bei regenerativen Energien sind es 0 g/KWh bei den direkten Emissionen, unter Berücksichtigung der energetischen Vorkette sind es 0,025 kg/KWh⁷.

Abb. 3: Emissionsfaktoren je Energieträger - LCA-Energie für das Jahr 2019 (ifeu 2019)

Energieträger	[gCO _{2e} /KWh]	Energieträger	[gCO _{2e} /KWh]
Strom	554	Flüssiggas	276
Heizöl	318	Braunkohle	411
Erdgas	247	Steinkohle	438
Holz	22	Heizstrom	554
Umweltwärme	173	Sonstige erneuerbare	25
Sonnenkollektoren	25	Sonstige konventionelle	330
Biogase	110	Benzin	314
Abfall	27	Diesel	325
Kerosin	322	Biobenzin + Biodiesel	149

⁷ IWU 2020: Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen

- **CO₂-Äquivalente**
Bei einer CO₂-Bilanz werden alle sonstigen Treibhausgase (z.B. auch Methan oder Lachgas) als sog. „CO₂-Äquivalente“ (CO₂e) einbezogen. Die Klimawirksamkeit der Treibhausgase ist sehr unterschiedlich (s. Abb. A3 im Anhang). Methan hat ein 28faches Treibhauspotenzial, Lachgas (Distickstoffmonoxid) sogar ein 265faches von CO₂.
- **Bildung Emissionsfaktoren**
Nur selten können tatsächlich gemessene Emissionsfaktoren für Produkte oder Lieferketten und Transport bei einer Emissionsbilanzierung genutzt werden. Zumeist werden empirisch ermittelte Werte verwendet. Diese werden über spezielle Studien gewonnen. Sie werden dann in den gängigen Software-Anwendungen zur Bilanzierung (z.B. Klimaschutz-Planer / GEMIS) zur Verfügung gestellt.
- **Bilanzierungssystematik**
Für Vergleiche über einen bestimmten Zeitraum oder für ein Benchmarking muss die Systematik der Bilanzierung übereinstimmen. Bilanzierungsergebnisse aus unterschiedlichen Systematiken können deutlich voneinander abweichen, ohne dass die Systematiken jeweils falsch sind (s. Abb. 5). Zu jeder Bilanzierungssystematik gehört eine klare und eindeutige Darlegung der Methodik. Viele Kommunen in NRW, auch im Kreis Warendorf, stellen in 2020 auf eine neue Bilanzierungssoftware um.
- **Energetisch bedingte Emissionen**
Die energetisch bedingten Emissionen machen rund 80% der gesamten Treibhausgasemissionen aus. Die nicht energetischen Emissionen aus Industrieprozessen, Landwirtschaft sowie Abfall und Abwasser sind auf lokaler Ebene kaum zu erfassen und sind daher – wie auch bei der hier vorliegenden Bilanz – nicht Bestandteil kommunaler CO₂-Bilanzen, die mit marktüblicher Software erstellt werden (s. Abb. A1 und A6 im Anhang).

Datengrundlagen

Die sog. *Datengüte* ist das Bewertungskriterium für die Qualität der Datengrundlagen zur Berechnung der Energie- oder CO₂-Bilanz. Erst die Verfügbarkeit lokaler, gemessener Daten zum Energieverbrauch und den Anteilen verschiedener Energieträger, zur Anlagentechnik oder der Nutzung lokaler regenerativer Energien verschaffen der kommunalen Bilanz eine hohe Detaillierung und Aussagequalität, wie sie mit der Ableitung aus Bundeskennzahlen nicht erreicht werden kann (s. Abb. 4).

Abb. 4: Datengüte - Datenerhebung im Rahmen der Energie- und THG-Bilanzierung 2013 - 2018			
Energieträger	Quelle	Energieträger	Quelle
Strom	Innogy und WEV	Erdgas	Innogy und WEV
Braunkohle	-	Wärmepumpen (Stromanteil)	Innogy und WEV
Heizstrom	Innogy und WEV	Heizöl	Schornsteinfegerdaten
Flüssiggas	Schornsteinfegerdaten	Biomasse (Holz)	Schornsteinfegerdaten
Steinkohle	-	Fernwärme/ Nahwärme	-
Benzin	Bundeskenntzahlen	Sonnenkollektoren (Solarthermie)	Solaratlas (Energieagentur NRW)
Diesel	Bundeskenntzahlen	Biogase	Startbilanz EcoRegion (Bundeskenntzahlen)
Kerosin	-	Klärgas	-
Biodiesel/ -Benzin	Bundeskenntzahlen	Erneuerbare Stromproduktion (auf dem Stadtgebiet)	Innogy und WEV

Interpretation von CO₂-Bilanzen

Aus den o.g. Fakten und Hinweisen wird deutlich, dass bei der vertieften Interpretation von CO₂-Bilanzen fachliches Hintergrundwissen sowie Kenntnisse des Umfeldes erforderlich sind, um sich teilweise überlagernde Entwicklungen erkennen und bewerten zu können. Interpretationen zu sehr kurzen Zeiträumen oder in großer Detaillierung sind entsprechend vorsichtig zu betrachten.

Die CO₂-Bilanzen sind ein Mittel der Trendanalyse. Das Augenmerk liegt auf einer mehrjährigen Trendentwicklung. Mengenmäßig kleinteilige Entwicklungen, z.B. einzelne Klimaschutzaktivitäten, sind aus der Gesamtbilanz einer Kommune zumeist nicht zu identifizieren. Die Gründe liegen in den überlagernden großen Prozessen (Witterung / Konjunktur usw.) wie auch in der Verwendung der Bundeskenntzahlen (s. Abb. 4), die mangels verfügbarer Alternativen für eine reduzierte Datengüte bzw. fehlende Anpassung an die kommunale Situation bei den kommunalen Gesamtbilanzen sorgt.

Die kommunalen Gesamtbilanzen unterliegen auch stark den jährlichen Witterungsschwankungen (vor allem beim Sektor Haushalte) sowie bundesweiten oder globalen Entwicklungen und Trends (z.B. Abschaltung fossiler Kraftwerke, Konsumverhalten, konjunkturelle Entwicklungen usw.). Die Bilanzen für 2020 werden bspw. deutlich von der Corona-Zeit geprägt werden.

Aus einer kommunalen Teilbilanz (speziell aus der Energiebilanz, s.o.) lässt sich hingegen auf mittelfristiger Ebene die Steuerungswirkung von Klimaschutz- und Energieaktivitäten der städtischen Einheiten ablesen. Entscheidend dafür ist die Verfügbarkeit lokaler, gemessener Daten mit hoher Datengüte.

CO₂-Gesamtbilanz Stadtgebiet Warendorf (2013 – 2018)

Die vorliegende CO₂-Gesamtbilanz für die Stadt Warendorf bezieht alle energiebedingten CO₂e⁸-Emissionen im Stadtgebiet ein (endenergiebasiertes Territorialprinzip, s.o.). Die wesentlichen Datengrundlagen stammen aus den Bundeskennzahlen, die mittels der Bevölkerungszahlen, den Beschäftigten nach Branchen, den zugelassenen Fahrzeugen bzw. dem Straßennetz usw. für das Stadtgebiet Warendorf interpoliert werden. (s. Abb. 4). Ergänzt wird dies von lokalen Daten des Energieversorgers (leitungsgebundene Energieträger Strom und Gas sowie regenerativ erzeugte Energiemengen) und der Schornsteinfeger zu Heizungsanlagen.

Nicht enthalten sind die CO₂-Emissionen von sonstigen Ressourcen bzw. Produkten (Graue Energie s.o.; die Produktion erfolgt außerhalb des Stadtgebietes) und die Emissionen der Landwirtschaft.

Die Gesamtbilanzen von Kommunen in Deutschland werden weitgehend nach dem einheitlichen BSKO-Standard erstellt. Damit ist ein Vergleich (Benchmarking) unter Kommunen möglich und es können die Bilanzen von Kommunen zu einer kreisweiten Bilanz summiert werden (wie z.B. beim Kreis Warendorf). Die Gesamtbilanz für die Jahre 2013-2018 wurde vom Planungsbüro *energielenker beratung gmbh* aus Greven im Auftrag der Stadt Warendorf mit Hilfe der Software *ECOREgion* erstellt. Für die weitere Nutzung werden die Daten anschließend in die „neue Software“ *Klimaschutz-Planer*⁹ transferiert.

Ergänzend wurden die Endenergieverbräuche für die Jahre 2010-2012 aus der kommunalen Bilanzierung von 2013 (*e&u Energiebüro GmbH 2013*) aufbereitet, so dass beim Energieverbrauch zusätzlich die Jahre von 2010 – 2018 in einheitlicher Systematik für eine Trendentwicklung betrachtet werden können.

Entwicklung Endenergieverbrauch

Für die Sektoren Industrie / Verkehr / Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) zeigt die nachfolgende Abb. 5 beim Endenergieverbrauch in Warendorf einen Rückgang, beim Sektor Haushalte stagniert die Entwicklung. Bei den Haushalten sind die witterungsbedingten Schwankungen aus kalten bzw. warmen Wintern gut zu erkennen.

In der Summe über alle Sektoren ist ein Rückgang von knapp 7% von 815.515 MWh auf 758.937 MWh im Zeitraum 2010 – 2018 zu verzeichnen.

Diese Entwicklungen weichen in allen Bereichen von den bundesweiten Trends ab!

Der bundesweite Trend für diesen Zeitraum zeigt nämlich deutliche Zuwächse besonders beim Verkehr und etwas geringe Anstiege bei der Industrie. Bei den GHD ist der Trend gleichbleibend, während bei den Haushalten hingegen der Endenergieverbrauch bundesweit seit einigen Jahren abnimmt (s. Abb. 6 aus BMWI¹⁰ – 2019).

Es sind bei der Interpretation der Trendentwicklung auch gegenläufige Entwicklungen zu berücksichtigen. So gibt es bei den Haushalten zunehmend Gebäude- und Heizungssanierungen sowie energieeffiziente Neubauten, die den Energieverbrauch senken. Auf der anderen Seite gibt es insbesondere in Städten mehr kleinere Haushalte und damit mehr Fläche pro Bewohner, was den Verbrauch tendenziell erhöht.

⁸ CO₂e ist das Kürzel für CO₂-Äquivalente (Einbeziehung aller Treibhausgase)

⁹ Es wird im Kreis Warendorf zukünftig mit der Software *Klimaschutz-Planer* bilanziert. Diese wird vom Land NRW den Kommunen über Lizenzen kostenlos zur Verfügung gestellt

¹⁰ – BMWI 2019: Energieeffizienz in Zahlen Entwicklungen und Trends in Deutschland 2019

Beim Verkehr sorgt das zunehmende Gewicht der Fahrzeuge in Verbindung mit umfangreicher Zusatzausstattung dafür, dass die technischen Entwicklungen zur Reduzierung des Treibstoffverbrauchs kompensiert werden (ein sog. Reboundeffekt).

Einsparungen beim Endenergieverbrauch beruhen bei allen Sektoren auf einer erhöhten Energieeffizienz durch technische Entwicklungen oder energiebewussteres Verhalten. Bei den Sektoren GHD und Industrie ist dies vor allem den wirtschaftlichen Vorteilen durch Kosteneinsparungen geschuldet.

