



HAGEN

Stadt der FernUniversität
Der Oberbürgermeister

Seite 1

Drucksachennummer:
0702/2023

Datum:
29.08.2023

ÖFFENTLICHE BERICHTSVORLAGE

Amt/Eigenbetrieb:

69 Umweltamt

Beteiligt:

Betreff:

Treibhausgasbilanz der Stadt Hagen

Beratungsfolge:

13.09.2023 Ausschuss für Umwelt-, Klimaschutz und Mobilität

Beschlussfassung:

Beschlussvorschlag:

Die Treibhausgasbilanz der Stadt Hagen wird zur Kenntnis genommen.

Kurzfassung

entfällt

Begründung

Das Treibhausgas (THG) Kohlenstoffdioxid (CO₂) hat sich u. a. aufgrund seiner vergleichsweise einfachen Bestimmbarkeit auf Basis verbrauchter fossiler Energieträger in der Kommunikation von Klimaschutzaktivitäten bzw. -erfolgen als zentraler Leitindikator herausgebildet. Die Energie- und THG-Bilanzierung stellt für Kommunen, Kreise und ganze Regionen ein zentrales Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dar, um Klimaschutzaktivitäten zu konzeptionieren bzw. ihre Umsetzung in Form eines Monitorings zu überprüfen. Im Rahmen des regionalen Klimaschutzkonzeptes zur „Erschließung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale in der Metropole Ruhr“ wurde im Jahr 2016 vom Regionalverband Ruhr (RVR) erstmalig eine Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Hagen und die anderen 52 Kommunen sowie für die vier Kreise der Metropole Ruhr erarbeitet – mit Bezugsjahr 2012.

Im Rahmen der aktuellen Fortschreibung wurden für die Bezugsjahre 2018 bis 2020 grundlegend neue Daten erhoben, ausgewertet und bilanziert. Die Zeitreihe der Bezugsjahre 2012 bis 2017, für die in der Vergangenheit bereits eine Bilanz vorlag, wurde hingegen methodisch an aktuell gültige Vorgehensweisen angepasst und es wurden zudem qualitativ verbesserte Daten eingepflegt. Der hierdurch erzielte Mehrgewinn rechtfertigt die Korrektur der vorhandenen Bilanz und es liegt nun eine in sich konsistente Zeitreihe von 2012 bis 2020 für Hagen und alle anderen Kommunen und Kreise sowie der Metropole Ruhr vor.

In diesem Bericht (Anlage1) werden die zentralen Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz der gesamten Stadt Hagen – beschrieben und interpretiert. Es liegt damit eine detaillierte Einzelauswertung und Interpretation für Hagen vor. Gelegentlich wird auf einen Vergleich bzw. zu Unterschieden zur Metropolregion Ruhr verwiesen.

Auch zukünftig wird der RVR die kommunalen Energie- und THG-Bilanzen für alle 53 Kommunen sowie die vier Kreise im Verbandsgebiet kontinuierlich in einem zweijährigen Turnus fortschreiben, sodass voraussichtlich Ende 2024 die nächste Fortschreibung der Gesamtbilanz für die Metropole Ruhr und die Einzelstädte vorliegen. Die bestehende Zeitreihe (von 2012 bis 2020) wird dementsprechend dann um die Bezugsjahre 2021 und 2022 ergänzt.

Die vorliegende Bilanz zeigt die Endenergieverbräuche der vier relevanten Sektoren Private Haushalte, Gewerbe, Industrie und Verkehr sowie die daraus resultierenden THG-Emissionen der ganzen Stadt auf. Daneben wird auf das zukünftig noch mögliche THG-Budget eingegangen, damit das Pariser 1,5-Grad-Ziel erreicht werden kann und welcher Pfad begangen werden müsste, um Klimaneutralität zu erreichen. In einem zweiten Anhang (Anlage2) werden die umfangreichen methodischen Grundlagen erläutert. Wegen des Umfangs der Anlage wird angeboten, diese Vorlage als erste Lesung zur Kenntnis zu nehmen und in der nachfolgenden Sitzung



nach einer Präsentation zu beraten.

Inklusion von Menschen mit Behinderung

Belange von Menschen mit Behinderung

(Bitte ankreuzen und Teile, die nicht benötigt werden löschen.)

☒ sind nicht betroffen

Auswirkungen auf den Klimaschutz und die Klimafolgenanpassung

(Bitte ankreuzen und Teile, die nicht benötigt werden löschen.)

☒ positive Auswirkungen (+)

Kurzerläuterung und ggf. Optimierungsmöglichkeiten:

(Optimierungsmöglichkeiten nur bei negativen Auswirkungen)

Über die Treibhausgasbilanz wird die Tendenz der Entwicklung der Emissionen in der Stadt Hagen dokumentiert und damit etwaige Entscheidungen im Energie- und Klimaschutzbereich vorbereitet.

Finanzielle Auswirkungen

(Bitte ankreuzen und Teile, die nicht benötigt werden löschen.)

☒ Es entstehen weder finanzielle noch personelle Auswirkungen.

gez.

Dr. André Erpenbach, Beigeordneter



HAGEN

Stadt der FernUniversität
Der Oberbürgermeister

Seite 4

Drucksachennummer:

0702/2023

Datum:

29.08.2023

Verfügung / Unterschriften

Veröffentlichung

Ja

Nein, gesperrt bis einschließlich _____

Oberbürgermeister

Gesehen:

**Erster Beigeordneter
und Stadtkämmerer**

Stadtsyndikus

Beigeordnete/r

Amt/Eigenbetrieb:

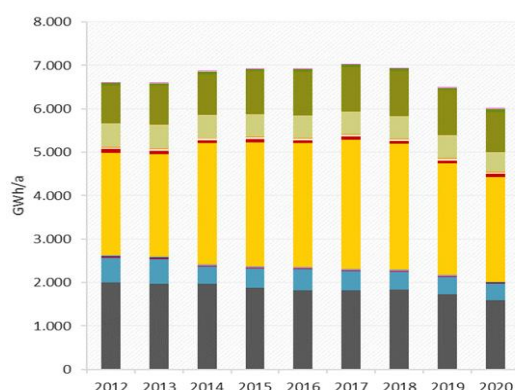
**Die Betriebsleitung
Gegenzeichen:**

Beschlussausfertigungen sind zu übersenden an:

Amt/Eigenbetrieb:

Anzahl:

THG-Bilanz für Hagen 2012-2020



0 Einleitung	1
1 Ausgangslage	1
2. Zentrale Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Hagen	2
2.1 Endenergieverbrauch	2
2.1.1 Private Haushalte	4
2.1.1.1 Strom	5
2.1.1.2 Wärme	5
2.1.2 Wirtschaft	6
2.1.2.1 Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)	6
2.1.2.2 Industrie (verarbeitendes Gewerbe)	7
2.1.2.3 Kommunale Einrichtungen	7
2.1.3 Verkehr	9
2.2 Treibhausgas (THG)-Emissionen	11
2.2.1 THG-Emissionen je Einwohner	12
2.2.2 THG-Emissionen in Hagen, in der Metropole Ruhr im Vergleich mit NRW und der BRD	12
2.3 Erneuerbare Energien	14
2.3.1 Strom	14
2.3.2 Wärme	16
3 Ziele der THG-Emissionsminderung	17
3.1 CO ₂ -Budget (entsprechend dem Pariser 1,5°-Ziel)	17
3.2 Treibhausgas-(THG)-Neutralität	19
4 Zusammenfassung	21

0 Einleitung

Mit Hilfe der Klimaforschung lassen sich Schwankungen des globalen Klimas für die letzten 500 Mio. Jahre der Erdgeschichte rekonstruieren. Dabei wurde von der Wissenschaft eine deutliche Abhängigkeit der Temperatur vom CO₂-Gehalt in der Atmosphäre nachgewiesen. Seit ca. 3 Jahrzehnten wird eine deutliche Erhöhung der Lufttemperatur in Bodennähe (Treibhauseffekt) beobachtet, die sich deutlich durch „anthropogene“, vom Menschen verursachte, Einflüsse verstärkt. Dies wird nach den Aussagen des IPCC eine extreme Veränderung der Lebensbedingungen auf der Erde auslösen.