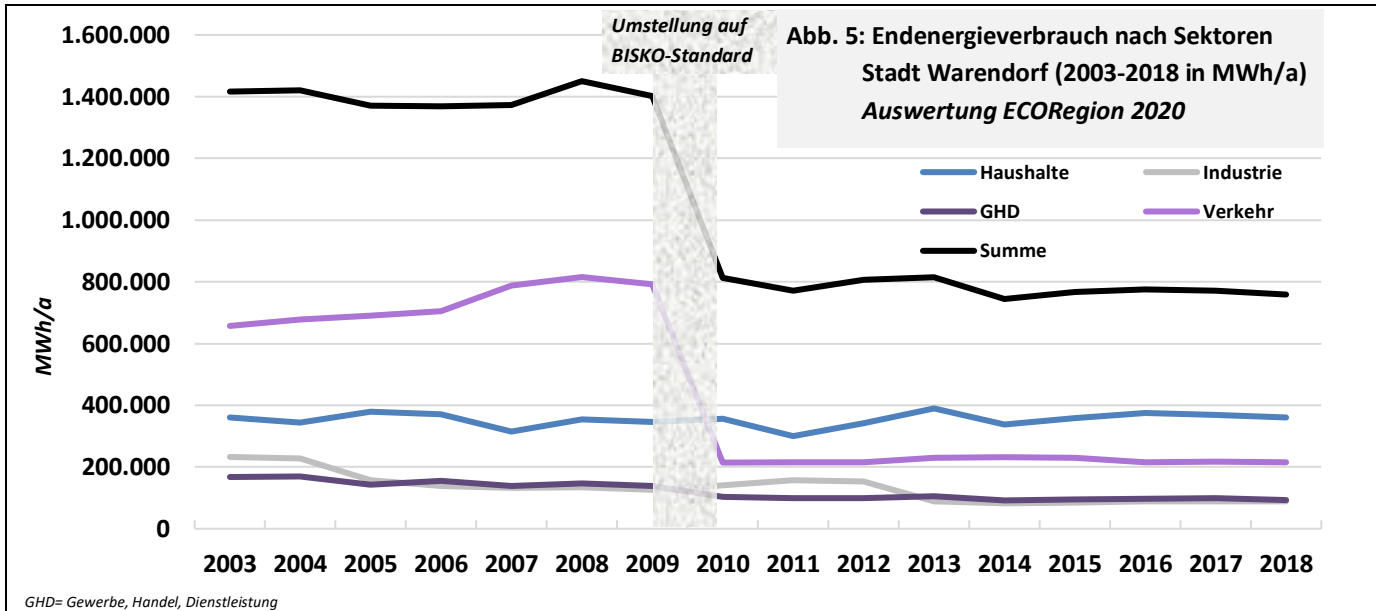
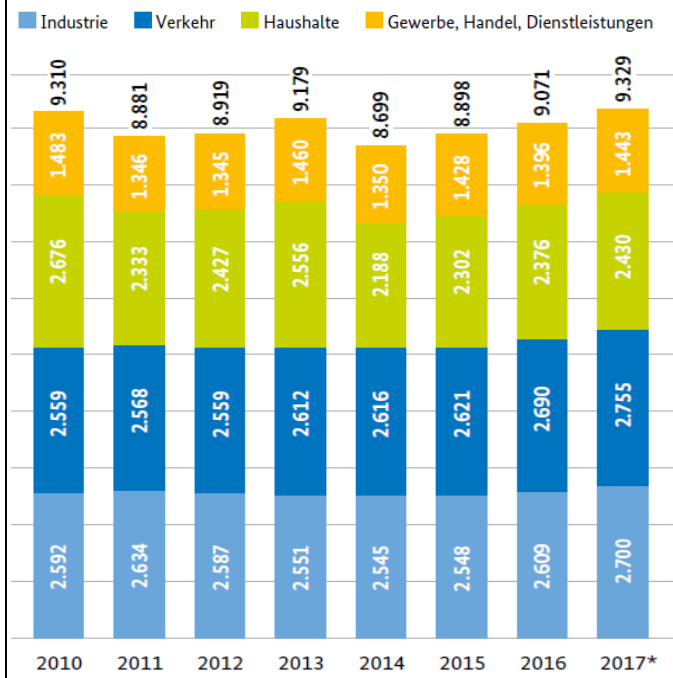


Abb. 6: Endenergieverbrauch nach Sektoren (in Petajoule)



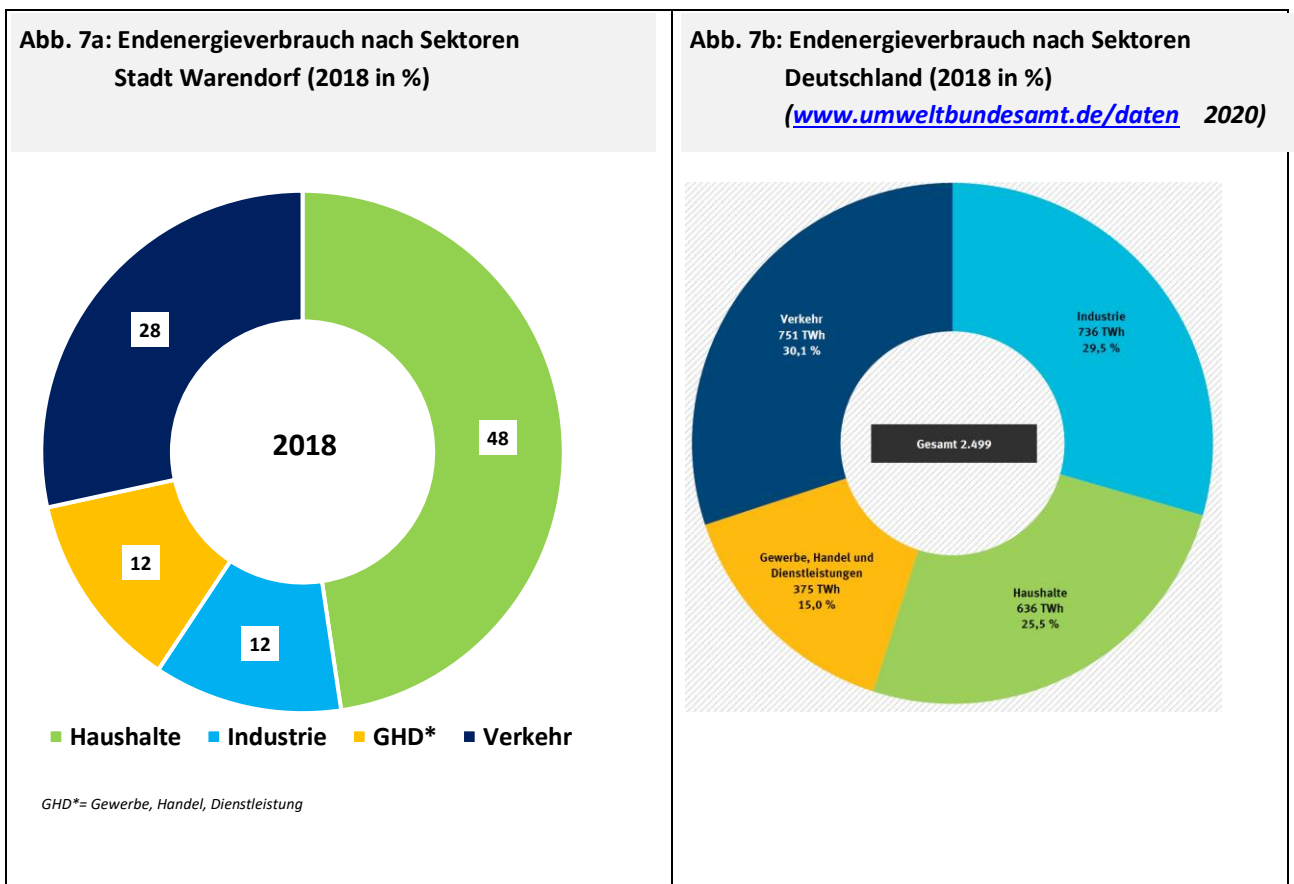
Der Endenergieverbrauch in Deutschland liegt pro Person und Jahr bei rund 30.000 KWh¹¹. Für Warendorf lässt sich aus der Gesamtbilanz ein deutlich geringerer Wert für 2018 von rund 20.000 KWh pro Person ermitteln.

Beispiel zur Dimension

Der Gesamtausstoß von einer Milliarde t CO₂ / a in Deutschland bedeuten rund 11 t pro Person und Jahr. Diese 11 t als persönliche Bilanz sind mit einem Flug nach Sydney und zurück oder 110.000 km mit einem durchschnittlichen PKW oder der Beheizung eines Mehrfamilienhauses mit Erdgas über ein Jahr bereits verbraucht.

9.329 Petajoule (s. Abb. 6) entsprechen 2.591.388.888.888 KWh oder 2.591.389 GWh

¹¹ Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB)

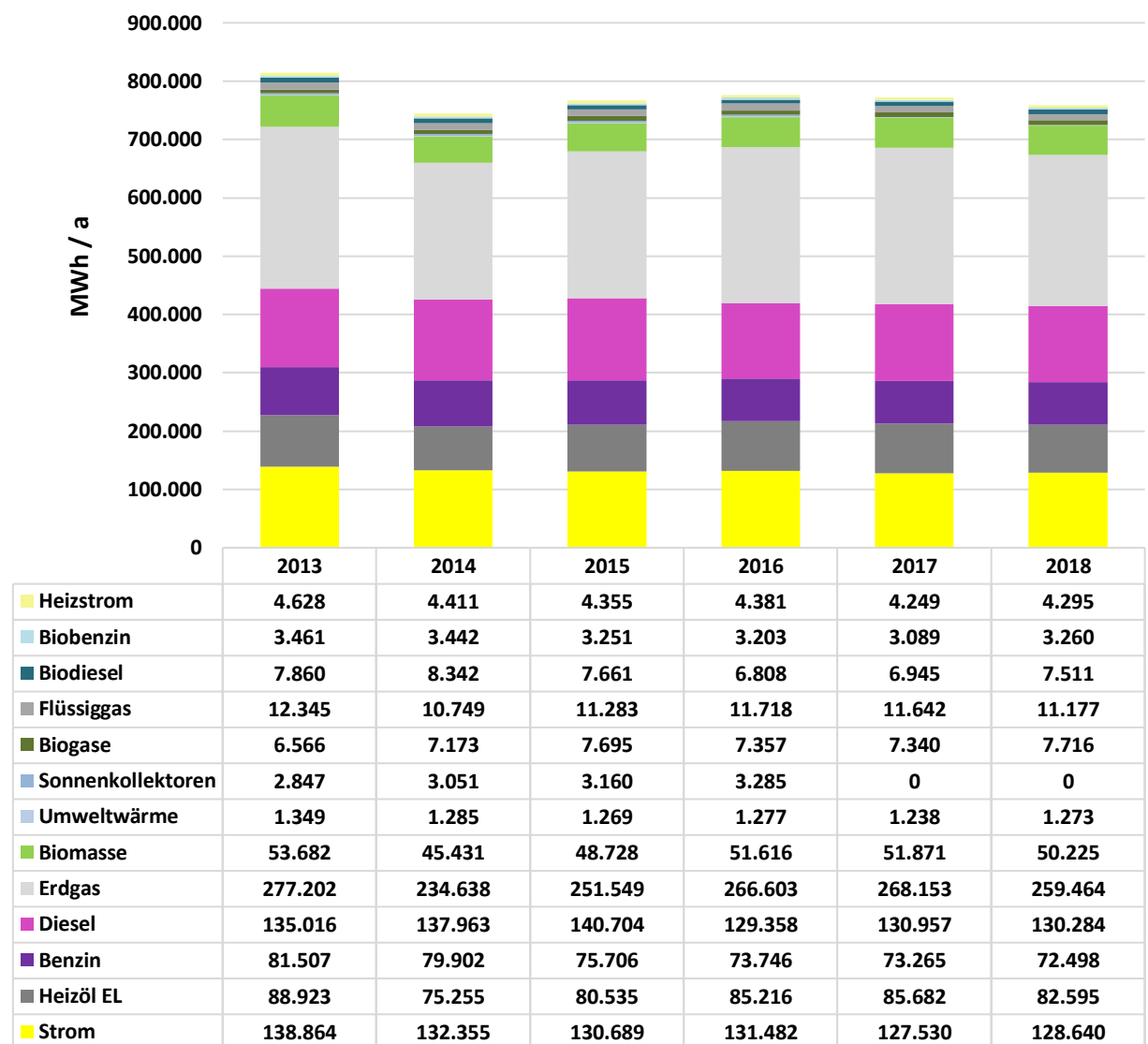


Aus dem Vergleich der Abb. 7a und 7b werden die Unterschiede bei den einzelnen Sektoren sehr deutlich. In Warendorf nimmt der Endenergieverbrauch der Haushalte einen sehr viel höheren Stellenwert ein als auf Bundesebene. Der Anteil der Industrie hingegen ist signifikant geringer. Die Abbildungen. A4a-c im Anhang zeigen ergänzend den Endenergieverbrauch Gebäude und Infrastruktur nach Sektoren und Energieträgern.

Abb. 8: Endenergieverbrauch nach Sektoren Stadt Warendorf (2013-2018 in MWh/a)

Sektoren	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Haushalte	389.883	337.551	358.107	374.538	368.897	361.514
Industrie	89.515	82.372	84.132	88.141	88.216	88.621
GHD*	104.487	91.907	94.595	97.958	98.422	93.187
Verkehr	230.706	232.538	230.114	215.411	216.425	215.615
Summe	814.591	744.369	766.949	776.048	771.960	758.937

Abb. 9: Endenergieverbrauch Stadt Warendorf nach Energieträgern (2013-2018 in MWh/a)



Für die Wärmeerzeugung über Sonnenkollektoren liegen für die Jahre 2017 und 2018 keine Werte vor. Es ist davon auszugehen, dass die Werte in diesen Jahren über dem Niveau von 2016 liegen.