Durch den Menschen werden Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) aus der Vieh- und Landwirtschaft erzeugt. Bei CO₂ spricht man daher von energetischen Emissionen. Sie sind in der Bilanzierung dargestellt. Die nicht energetischen Emissionen von Methan und Lachgas werden nicht betrachtet.

1 Ausgangslage

Das Treibhausgas (THG) Kohlenstoffdioxid (CO₂) hat sich u. a. aufgrund seiner vergleichsweise einfachen Bestimmbarkeit auf Basis verbrauchter fossiler Energieträger in der Kommunikation von Klimaschutzaktivitäten bzw. -erfolgen als zentraler Leitindikator herausgebildet. Die Energie- und THG-Bilanzierung stellt für Kommunen, Kreise und ganze Regionen ein zentrales Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dar, um Klimaschutzaktivitäten zu konzeptionieren bzw. ihre Umsetzung in Form eines Monitorings zu überprüfen.

Im Rahmen des regionalen Klimaschutzkonzeptes zur „Erschließung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale in der Metropolregion Ruhr“¹ wurde im Jahr 2016 erstmalig eine Energie- und THG-Bilanz für alle 53 Kommunen sowie für die vier Kreise der Metropolregion Ruhr erarbeitet – mit Bezugsjahr 2012. Um etwaige Erfolge und/ oder Missstände hinsichtlich Klimaschutz-Aktivitäten in den Kommunen, Kreisen und somit der gesamten Metropolregion Ruhr in den vergangenen Jahren nachhalten und evaluieren zu können, wurde die bestehende Energie- und THG-Bilanz nun zum zweiten Mal fortgeschrieben, sodass die Gesamtbilanz – Stand Dezember 2022 – die Zeitreihe von 2012 bis 2020 umfasst.

Im Rahmen der aktuellen Fortschreibung wurden für die Bezugsjahre 2018 bis 2020 grundlegend neue Daten erhoben, ausgewertet und bilanziert. Die Zeitreihe der Bezugsjahre 2012 bis 2017, für die in der Vergangenheit bereits eine Bilanz vorlag, wurde hingegen methodisch an aktuell gültige Vorgehensweisen angepasst (*Anlage Methodenteil*) und es wurden zudem qualitativ verbesserte Daten eingepflegt. Der hierdurch erzielte Mehrgewinn rechtfertigt die Korrektur der vorhandenen Bilanz und es liegt nun eine in sich konsistente Zeitreihe von 2012 bis 2020 für alle Kommunen und Kreise sowie für die gesamte Metropolregion Ruhr vor.

Auch zukünftig schreibt der Regionalverband Ruhr (RVR) die kommunalen Energie- und THG-Bilanzen für alle 53 Kommunen sowie die vier Kreise im Verbandsgebiet kontinuierlich in einem zweijährigen Turnus fort, sodass voraussichtlich Ende 2024 die nächste Fortschreibung der Gesamtbilanz für die Metropolregion Ruhr vorliegt. Die bestehende Zeitreihe (von 2012 bis 2020) wird dementsprechend dann um die Bezugsjahre 2021 und 2022 ergänzt (vgl. **Abbildung 1**).

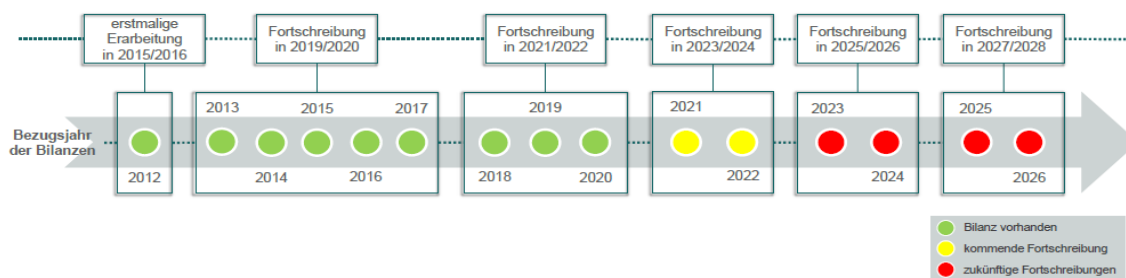


Abbildung 1: Kontinuierliche Fortschreibung der Treibhausgasbilanz durch den RVR

¹vgl. https://www.rvr.ruhr/fileadmin/user_upload/01_RVR_Home/02_Themen/Umwelt_Oekologie/Klima/Dokumente/2016_Klimaschutzkonzept_lang_RVR.pdf