Bedeutung einzelner Energieträger

Die Abb. 9 zeigt einen Rückgang bei allen Energieträgern (außer Biogas) für den Zeitraum 2013-2018, nicht nur bei den fossilen Energieträgern. Eine Ausnahme stellt die Nutzung von Solarwärme über Kollektoren dar, wobei mit den fehlenden Zahlen für 2017/2018 der eindeutige Beleg über die Fortentwicklung des Trends von 2013 – 2016 fehlt.

Den größten Anteil aller Energieträger hat das Erdgas mit seinem gut ausgebauten Netz. Dahinter rangieren die Kraftstoffe Benzin/Diesel, gefolgt vom Strom. Heizöl nimmt aufgrund der hohen Erdgasanteils bei den Haushalten in Verbindung mit den vergleichsweise geringen Verbräuchen aus der Industrie eine nachgeordnete Bedeutung ein. Bemerkenswert ist der konstant hohe Anteil der Biomassenutzung.

Abb. 10 und 11 verdeutlichen die Bedeutung der Brennstoffnutzung für die Wärmeerzeugung (Heizung / Warmwasser) in den Haushalten, vornehmlich mit Gas. Insgesamt ist auch hier ein Rückgang bei allen Energieträgern (Ausnahme Solarkollektoren s.o.) zu verzeichnen.

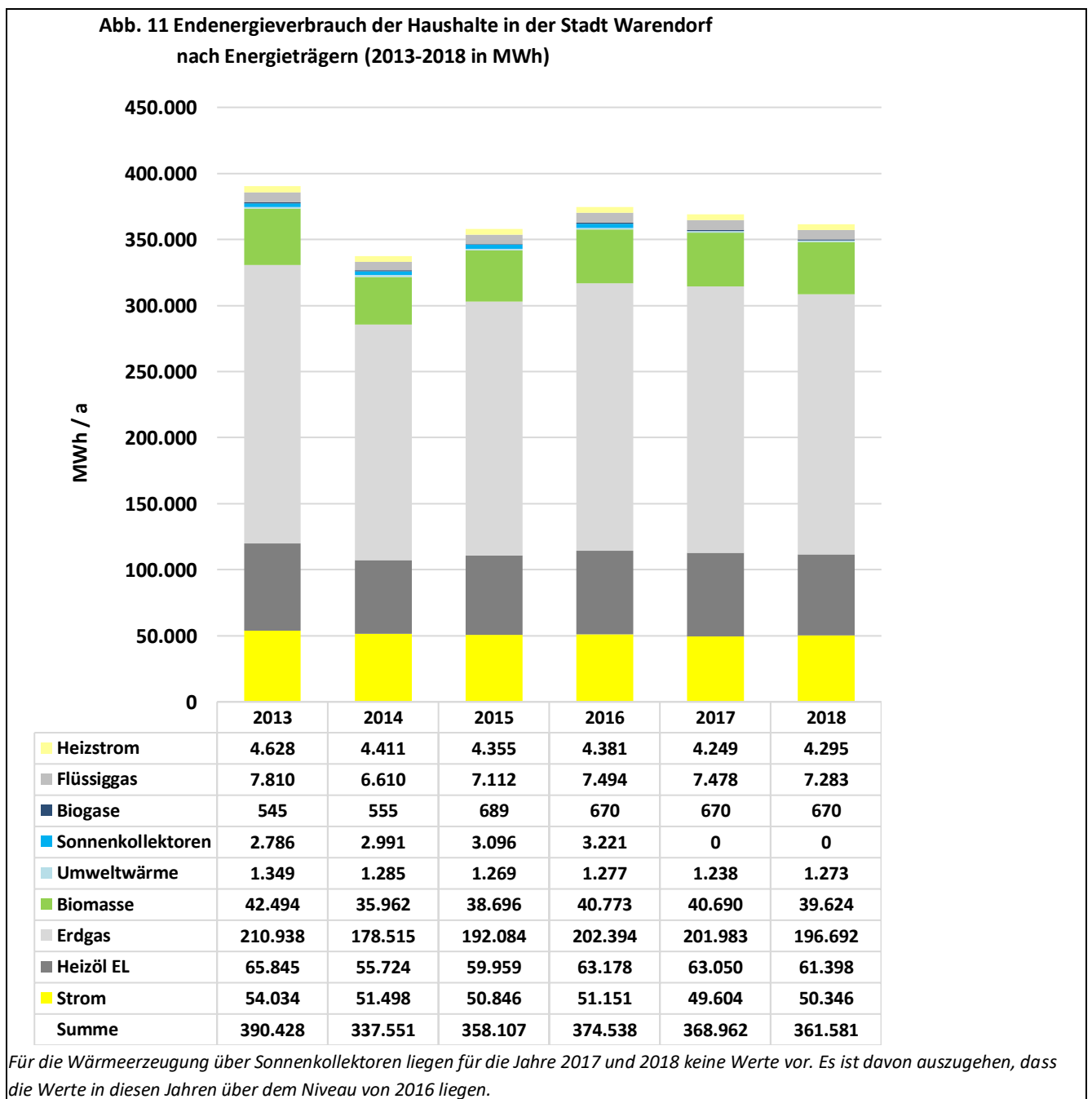
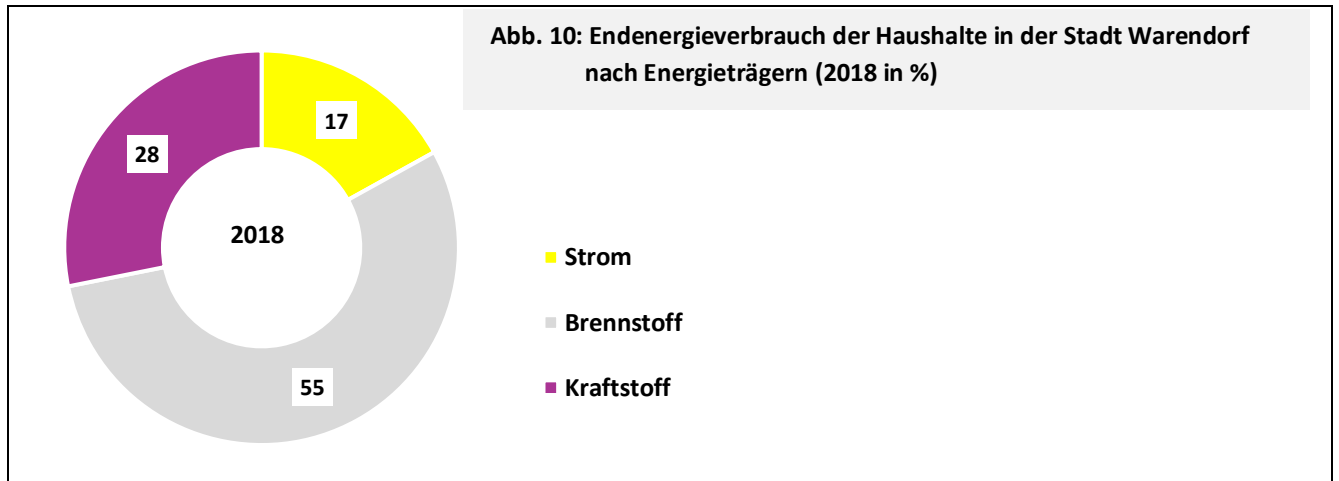


Abb. 12: Einspeisemengen im Stadtgebiet Warendorf für Strom aus Erneuerbaren Energien (2018 in %)

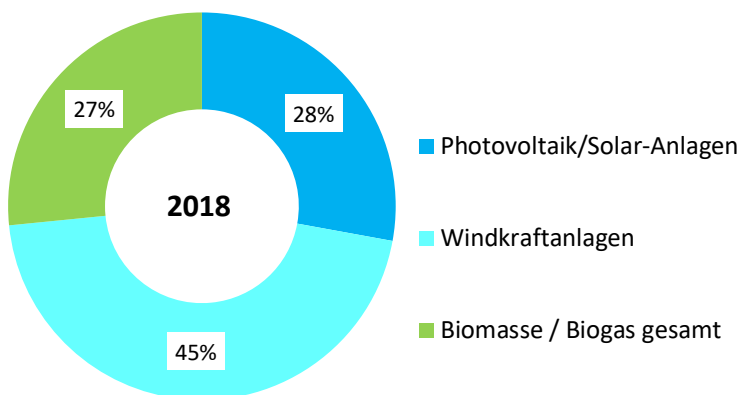
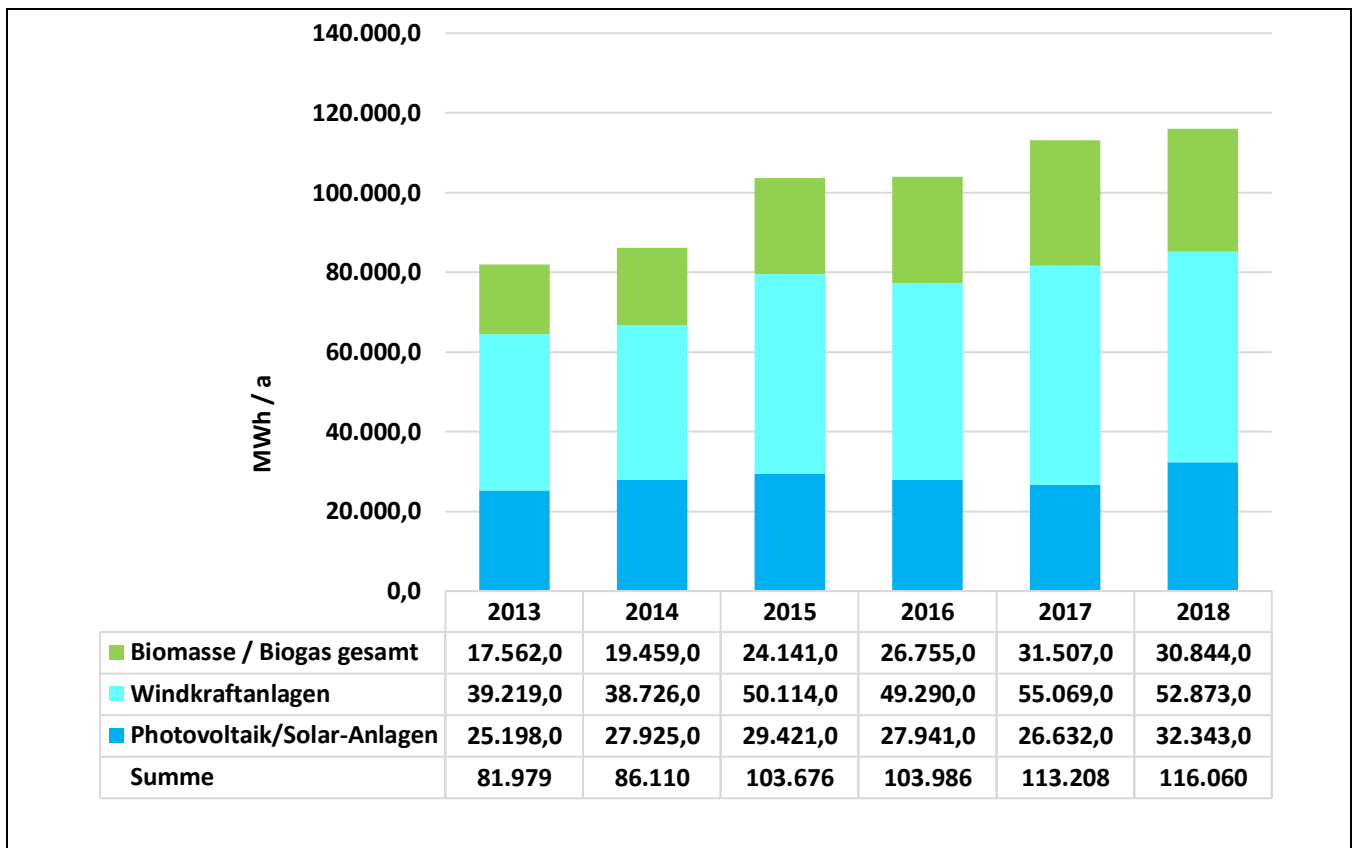


Abb. 13: Anteile für Strom im Stadtgebiet Warendorf aus Erneuerbaren Energien (2013-2018 in MWh/a und in %)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Summe Erneuerbare Energien	81.979	86.110	103.676	103.986	113.208	116.060
Anteil EE am Stromverbrauch	59%	65%	79%	79%	89%	90%
Stromverbrauch gesamt	138.864,4	132.355,3	130.689,1	131.481,8	127.530,1	128.640,2
Anteil EE am Energieverbrauch	10%	12%	14%	13%	15%	15%
Endenergieverbrauch gesamt	814.591	744.369	766.949	776.048	771.960	758.937

Abb. 14: Einspeisung Strom im Stadtgebiet Warendorf aus Erneuerbaren Energien (2013-2018 in MWh/a)



Erneuerbare Energien

Die energetische Nutzung von Biomasse sowie die solare Nutzung über PV-Anlagen liegen anteilig in Warendorf im Jahr 2018 bei je rund einem Viertel, während die Windkraft fast die Hälfte der in das Stromnetz eingespeisten EEG-Mengen stellt. Die Abb. 13 und 14 machen deutlich, dass bei einem Rückgang des Stromverbrauchs insgesamt in Warendorf alle Erneuerbaren Energien in der Menge zulegen konnten und damit bei den prozentualen Anteilen am Stromverbrauch im Zeitraum von 2013 – 2018 von 59% auf bemerkenswerte 90% gestiegen sind (Steigerung zu 2013 beträgt 50%)!

Abb. 15: Vergleich zwischen NRW und Stadt Warendorf zur Nutzung Erneuerbaren Energien für die Stromerzeugung (Einspeisung gemäß EEG)	
EEG-Stromerzeugung pro Kopf 2017	
NRW – 995 KWh	WAF – 2979 KWh
Anteil Erneuerbare Energien am Endenergieverbrauch Strom 2016	
NRW – 18,8 %	WAF – 79 %
PV-Anlagen – installierte Leistung in KW pro Kopf 2019	
NRW – 0,3 KW	WAF – 1 KW
Anzahl der PV-Anlagen pro Kopf	
NRW – 0,04	WAF – 0,07
Windkraft-Anlagen – installierte Leistung in KW pro Kopf 2019	
NRW – 0,34	WAF – 1,1
Biomasse-Anlagen – installierte Leistung in KW pro Kopf 2019 (für Stromerzeugung)	
NRW – 0,05	WAF – 0,11

Die Ab. 15 belegt die Unterschiede zwischen der NRW-Landesebene und der Stadt Warendorf bei der Nutzung erneuerbarer Energien sehr deutlich. Bei Wind- und Solarenergie ist es ungefähr die dreifache installierte Leistung. Entsprechend ist auch der jährliche Stromertrag pro Kopf in Warendorf dreimal so hoch!

Gleichzeitig zeigt Abb. 13 aber auch, dass der hohe Anteil nur für den Stromverbrauch gilt. Insgesamt ist wegen des geringen Anteils der Erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung (s. Abb. A7 im Anhang) die anteilige Entwicklung beim Gesamtenergieverbrauch mit einer Steigerung von 10% auf 15% etwas verhaltener (Steigerung beträgt 50% von 2013 zu 2018 bei einer Rate von 1 % jährlich).

In dieser Bilanz sind die direkt beim Erzeuger genutzten Mengen an regenerativ erzeugtem Strom (der sog. Eigenverbrauch) nicht enthalten. Dieser Anteil ist tendenziell steigend, da die sinkenden Einspeisevergütungen die Eigennutzung immer attraktiver machen. Eine seriöse Abschätzung kann für das Stadtgebiet Warendorf nicht geleistet werden.

Entwicklung der THG-Emissionen

Aufgrund des Wechsels in der Bilanzierungssystematik können die THG¹²-Emissionen für die Jahre 2010 – 2012 nicht wie beim Endenergieverbrauch in die Trendanalyse einbezogen werden. Hier stehen die Ergebnisse von 2013-2018 zur Verfügung.

¹² THG - Treibhausgas

Bezogen auf den Zeitraum 2013-2018 ist der Endenergieverbrauch über alle Sektoren in Warendorf um knapp 7% zurückgegangen (s. Abb. 5). Bei den THG-Emissionen ist der Rückgang mit 11,6% deutlich höher (s. Abb. 17 und 18). Diese Abnahme findet in allen Sektoren auf ähnlichem Niveau statt.

Gründe für den Emissionsrückgang sind neben der vor allem effizienzbedingten Abnahme des Energieverbrauchs der zunehmende Einsatz regenerativer Energien, vor allem durch die Einspeisung in das Stromnetz. (Rückgang der Emissionen beim Strom: - 21%).



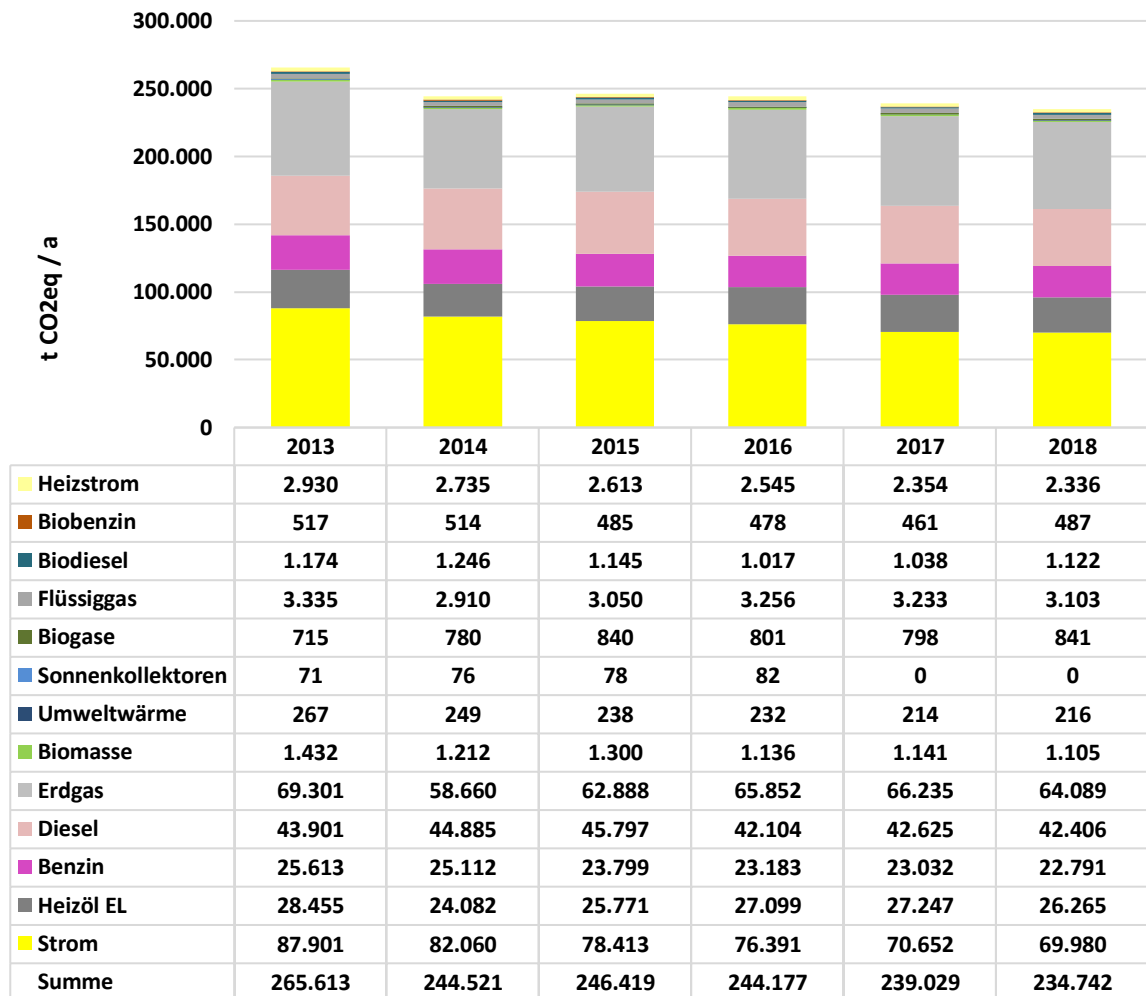
Die mengenmäßige Verteilung nach Sektoren beim Endenergieverbrauch (s. Abb. 7a) spiegelt sich proportional bei den Treibhausgasemissionen nach Sektoren wider (s. Abb. 15). Haushalt und Verkehr dominieren in Warendorf in der Bilanz. Die quantitative Reduzierung der Emissionen im Verlaufe der Jahre 2013 – 2018 um 11,6% zeigt Abb. 16. Die Abb. 17 gibt einen Blick auf die Emissionsverteilung nach Energieträgern. Auch hier zeigen sich es über alle Energieträger hinweg Rückgänge, allen voran beim Strom.

Abb. 17: Treibhausgasemissionen gesamt im Stadtgebiet Warendorf nach Sektoren (in t CO_{2eq} / a)
Auswertung ECORegion 2020

Sektoren	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Haushalte	114.490	100.230	103.648	105.697	103.020	101.002
Industrie	43.277	39.818	38.888	38.837	36.872	36.500
GHD*	35.939	32.017	31.975	32.218	31.375	29.845
Verkehr	72.016	72.575	72.024	67.425	67.763	67.395
Summe	265.722	244.641	246.536	244.177	239.029	234.742
Einwohner	37.899	37.899	38.059	37.966	38.133	38.106
THG - pro Einwohner	7,01	6,45	6,47	6,43	6,26	6,16

Ergänzend einige Zahlen zu Erneuerbaren Energien aus dem Energieatlas NRW für 2019:

- Nutzung der Geothermie mit 255 Wärmepumpen mit einem (geschätzten) Ertrag von 2,4 GWh
- Ertrag (geschätzt) aus Solarkollektoren mit 3,3 GWh

Abb. 18: Treibhausgasemissionen gesamt im Stadtgebiet Warendorf nach Energieträgern (in t CO_{2eq} / a)


Die nachfolgenden Abb. 19 und 20 belegen die überragende Rolle der Energiewirtschaft bei der Emissionsbilanzierung. Über 40 % der THG-Reduzierungen seit 1990 kommen aus der Energiewirtschaft, der Beitrag der Haushalte ist entsprechend deutlich geringer (8 %).

Abb. 19: Treibhausgasemissionen in NRW nach Sektoren (1990-2019 in 1.000 t CO₂eq)