2. Zentrale Ergebnisse der Energie- und THG-Bilanz für die Stadt Hagen

In den nachfolgenden Abschnitten werden ausschließlich die zentralen Ergebnisse für die Gesamtbilanz für Hagen dargestellt und beschrieben. Hierbei wird zunächst auf den Endenergieverbrauch in der Stadt eingegangen (vgl. **Kapitel 2.1**), aus dem sich die daraus resultierenden THG-Emissionen (vgl. **Kapitel 2.2**) zusammensetzen. **Kapitel 2.3** wirft zudem ein Augenmerk auf die Entwicklung des Ausbaus der erneuerbaren Energien – als eine wichtige Stellschraube der Energiewende (~Übergang von der Nutzung fossiler Energieträger sowie der Kernenergie hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung mittels erneuerbarer Energien).

2.1 Endenergieverbrauch

Die Abbildung 2 veranschaulicht die Entwicklung des gesamten Endenergieverbrauchs in der Stadt Hagen zwischen den Jahren 2012 und 2020. Dieser entspricht der Summe aller Verbrauchssektoren. Während der Energieverbrauch zwischen 2012 und 2017 auf einem Niveau von ca. 6.600 bis 7.000 GWh/a lag (mit insgesamt leicht ansteigender Tendenz), konnte in den Jahren 2018 bis 2020 ein deutlicher Rückgang verzeichnet werden. Zurückzuführen ist dies insb. auf einen rückläufigen Verbrauch an, Benzin, Heizöl und insbesondere Strom im industriellen Sektor. Das war durch die im Frühjahr 2020 einsetzende Corona-Pandemie begründet, wodurch z. B. im Bereich der Wirtschaft an vielen Stellen deutlich weniger produziert wurde und auch das Mobilitätsverhalten vieler Menschen stark eingeschränkt war.

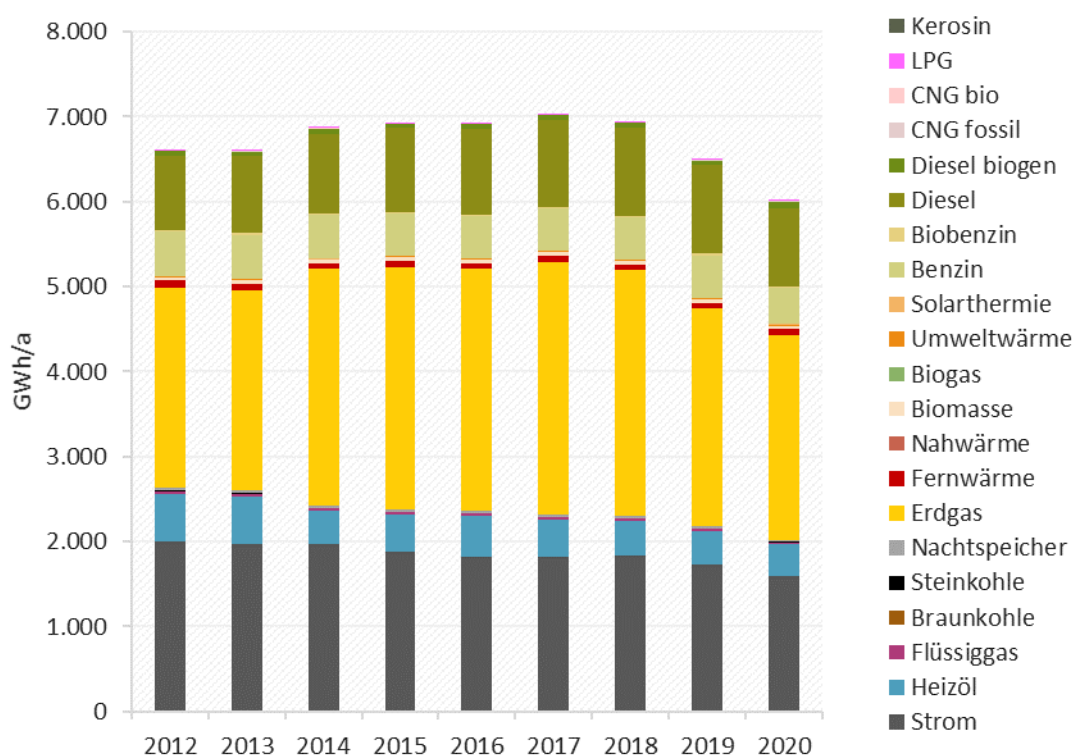


Abbildung 2: Endenergieverbrauch in HAGEN – differenziert nach Energieträgern

Anmerkung: Die Anteile einiger Energieträger am gesamten Endenergieverbrauch sind so gering, dass diese – in Relation zu Energieträgern mit großen Anteilen am Endenergieverbrauch – in der Abbildung nicht dargestellt werden können. Dies gilt auch für weitere Abbildungen in diesem Bericht

Die leitungsgebundenen Energieträger zur Wärme- und Stromversorgung haben im Jahre 2020 mit zusammen ca. 68 % den größten Anteil am Endenergieverbrauch. 59 % davon entfielen auf Wärmebereitstellungen mittels Erdgas, 1,5 % auf Fern-/ Nahwärme und 0,6 % auf Nachtspeicheröfen. Weitere 39 % sind auf Stromanwendungen zurückzuführen. Der Anteil der fossilen, nicht-leitungsgebundenen Energieträger Heizöl (93 %) und Flüssiggas (< 7 %) belief sich auf zusammen fast 7 % des Endenergieverbrauchs. Hohe auf Kohle basierende Endenergieverbräuche sind nahezu ausschließlich für den industriellen Sektor außerhalb Hagens mit der im Ruhrgebiet ansässigen, energieintensiven Schwerindustrie zu verzeichnen. Insgesamt lassen sich in der Zeitreihe von 2012 bis 2020 rückläufige Verbräuche der fossilen, nicht-leitungsgebundenen Energieträger feststellen.

Bei den in Hagen zu Heiz- und Prozessanwendungszwecken verwendeten erneuerbaren Energien (Biomasse, Biogas, Solarthermie und Umweltwärme) ist – über die Zeitreihe von 2012 bis 2020

betrachtet – lediglich ein geringer Anstieg zu erkennen, so dass die erneuerbaren Energien im Jahre 2012 weniger als 1 % mit 0,8% und 2020 auf 1 % des gesamten Wärmeenergieverbrauchs ausmachten.

Die Kraftstoffe hatten im Jahre 2020 einen Anteil von zusammen 24 % am Endenergieverbrauch. 17 % hiervon sind auf Diesel (inkl. biogenem Anteil) zurückzuführen, 7 % auf Benzin (inkl. biogenem Anteil) und weniger als 2 % auf Kerosin und Erdgas (CNG) bzw. Flüssiggas (LPG).

Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren können vielfältige Ursachen haben, z. B. aufgrund von

- witterungsbedingten Gegebenheiten,
- Bevölkerungsentwicklung,
- Veränderungen des Verbrauchsverhaltens (z. B. Trend zur Vergrößerung des Wohnraums, neue strombetriebene Anwendungen etc.),
- Bewusstseinswandel (z. B. hin zu mehr Klimaschutz und Energieeinsparungen),
- Effizienzsteigerungen (z. B. energieeffiziente Geräte/ Heizungsanlagen),
- Energetische Sanierungen von Gebäuden,
- Ab- und Zuwanderung von Betrieben oder konjunkturelle Entwicklungen sowie
- Veränderungen im Verkehrssektor (z. B. durch eine steigende Anzahl an Pkw oder dem Ausbau des ÖPNV)

und werden in den nachfolgenden Kapiteln (vgl. **Kapitel 2.1.1** bis **Kapitel 2.1.3**) im Detail beschrieben.

Abbildung 3 zeigt zusammenfassend die sektorale Verteilung des beschriebenen Endenergieverbrauchs.