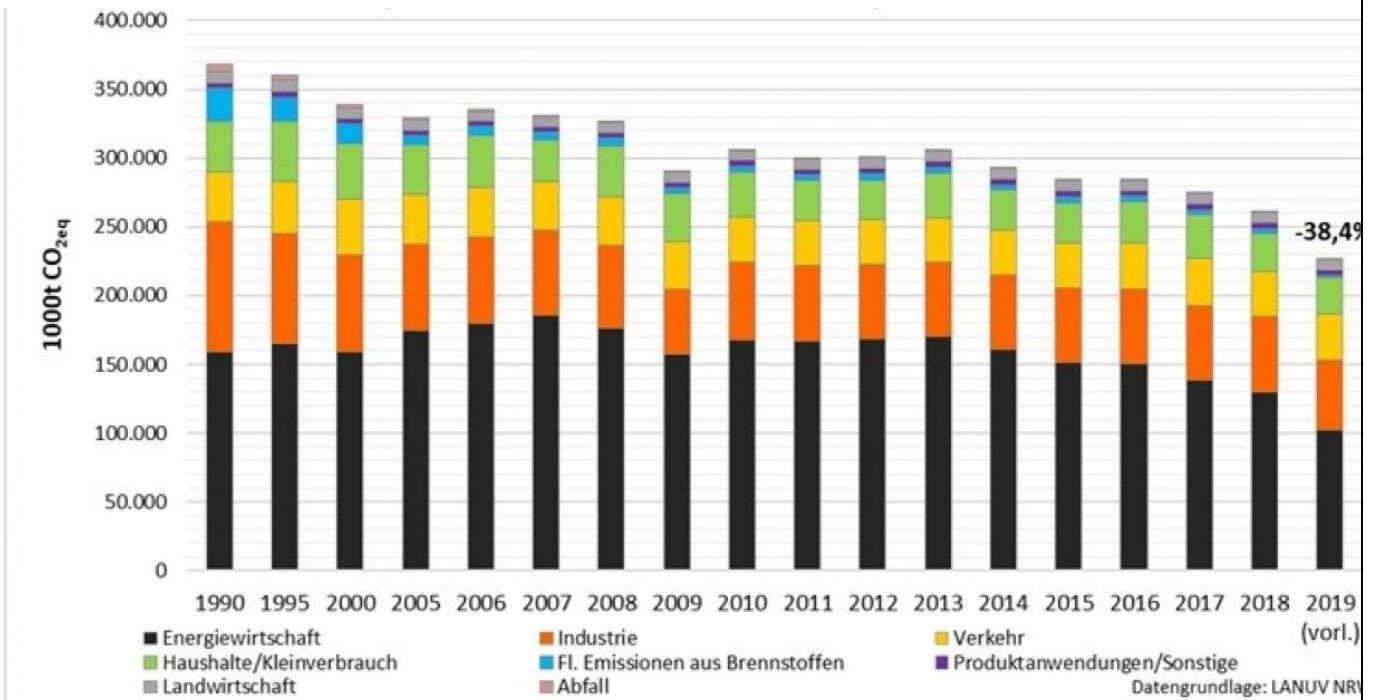
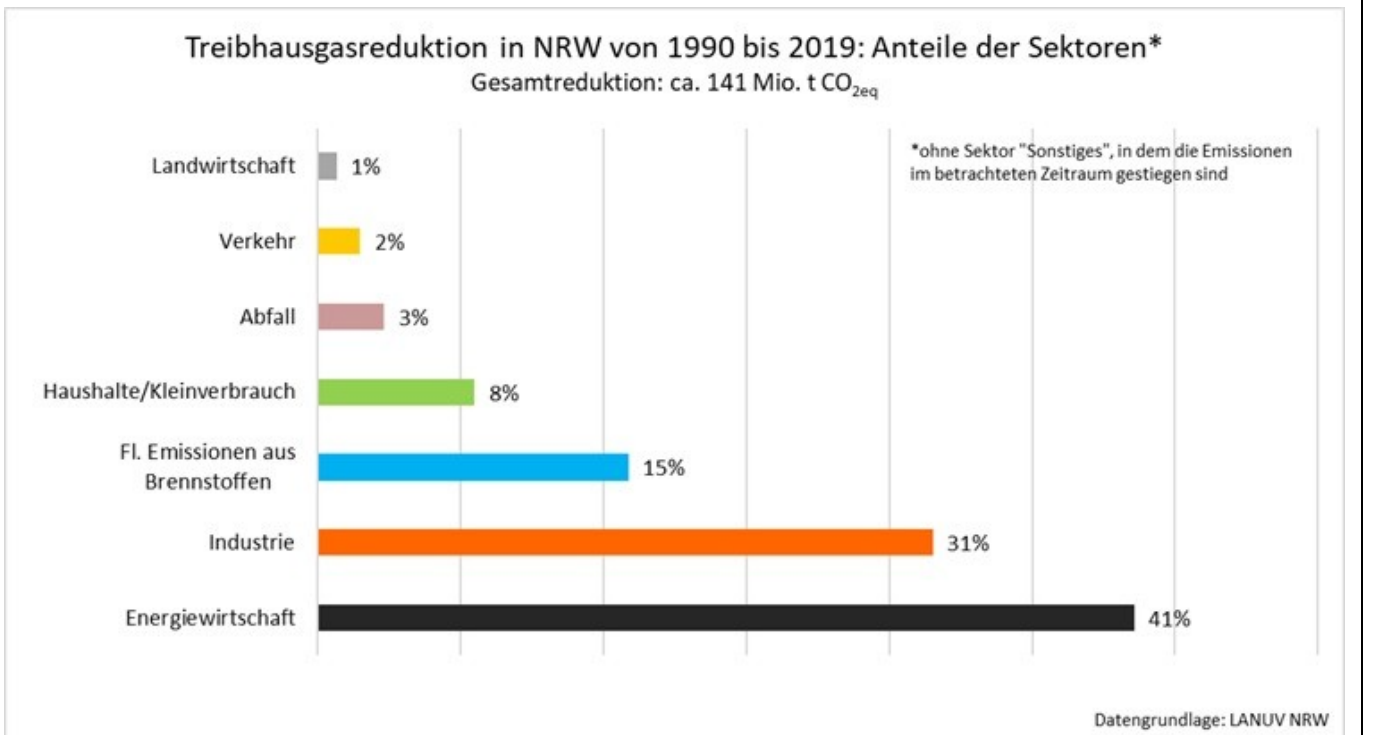


Abb. 20: Treibhausgasemissionen in NRW nach Sektoren (1990-2019 in %)



Zusammenfassung Gesamtbilanz Stadt Warendorf

Die Gesamtbilanz stellt für den Zeitraum 2013-2018 den Endenergieverbrauch und die damit verbundenen THG-Emissionen in Warendorf dar. Klar erkennbare Trends sind der Rückgang des Energieverbrauchs über alle Sektoren um rund 7% und die damit einher gehende THG-Reduktion um rund 11% (s. Abb. 17).

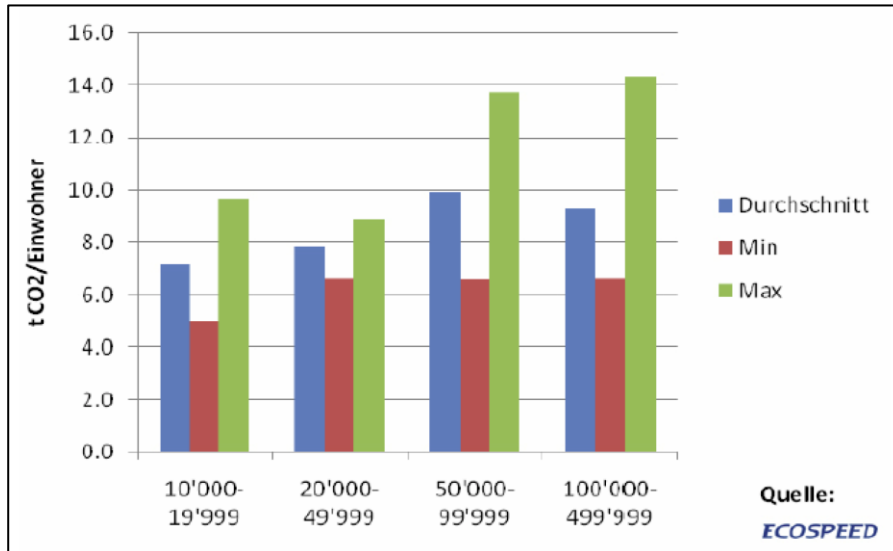


Abb. 21: THG-Emissionen pro Kopf in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl

Umgerechnet auf die Vergleichsgröße „THG-Emissionen pro Einwohner“ sind es in Warendorf 6,16 t/a (2018). Ein Rückgang von 0,85 t/a im Vergleich zu 2013. Die Stadt Warendorf liegt im Vergleich zu Städten gleicher Größenordnung in einem sehr guten Bereich. Damit wird das Zwischenziel (15 % weniger CO₂ bis

2020) aus dem Klimaschutzkonzept von 2013 voraussichtlich erreicht. Das Ziel für 2022 mit 25% wird hingegen schwieriger zu erreichen sein. Die Ziele zu erneuerbaren Energien sind - insbesondere im Strombereich - bereits mehr als erfüllt (s. Abb. 21).

Für diese Entwicklung sind Effekte auf überregionaler wie auch lokaler Ebene verantwortlich:

Auf überregionaler Ebene wirken sich die großen Veränderungen bei der Energiewirtschaft in NRW aus. Besonders bei den Emissionen machen sich die Abschaltungen bei Kohlekraftwerken, Effizienzverbesserungen und die Zunahme der Erneuerbaren Energien (auch bei den Energieversorgern) bemerkbar.

Auf lokaler Ebene sind es ebenfalls Effizienzverbesserungen (z.B. bei Heizungsanlagen) sowie die starke Zunahme des Anteils Erneuerbarer Energien (private Anlagen), die zum Rückgang des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen beitragen. Hierbei sind die steigenden Anteile der Eigennutzung (z.B. bei PV-Anlagen) noch nicht einmal berücksichtigt, da diese aktuell nicht erfasst werden.

Durch den (im Vergleich zum bundesweiten Wert) sehr hohen Anteil des Sektors Haushalt sowie auch des Verkehrs schlagen die bundesweit erkennbaren THG-Reduktionen bei der Industrie in der Bilanz für Warendorf nicht in gleicher Weise durch. Entsprechend ist bei geringerem Aufkommen auch das Reduktionspotenzial nicht so hoch wie auf Bundesebene.

Für die weiteren Energieeinsparungen und die lokale THG-Reduktion zur Erreichung der Klimaschutzziele in Warendorf rücken damit die Sektoren Haushalt und Verkehr in den Vordergrund. Bei den Haushalten ist es der Bereich Wärmeenergie (Gebäudebeheizung / Gebäudedämmung / Einsatz erneuerbare Wärmeenergien) sowie die Nutzung von REG-Anlagen zur Stromproduktion. Beim Verkehr stehen emissionsarme Verkehrsträger (Fahrrad / ÖPNV / Elektromobilität usw.) als Reduktionspotenziale im Vordergrund.

CO₂-Teilbilanz städtische Liegenschaften und Betriebe (2020-2022)

1 Einführung

Die Teilbilanz für die städtischen Liegenschaften ist eine eigenständige Bilanzierung. Die Daten der Teilbilanz sind - im Gegensatz zu vielen Daten der Gesamtbilanz für die Stadt Warendorf - echte und lokale Messdaten und nicht durch Interpolation aus bundesweiten Daten ermittelt worden.

Die jährlichen Teilbilanzen sind in den Gesamtbilanzen der Stadt Warendorf vollständig enthalten. Der Anteil der CO₂-Emissionen aus der Teilbilanz an den Gesamtemissionen in Warendorf liegt jeweils unter 2 Prozent.

1.1 Bestandteile der Bilanzierung

- Die Teilbilanz erfasst die CO₂-Emissionen, die durch den Energieeinsatz für den laufenden Betrieb der Stadtverwaltung mit allen Liegenschaften sowie den Betrieb der städtischen Beteiligungsgesellschaften (Stadtwerke und Abwasserbetrieb) verursacht werden. Dazu zählen die Beheizung der Gebäude, der Energieeinsatz für technische Anlagen (z.B. Pumpen, Straßenleuchten) sowie die Treibstoffe für Fahrzeuge.
- Nicht enthalten sind die CO₂-Emissionen von sonstigen Ressourcen bzw. Produkten (wie z.B. *Graue Energie*). Ebenfalls nicht enthalten sind die CO₂-Emissionen, die private Dienstleister im öffentlichen Auftrag verursachen (z.B. bei Müllabfuhr, Straßenreparaturen usw.).
- Für die Emissionsbilanzierung werden die jeweiligen LCA-Faktoren gemäß der „BISKO-Systematik“ im „KLIMASCHUTZPLANER“ eingesetzt
- Bei den kommunalen (Teil)Bilanzen für die städtischen Energieverbräuche bzw. CO₂-Emissionen ist eine Bewertung über einen interkommunalen Vergleich aufgrund verschiedener Systematiken und Aufgabengebiete schwierig. So wird die Vergabe kommunaler Dienstleistungen an private Anbieter nicht in jeder Kommune gleich gehandhabt bzw. bilanziert. Nicht jede Kommune hat eigene Stadtwerke bzw. Abwasserbetriebe für Energie- oder Entsorgungsleistungen.
- Die Teilbilanz für die Jahre 2020-2022 wurde von der Stadt Warendorf im Jahr 2023 in Eigenleistung erstellt.

1.2 Verteilung der Energieverbräuche über die Bereiche

Die drei wesentlichen energetischen Einsatzbereiche sind Gebäudebeheizung, Stromanwendungen inkl. Anlagenbetrieb und Mobilität. Die Einsatzbereiche korrespondieren eng mit den eingesetzten Energieträgern. Bei den Gebäudeheizungen ist es nahezu ausschließlich Erdgas, der Anlagenbetrieb (inkl. Straßenbeleuchtung) nutzt vornehmlich Strom und die Mobilität erfolgt vorwiegend mit den Treibstoffen Benzin und Diesel.

1.3 Datenqualität

Es stehen für alle Bereiche und Einheiten die jeweils gemessenen Werte als Echt Daten zur Verfügung.

Stadtwerke / Abwasserbetrieb

Bei den Stadtwerken und dem Abwasserbetrieb liegen die Verbrauchsdaten zu Gebäuden, Anlagen und Fahrzeugen zentral vor

Stadtverwaltung Gebäude und Anlagen

Die Erfassung der verschiedenen Gebäude- bzw. Anlagenenergiedaten erfolgt vornehmlich bei der Gebäudewirtschaft (SG65), ein spezieller Teilbereich (Heime, Wohnungen) wird vom Sachgebiet Soziales (SG50) betreut. Die Verbrauchswerte der Heime und Wohnungen (SG50) werden nicht einbezogen in die CO₂-

Teilbilanz der städtischen Liegenschaften. Die Verbräuche sind den jeweiligen Mietern/Nutzern zuzuordnen.

Die Daten zur Wärmeenergieerzeugung (Gasverbrauch), zur Anlagen- und Gebäudetechnik (Strom) sowie zur Mobilität liegen für 2020-2022 vollständig vor.

2 Liegenschaften - Bestand

2.1 Städtische Verwaltung

Je nach Betrachtungsansatz (Wirtschaft und Finanzen, Energieversorgung, Personal usw.) werden die städtischen Gebäudeeinheiten unterschiedlichen Gebäudekomplexen, Gebäuden, Gebäudeteilen, Nutzerbereichen, Zählerbereichen oder Kostenstellen zugeordnet.

Für die Gebäudewirtschaft steht die (energetische) Unterhaltung und Versorgung sowie die Art der Nutzung der Gebäudeeinheiten im Vordergrund. Dazu erfolgt eine Unterteilung in drei Gruppen:

Schulen

Bei den Schulen hat es im Laufe der Jahre etliche Veränderungen gegeben, so dass viele Schulstandorte jetzt anderen Schulformen zugeordnet sind oder dass bspw. Grundschulstandorte zusammengefasst wurden. Zu den großen Schuleinheiten zählen die Gesamtschule, das Laurentianum sowie die Marienschule, z.T. mit mehreren Standorten und Gebäudekomplexen. Auch bei den Grund- und Förderschulen gibt es Aufteilungen auf mehrere Standorte.

Verwaltungs- und Dienstgebäude

Hierzu zählen die fünf Verwaltungsstandorte, die sechs Feuerwachen sowie der Baubetriebshof und der Friedhof Warendorf.

Sonstige

Zu den sonstigen technisch und energetisch von der Gebäudewirtschaft betreuten Gebäude(komplexen) zählen u.a. die KITA, VHS, HOT, Theater am Wall usw. sowie auch kleinere Einheiten wie Brunnen und E-Ladesäulen.

Weitere Schulen wie die Realschule oder auch sonstige öffentliche Standorte wie das Haus der Familie sind keine Gebäude in städtischer in städtischem Besitz, sondern von externen Trägern.

Die städtischen Wohn- und Übergangsheime sowie Sozialwohnungen werden von der Stadt unterhalten, die Energiekosten werden teilweise über Gebühren auf die Bewohner umgelegt. Diese Einheiten dürfen daher in der energetischen und der CO₂-Bilanz nicht erfasst werden, die Verbräuche sind den Mieter / Nutzern zuzuordnen.

Fahrzeuge in städtischer Verwaltung

Die größten Fahrzeugparks unterhalten der städtische Baubetriebshof und die Feuerwehr, überwiegend Einsatz- und Nutzfahrzeuge. Die übrigen PKW-Dienstfahrzeuge verteilen sich auf die verschiedenen Verwaltungsstandorte, ergänzt durch u.a. durch E-Bikes und Lastenräder.

2.2 Abwasserbetriebe

Bei den Abwasserbetrieben steht die Kläranlage sowohl bei Verbrauch wie auch Eigenproduktion (von Strom) im Mittelpunkt. Die einzelnen Außenstandorte wie Pumpstationen sind deutlich kleinere Verbrauchseinheiten. Der Verwaltungsbereich im Alten Lehrerseminar ist energetisch dem Verwaltungsbereich zugeordnet.

2.3 Stadtwerke

Bei den Stadtwerken sind die Hauptverbraucher die Bäder einschließlich Eigenproduktion (Wärme und Strom), dazu kommen die Verwaltungsgebäude, Cityshop und Wasserwerk sowie einigen kleineren Verbrauchseinheiten.

3 Energiebilanz- und CO₂-Bilanz nach den Bereichen dienstliche Mobilität, Gebäudebeheizung und Stromanwendungen

3.1 Dienstliche Mobilität

3.1.1 Dienstliche Mobilität Verwaltung - Treibstoffverbräuche der Dienst- / Einsatzfahrzeuge

- Die PKW der Verwaltung werden weitgehend durch Amt 10 zentral betreut. Schwerpunkte für die Einsatzfahrzeuge sind der Baubetriebshof und die Feuerwehr.
- Die jährlichen Treibstoffverbräuche wurden aus den bereinigten Buchungen der Treibstoffrechnungen abgeleitet:
 - Mit den Anteilen von Diesel und Benzin (80 zu 20) wurde ein gewichtetes Mittel des jeweiligen Jahresdurchschnittspreises von Benzin und Diesel gebildet. Aus den Jahreskosten (in EURO) wurde per Jahresdurchschnittspreis die Litermenge errechnet.
 - Die Berechnung der Jahresemissionen erfolgte dann mit dem gewichtetem LCA-Emissionsfaktor (Verhältnis 80 : 20 entspricht 2.900g/Liter).
- Abschließend wurden die aus den Buchungen ermittelten Ergebnisse für das Jahr 2019 mit den bereits im Jahr 2020 bilanzierten Ergebnissen verglichen. Zusätzlich wurden Stichproben zu den Auswertungen für die Jahre 2020-2022 anhand von händischen Auswertungen der Treibstoffverbräuche durchgeführt. Die Ergebnisse stimmten mit geringfügigen Abweichungen überein, so dass von validierten Berechnungen für 2020-2022 auszugehen ist.
- Die Nutzung der Stadtteilautos für dienstliche Fahrten der Verwaltung wurde über die gefahrenen Kilometer einbezogen.
- Die Stromverbräuche der E-Fahrzeuge wurden über die Fahrleistungen berechnet, da der Stromverbrauch für die E-Fahrzeuge über die E-Ladesäulen der Verwaltung im Stromverbrauch der Verwaltung aufgehen. Die Emissionen dieser Fahrzeuge sind daher dem Stromverbrauch der Verwaltung zugeordnet.

Treibstoffverbräuche Dienst- / Einsatzfahrzeuge Verwaltung							
Jahr	Kosten in EURO	Treibstoff in Liter	Stadtteilauto in kWh	CO ₂ -Emissionen (LCA) in kg	Treibstoff in kWh	E-Autos in kWh*	E-Auto CO ₂ -Emissionen in kg*
2020	117.699	103.245	6.120	301.481	997.272	9.100	227
2021	144.416	101.702	6.180	297.025	982.519	11.940	298
2022	186.380	95.579	5.640	280.088	923.198	17.680	442

* Die Werte zu den E-Autos werden hier nachrichtlich dargestellt. Teilweise sind die Werte geschätzt.

3.1.2 Dienstliche Mobilität - Dienstreisen Verwaltung

Vorgehensweise zur Bilanzierung:

- Die gefahrenen Kilometer aus Dienstreisen mit privaten PKW / Bahn / Flugzeug wurden aus den Dienstabrechnungen ermittelt.
- Die Dienstreisen mit Dienstwagen werden über die Treibstoffbilanzierung erfasst.
- Die gefahrenen Kilometer werden nach Verkehrsmittel und Jahr zugeordnet und die Emissionen über die gewichteten LCA-Emissionsfaktoren (Benzin / Diesel nach Deutschlandmix sowie Faktoren für Bahn und Flugzeug) berechnet.
- Dienst- und Fortbildungsreisen aus dem Schulbereich wurden aufgrund des nicht vertretbaren Aufwands als vernachlässigbare Größe nicht einbezogen.

Dienstreisen Verwaltung - CO ₂ -Emissionen in kg				
Jahr	Bahn	Flug	Privat-PKW	Summe CO ₂ -Emissionen
2020	579	-	1.941	4.540
2021	366	-	1.061	3.448
2022	921	298	720	3.961

3.1.3 Dienstliche Mobilität Verwaltung - Summe CO₂-Emissionen

Die Emissionen aus Dienstfahrten und Dienstreisen der Verwaltung auf Jahresbasis summiert.

CO ₂ -Emissionen „Dienstliche Mobilität – Verwaltung“ in kg			
Jahr	Dienstreisen	Dienst- / Einsatzfahrzeuge	Summe CO ₂ -Emissionen
2020	4.540	301.481	306.021
2021	3.448	297.025	300.473
2022	3.961	280.088	284.049

3.1.4 Dienstliche Mobilität Abwasserbetrieb

Dienstliche Mobilität Abwasserbetriebe						
Jahr	Diesel (in l)	Benzin (in l)	Treibstoff in kWh nachrichtlich	LCA Faktoren	CO ₂ -Emissionen in kg	Summe in kg
2020	1.266 l	956 l	20.627	Diesel 2.989 g/l Benzin 2.650 g/l	3.354 2.218	5.572
2021	1.452 l	1.017 l	22.975	Diesel 2.989 g/l Benzin 2.650 g/l	3.848 2.359	6.207
2022	1.401 l	953 l	21.924	Diesel 2.989 g/l Benzin 2.650 g/l	4.188 2.394	6.582

3.1.5 Dienstliche Mobilität Stadtwerke

Dienstliche Mobilität Stadtwerke								
Jahr	Diesel in l	Benzin in l	Gas in kWh	Strom in kWh	LCA Faktoren	Einzel-CO ₂ Emissionen in kg	Summe CO ₂ - Emissionen in kg	Treibstoff nachrichtlich in kWh
2020	14.145	1.916	27.906	912	Diesel 2.989 g/l	42.281 5.079 6.892 23	54.275	183.917
2021	15.572	1.765	31.545	2.624	Benzin 2.650 g/l	46.545 4.678 7.791 65	59.079	198.839
2022	16.666	2.000	28.000	3.800	Gas 247g/kWh Strom 25g/kWh	49.816 5.300 6.916 95	62.127	208.993

3.1.6 Bilanz Dienstliche Mobilität

CO ₂ -Emissionen Dienstliche Mobilität Summe Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke					
Jahr	Verwaltung in kg	Abwasserbetrieb in kg	Stadtwerke in kg	Summe in kg	Treibstoff nachrichtlich in kWh
2020	306.021	5.572	54.275	367.888	1.201.816
2021	300.473	6.207	59.079	367.780	1.204.093
2022	284.049	6.582	62.127	354.780	1.053.162

- Die Dienstreisen mit Privat-PKW und Bahn waren in Corona-Zeiten von 2020 zu 2021 stark rückläufig, danach kam es in 2022 zu einer deutlichen Zunahme bei Dienstfahrten mit der Bahn.
- Bei den Nutzung der Dienst- und Einsatzfahrzeuge ist im Verwaltungsbereich ein Rückgang um ca. 8% zu den Vorjahren 2020/2021 festzustellen, bei den Stadtwerken und Abwasserbetrieben hingegen stiegen die Emissionen von 2020 auf 2022 um ca. 10%.
- In der Summe über alle Einheiten sanken die Mobilitäts-Emissionen um ca. 4,5%

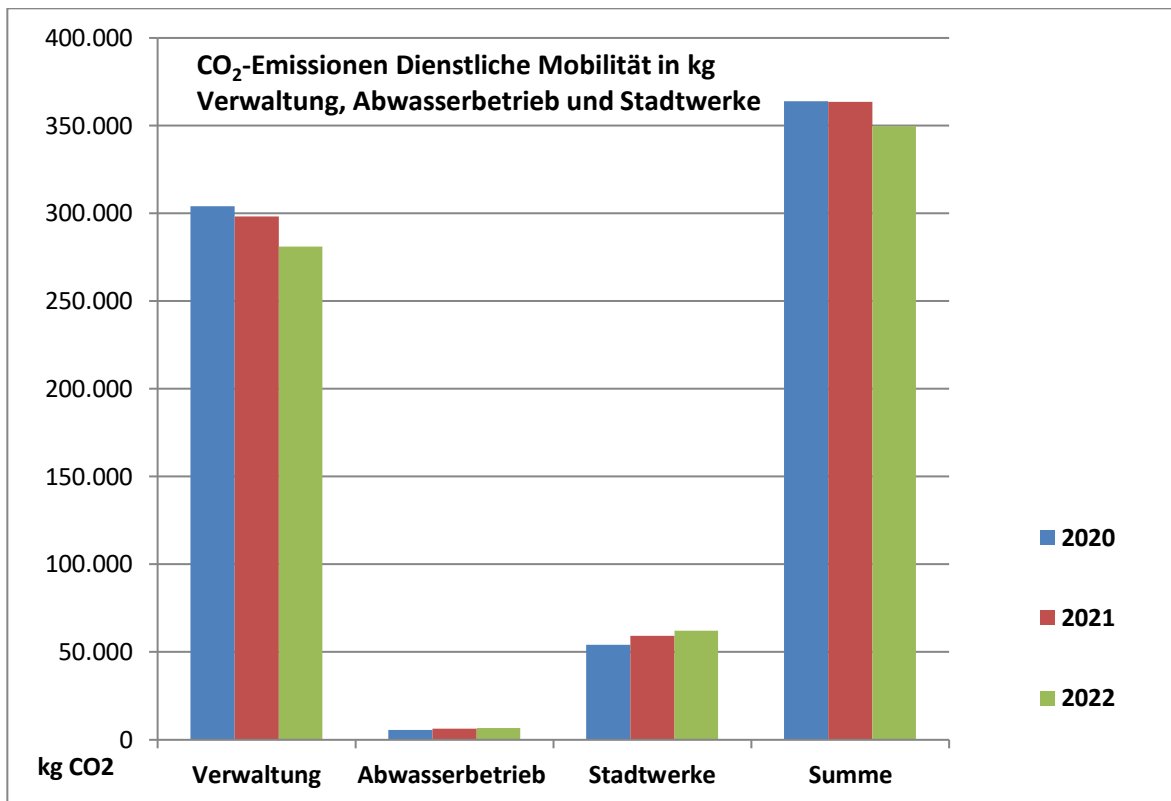


Abb. B1 CO₂-Emissionen Dienstliche Mobilität von Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerken

3.2 Gebäudebeheizung

3.2.1 Gebäudebeheizung Verwaltung

Die Hauptenergieverbraucher bei den Einheiten in der städtischen Verwaltung sind die großen weiterführenden Schulen und die großen Verwaltungsstandorte des Rathauses, die (Grund)Schulen und der städtische Bauhof. Abschließend folgen noch die vielen kleineren Einheiten wie Feuerwehrgerätehäuser, Sportplätze und Hausmeisterwohnungen bis hin zum „Schlusslicht“, einer E-Bike-Ladestation.