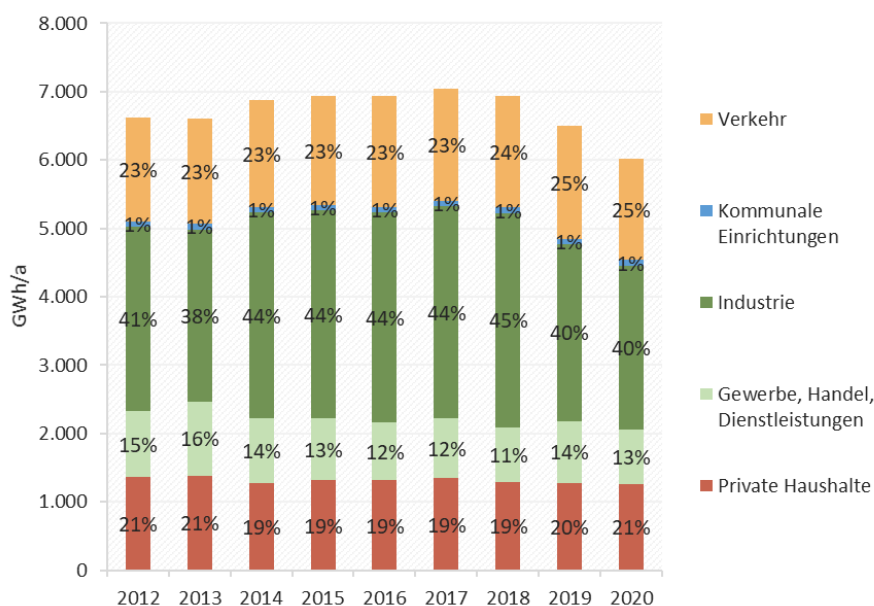


Abbildung 3: Endenergieverbrauch in Hagen – differenziert nach Sektoren

Es wird ersichtlich, dass im Jahre 2020

- 40 % des Endenergieverbrauchs auf den Sektor der Industrie entfielen, (57 % in der Metropole Ruhr)
- 21 % auf den Sektor der privaten Haushalte, (17 % in der Metropole Ruhr)
- 25 % auf den Verkehrssektor sowie (16 % in der Metropole Ruhr)
- 13 % auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) (10 % in der Metropole Ruhr)

Der Energieverbrauch von öffentlichen Liegenschaften ist mit etwa 1,3 % daher im Sektor GHD (vgl. **Kapitel 2.1.2.1**) enthalten, der Kraftstoffverbrauch der kommunalen Flotte hingegen im Verkehrssektor (vgl. **Kapitel 2.1.3**). In der Summe macht der Wärme-, Strom und Kraftstoffverbrauch der öffentlichen Verwaltungen ca. 1,4 % des Endenergieverbrauchs in Hagen aus.

2.1.1 Private Haushalte

In der Zeitreihe von 2012 bis 2020 lässt sich im Sektor der privaten Haushalte ein insgesamt rückläufiger Endenergieverbrauch erkennen (vgl. **Abbildung 4**). Während sich der Endenergieverbrauch im Jahre 2012 noch auf ca. 1.366 GWh summierte, konnte dieser bis zum Jahre 2020 leicht auf ca. 1.267 GWh reduziert werden, was einem Rückgang um 7 % im Vergleich zu 2012 entspricht. Auffallend ist hier die Entwicklung des Heizölverbrauchs von 375 auf 247 GWh/a, was einem Rückgang um 34 % entspricht. Dagegen stieg der Erdgasverbrauch um 11 % von 576 auf 642 GWh.