- Die Gebäudeenergiedaten für die dem Bereich Verwaltung zugeordneten Einheiten werden zentral erfasst.
- Die der Stadt Warendorf gehörenden sowie die angemieteten Wohnanlagen zur Unterbringung bspw. von Flüchtlingen werden gemäß der BSKO-Systematik nicht bei der Bilanzierung der städtischen Liegenschaften erfasst. Sie werden den privaten Haushalten/Wohnungen in der Bilanzierung für die Gesamtstadt zugeordnet.
- die Beheizung findet nahezu ausschließlich mit Erdgas statt
- der LCA-Emissionsfaktor für Erdgas ist 247g/kWh, für Heizöl 318 g/kWh

Gebäudebeheizung Verwaltung			
Jahr	Gas in kWh	Öl in l bzw. kWh	CO ₂ -Emissionen in kg
2020	9.105.257,2	430 / 4902	2.250.548
2021	10.017.254,4	488 / 5563	2.475.819
2022	8.694.269,3	411 / 4685	2.148.964

3.2.2 Gebäudebeheizung Abwasserbetrieb

- Die Beheizung der Räume der Verwaltung des Abwasserbetriebs im Alten Lehrerseminar ist dem Bereich Verwaltung zugeordnet

Gebäudebeheizung Abwasserbetriebe		
Jahr	Erdgas in kWh	CO ₂ -Emissionen in kg
2020	123.925	30.609
2021	119.543	29.527
2022	65.994	16.301

3.2.3 Gebäudebeheizung Stadtwerke

- Die Eigenerzeugungsanlagen für Wärme durch BHKW (Hallenbad und Freibad sowie auch Absorberanlage Freibad) sind einbezogen

Gebäude- und Anlagenbeheizung Stadtwerke			
Jahr	Erdgas in kWh	CO ₂ -Emissionen in kg	Eigenerzeugung BHKW / Absorber
2020	1.608.903	397.399	143.200 / 175.000
2021	1.628.016	402.119	138.300 / 175.000
2022	1.310.814	323.771	122.386 / 175.000

3.2.4 Summe Gebäudebeheizung

Energie für Gebäudebeheizung in kWh Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke				
Jahr	Verwaltung,	Abwasserbetrieb	Stadtwerke	Summe
2020	9.110.159	123.925	1.608.903	10.842.987
2021	1.0022.817	119.543	1.628.016	11.770.376
2022	8.698.954	65.994	1.310.814	10.075.762
CO ₂ -Emissionen Gebäudebeheizung in kg Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke				
Jahr	Verwaltung,	Abwasserbetrieb	Stadtwerke	Summe
2020	2.250.548	30.609	397.399	2.678.556
2021	2.475.819	29.527	402.119	2.907.465
2022	2.148.964	16.301	323.771	2.489.036

- Starker Anstieg im Verwaltungsbereich in 2021 durch Corona-Bedingungen (Lüften durch Fenster und Türen in Heizzeiten)
- abnehmende Tendenz von 2020 zu 2022
- Die Nutzung regenerativer Energien (PV-Solar / Wasserkraft / Absorber / Klärgas) sowie Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW) zur Eigenproduktion von Strom bzw. Wärme trägt erheblich zur Reduzierung der laufenden Energiekosten durch eingesparte Brennstoffkosten sowie zur Einsparung von CO₂-Emissionen bei.

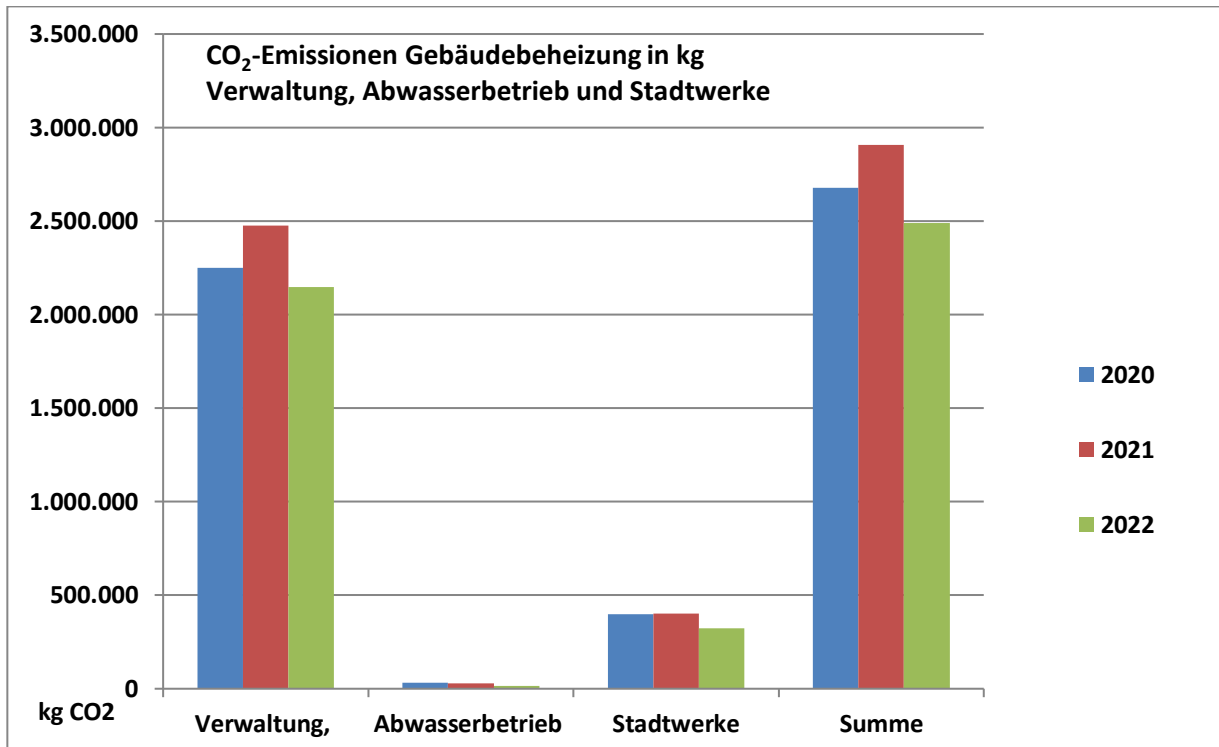


Abb. B2 CO₂-Emissionen Gebäudebeheizung von Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerken

3.3.1 Stromanwendungen Verwaltung

- Es wird zertifizierter Ökostrom bezogen (Bezug von Ökostrom mit LCA-Emissionsfaktor 25g/kWh)

Stromanwendungen Verwaltung			
Jahr	Strom gesamt in kWh	Eigenerzeugung	CO ₂ -Emission in kg
2020	1.968.079	-	49.201
2021	1.975.745	-	49.393
2022	2.119.624	-	52.990

Die Erhöhung des Stromverbrauchs in 2022 beträgt gegenüber 2021 ca. 7%. Hauptursache ist die Anschaffung weiterer mit Strom beheizter Container für Kitas und Büros

3.3.2 Stromanwendungen Abwasserbetrieb

A Strombezug von Stromversorger

- Es wird zertifizierter Ökostrom bezogen (LCA-Emissionsfaktor ist 25g/kWh)
- LCA-Emissionsfaktoren für Strommix Deutschland sind 2021 – 600g/kWh und 2022 - 475g/kWh

B Summe Eigenerzeugung aus Mikrogasturbinen, PV-Anlagen, Wasserrad

- der erzeugte Strom wird vollständig selbst genutzt
- LCA-Emissionsfaktoren für Mikrogasturbine 52g/kWh, PV und Wasserrad je 25g/kWh

C Stromerzeugung mit Heizöl in Netzersatzanlagen (NEA)

- NEA werden mit Heizöl betrieben, Einsatzstunden nach Bedarf (LCA-Emissionsfaktor für Heizöl ist 3.038g/l)

Stromverbräuche nach Bereichen A-C in kWh					
Jahr	A - Strombezug EVU	B - Strom aus Mikrogasturbinen in kWh	Strom aus PV in kWh	Strom aus Wasserrad in kWh	B - Summe Eigenstromerzeugung
2020	992.237	656.050	2.978	27.510	686.538
2021	947.932	742.600	12.650	20.471	775.721
2022	751.110	749.750	27.155	23.495	800.400
Jahr	NEA KA in kWh WAF 1000 KVA	NEA KA in kWh WAF 520 KVA	C Summe in kWh Heizöl zur NEA Erzeugung		Summe A-C in kWh
2020	36.240	4.162	40.402		1.719.177
2021	34.583	5.762	40.345		1.763.998
2022	25.206	5.653	30.859		1.582.369
Emissionen nach Bereichen A-C in kg					
Jahr	A in kg	B in kg MGT+PV+WR	C in kg	Summe A-C in kg	
2020	24.806	34.114+74+687	37.346	97.027	
2021	23.698	38.615+316+511	39.578	102.718	
2022	18.778	38.987 +679+587	42.505	101.536	

3.3.3 Stromanwendungen Stadtwerke

- Es wird 100% zertifizierter Ökostrom genutzt.
- Straßenbeleuchtung: Die Betreuung der Straßenbeleuchtung in Warendorf führen die Stadtwerke im Auftrag der Verwaltung durch.
- Der eigenerzeugte Strom aus den beiden BHKW wird selbst genutzt und in die CO₂-Bilanzierung einbezogen. Die Emissionen aus der Erdgasnutzung für die BHKW werden der Gebäudebeheizung zugeordnet.
- Der PV-Strom wird vollständig eingespeist und nicht bilanziert.