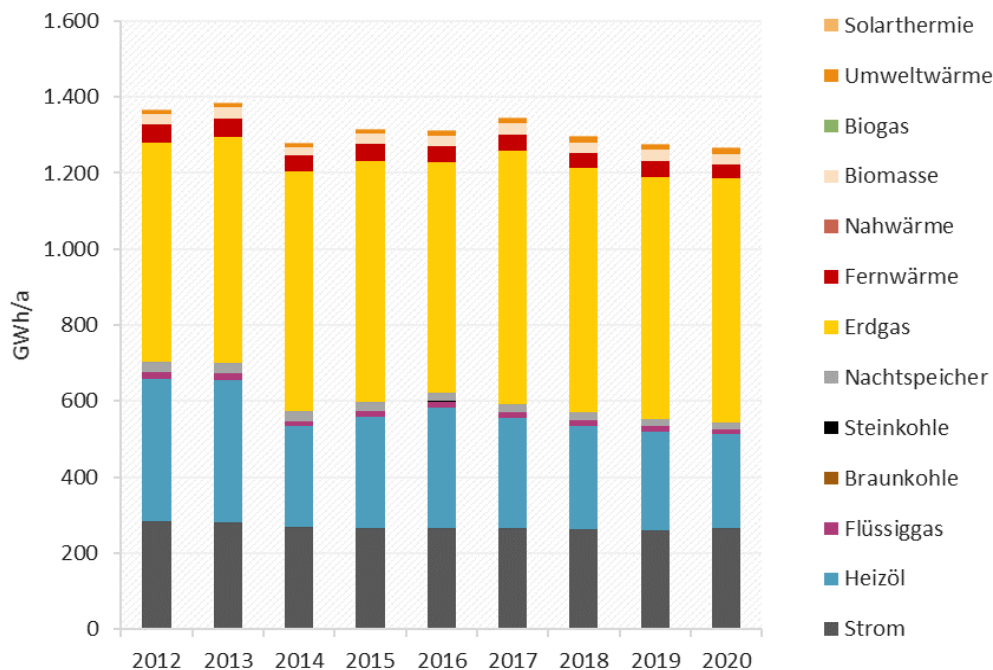


Abbildung 4: Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor der privaten Haushalte

Die Bevölkerungsentwicklung ist ein entscheidender Faktor, der den Energieverbrauch im Sektor der privaten Haushalte beeinflusst, da jeder Einwohner in seinem Alltag elektrische Geräte verwendet, den eigenen Wohnraum beheizt, etc.

Anhand von **Abbildung 5** wird deutlich, dass im Jahre 2015 ein spürbarer Anstieg der Bevölkerungszahl in der Stadt Hagen stattgefunden hat – zurückzuführen insbesondere auf die europäische Flüchtlingskrise in den Jahren 2015/2016 und dem daraus resultierenden, deutschlandweiten Bevölkerungszuwachs.

Vom Jahr 2014 auf das Jahr 2015 konnte in Hagen z. B. ein Anstieg der Einwohnerzahl von ca. 186.716 auf 189.044 Einwohner verzeichnet werden. Dieser Zuwachs von 2.328 Einwohner innerhalb eines Jahres entspricht in seiner Größenordnung etwa der Einwohnerzahl des Stadtteils Hagen-Dahl.

In der Metropole Ruhr stieg die Einwohnerzahl im selben Zeitraum von ca. 5,05 Mio. auf ca. 5,11 Mio., was mit rund 60.000 Einwohnern ebenfalls einem Anstieg von rund 1,2 % und der Größenordnung der Einwohner der Stadt Unna entsprach.

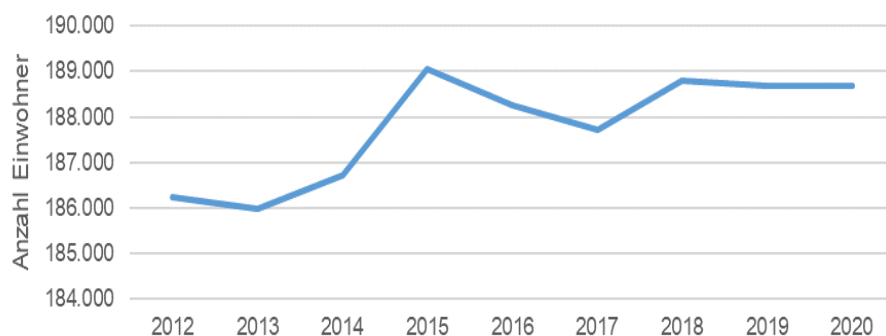


Abbildung 5: Entwicklung der Bevölkerungszahl in HAGEN

2.1.1.1 Strom

Ab dem Jahr 2013 konnte ein leichter Rückgang des Stromverbrauchs in privaten Haushalten ermittelt werden (vgl. **Abbildung 4** und **Abbildung 6**). Dieser ist ab 2018 bis 2019 dann bei rund 262 GWh konstant geblieben, im Jahr 2020 jedoch wieder leicht angestiegen, was sehr wahrscheinlich auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen ist. Insbesondere der Berufsalltag vieler Menschen wurde durch die Pandemie stark beeinflusst, da aufgrund von Kurzarbeit und/oder der Möglichkeit im Homeoffice zu arbeiten, häufig deutlich mehr Zeit zu Hause verbracht wurde. Dies führte entsprechend dazu, dass vermehrt Elektrogeräte in den Haushalten genutzt wurden oder dass Beleuchtungen angeschaltet wurden und den Stromverbrauch steigerten.