Stromanwendungen Stadtwerke					
Jahr	Strom in kWh	Straßenbeleuchtung in kWh	Eigenerzeugung in kWh BHKW 1 / BHKW 2 / PV	Summe in kWh	CO ₂ -Emissionen in kg
2020	826.132	414.249	186.237 + 65.010 + 37.000	1.491.628	31.001
2021	930.130	457.057	169.800 + 61.400 + 32.045	1.618.387	34.680
2022	928.173	429.636	179.821 + 58.401 + 42.144	1.596.031	33.945

3.3.4 Summe Stromanwendungen

Energie für Stromanwendungen in kWh Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke				
Jahr	Verwaltung	Abwasserbetrieb	Stadtwerke	Summe
2020	1.968.079	1.719.177	1.491.628	5.178.884
2021	1.975.745	1.763.998	1.618.387	5.358.130
2022	2.119.624	1.582.369	1.596.031	5.298.024
CO ₂ -Emissionen Stromanwendungen in kg Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke				
Jahr	Verwaltung,	Abwasserbetrieb	Stadtwerke	Summe
2020	49.201	97.027	31.001	177.229
2021	49.393	102.718	34.680	186.791
2022	52.990	101.536	33.945	188.471

3.3.5 Eigenerzeugung Strom und Wärme (nachrichtlich)

Eigenerzeugung Kraft-Wärme-Kopplung und Erneuerbare Energien in kWh KWK – Erzeugung mit Erdgas / REG – Erzeugung mit Erneuerbaren Energien						
Jahr	KWK (Eigennutzung)	PV-Strom (Eigennutzung und Einspeisung)	Absorber (geschätzt)	Wasserrad	Mikrogas-turbine	Summen KWK und REG
2020	Wärme 143.200 + 386.570 Strom 65.010 + 186.237	37.000 + 2.978	175.000	27.510	656.050	KWK 781.017 REG 858.560
2021	Wärme 138.300 + 374.260 Strom 61.400 + 169.800	32.045 + 12.650	175.000	20.471	742.600	KWK 743.760 REG 983.036
2022	Wärme 122.386 + 423.430 Strom 58.401 + 179.821	33.844 + 27.155	175.000	23.495	749.750	KWK 784.038 REG 1.009.244

4 Bilanz Energieverbrauch und Emissionen

Gesamt Endenergie in kWh Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke				
Jahr	Mobilität	Gebäudebeheizung	Stromanwendungen	Summe
2020	1.201.816	10.842.987	5.178.884	17.225.707
2021	1.204.093	11.770.376	5.358.130	18.334.620
2022	1.053.162	10.075.762	5.298.024	16.428.970
CO ₂ -Emissionen in kg Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerke				
Jahr	Mobilität	Gebäudebeheizung	Stromanwendungen	Summe
2020	363.798	2.678.556	177.229	3.221.603
2021	363.670	2.907.465	186.791	3.459.947
2022	349.850	2.489.036	188.471	3.029.379

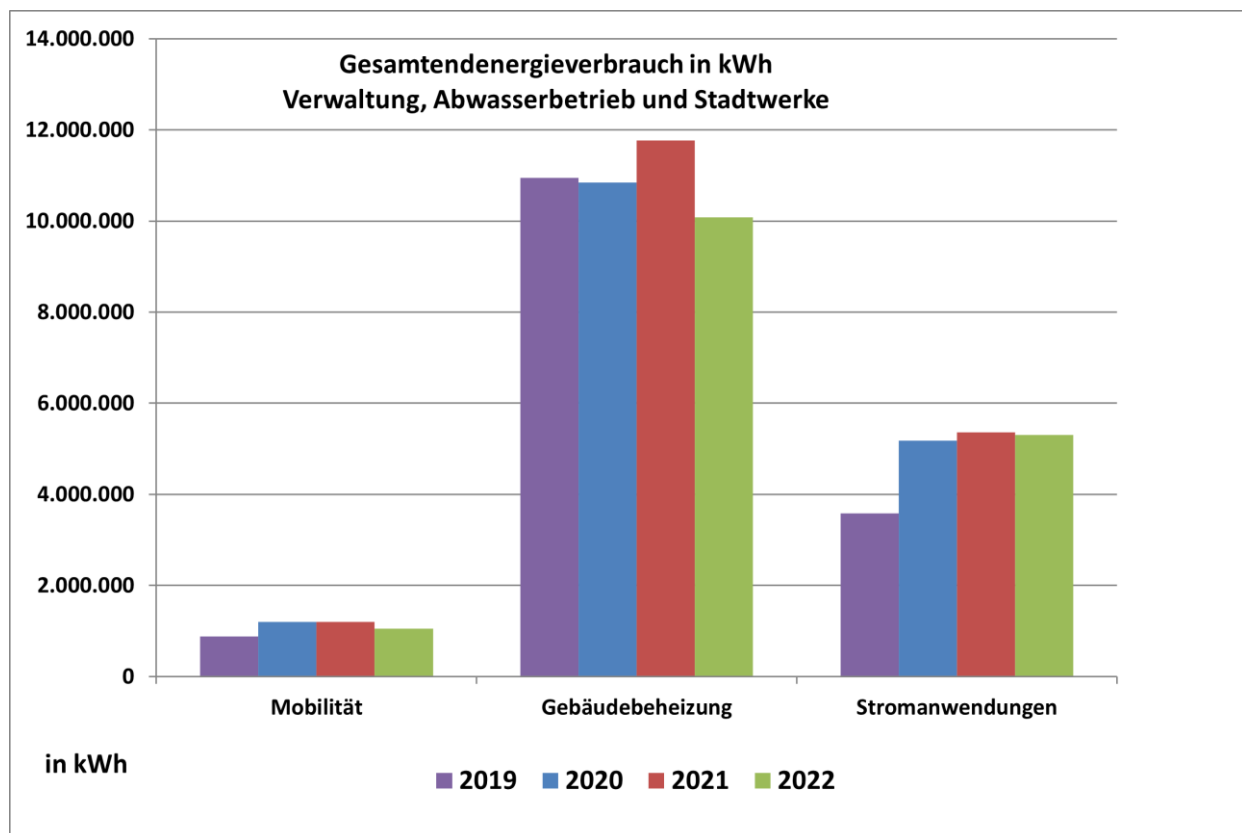


Abb. B3 Gesamt-Endenergieverbrauch von Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerken

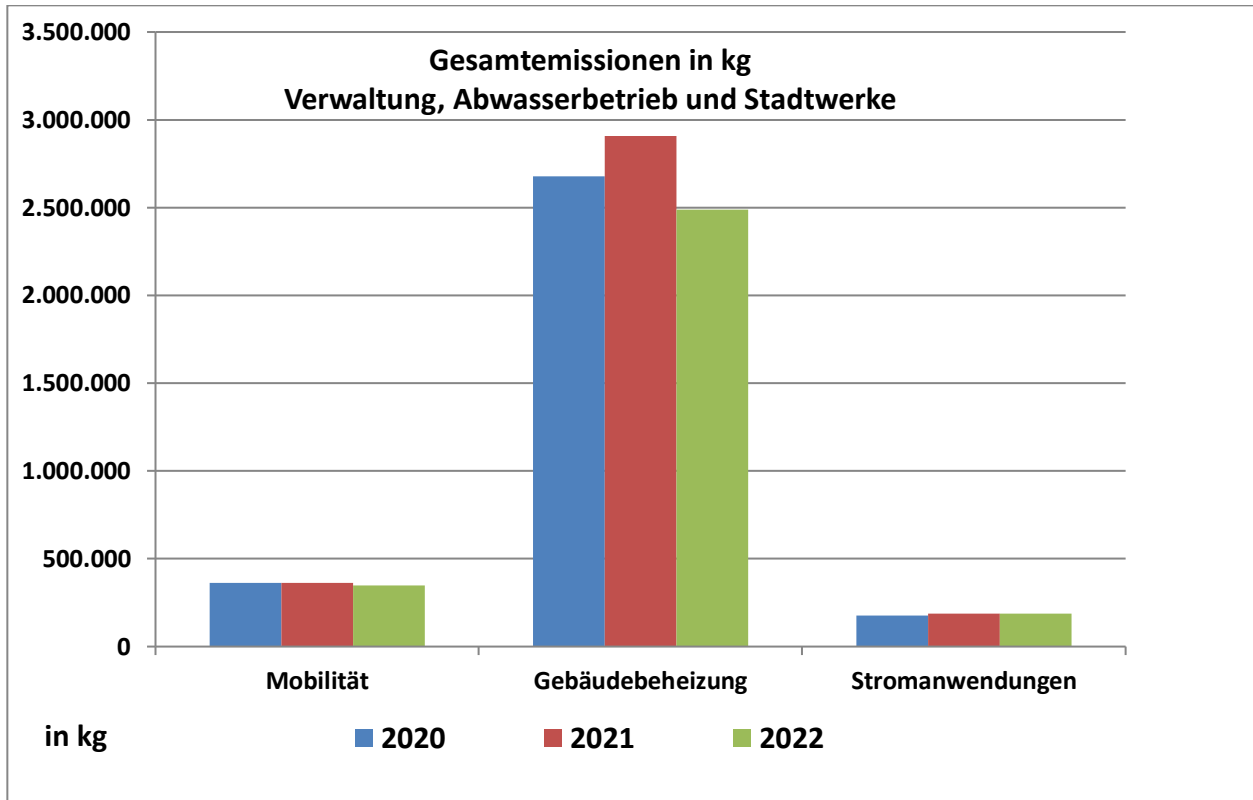


Abb. B4 Gesamt-Endenergieverbrauch von Verwaltung, Abwasserbetrieb und Stadtwerken

Entwicklung Energieverbrauch und Emissionen

Der Gesamtenergieverbrauch über alle Bereiche und Einheiten lag im Jahr 2019 bei rund 15.447.000 kWh (entspricht 15,4 GWh oder 15.447 MWh). In den beiden Corona-Jahren 2020 (17.220.00 kWh) und 2021 (18.335.000 kWh) stieg der Verbrauch vor allem bei der Gebäudeheizung deutlich an.

Die Hauptgründe liegen in dem erhöhten Lüftungsbedarf bei vollem Heizbetrieb in den Schulen und Verwaltungen. In der auslaufenden Corona-Zeit in 2022 sank der Verbrauch deutlich auf 15.118.000 kWh ab. Dies liegt rund 2% unterhalb des Wertes der „Vor-Corona-Zeit“.

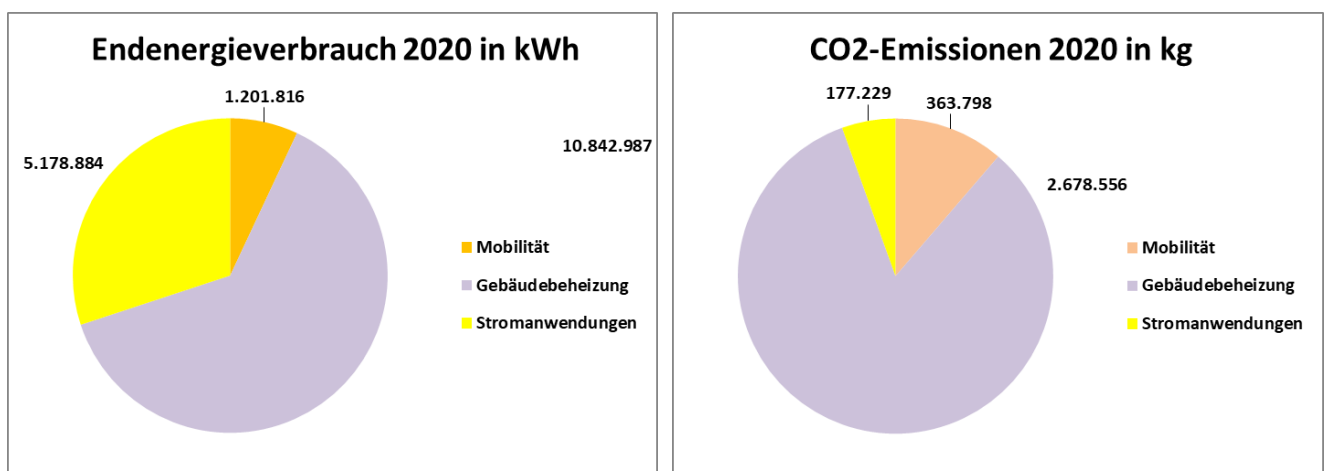


Abb. B5 Gesamt-Endenergieverbrauch und Emissionen 2020 nach Bereichen

Verteilung Energieverbrauch und Emissionen

Die Abb. B5 zeigt, dass die Gebäudebeheizung den Energieverbrauch zu rund zwei Drittel bestimmt, die Stromwendungen rund ein Drittel einnehmen und dass Mobilität eine deutlich untergeordnete Rolle (7-8%) einnimmt (Beispieljahr 2020, die Verteilung in den übrigen Jahren ist nahezu identisch).

Abb. B5 macht auch die Auswirkungen des Einsatzes unterschiedlicher Energieträger auf die Emissionen deutlich. Im Bereich Gebäudebeheizung treibt Gas als dominierender Energieträger den Emissionsanteil auf über drei Viertel hoch. Gleichzeitig sorgen der Einsatz und die Eigenerzeugung von Ökostrom bei den Stromwendungen dafür, dass der Emissionsanteil der Stromwendungen auf weniger als 6% sinkt. Der Emissionsanteil der Mobilität steigt im Vergleich zum Energieeinsatz deutlich auf ca. 12% an. Grund dafür ist der Dieserverbrauch für die Einsatzfahrzeuge.

Einsatz und Erzeugung von Ökostrom

Die Nutzung regenerativer Energien trägt in sehr erheblichem Maße zur Reduzierung der Emissionen bei. Das ist vor allem der von allen Einheiten zu 100% von den Stadtwerken Warendorf bezogene, zertifizierte Ökostrom. Aber auch die regenerativen Anlagen (PV / Mikrogasturbinen / Wasserrad) der Abwasserbetriebe wie auch der Stadtwerke (PV) tragen erheblich zum Rückgang der CO₂-Emissionen bei.