Energieträger / Jahr	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Einheit
Strom	284,59	282,51	269,42	267,35	266,31	267,74	262,99	261,12	265,90	GWh

Abbildung 6: Stromverbrauch der privaten Haushalte in HAGEN

2.1.1.2 Wärme

Zwar beheizt aktuell noch ein nicht zu vernachlässigender Teil der Bevölkerung den eigenen Wohnraum mittels des nicht-leitungsgebundenen Energieträgers Heizöl, im Laufe der Jahre konnte aber bereits ein spürbarer Rückgang verzeichnet werden. Stattdessen werden vermehrt Erdgas, Fernwärme oder erneuerbare Energien eingesetzt.

Insbesondere die witterungsbedingten Gegebenheiten (also die Aussage darüber, ob ein einzelnes Jahr – im Vergleich zum langjährigen Mittel – ein „kaltes“, „warmes“ oder „durchschnittlich warmes“ Jahr war) haben große Auswirkungen auf den Wärmeverbrauch im Sektor der privaten Haushalte. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass, je „wärmer“ ein Jahr ist, umso weniger Energie benötigt wird, um Wohnraum entsprechend zu heizen. Demgegenüber können Hitzewellen in Sommermonaten dazu führen, dass vermehrt Energie für den Kühlungsbedarf bzw. die Klimatisierung von Räumlichkeiten verwendet wird.

Abbildung 7 stellt zunächst die Entwicklung der Gradtagzahlen² für Hagen im Verhältnis zum langjährigen klimatischen Mittel dar.³ Im Trend über den 30-jährigen Zeitraum von 1990 bis 2020 lässt sich festhalten, dass das Verhältnis der Gradtagzahlen zum langjährigen klimatischen Mittel geringer wird, die einzelnen Jahre somit potenziell immer wärmer werden. Demnach ist der Wärmeverbrauch in den verhältnismäßig wärmsten Jahren 2014 (Gradtagzahl 2.893) oder 2020 (Gradtagzahl 2.822) am geringsten. Demgegenüber weist das Jahr 2013 (Gradtagzahl 3.601) mit der höchsten Gradtagzahl den größten Wärmeverbrauch auf.

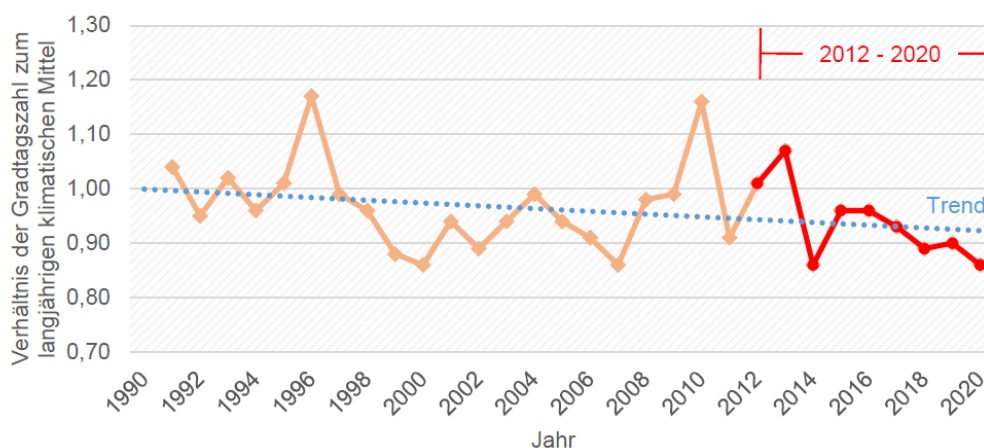


Abbildung 7: Entwicklung der Gradtagzahlen in der Metropole Ruhr (gewichtetes Mittel anhand von mehreren Wetterstationen im zentralen Ruhrgebiet)

² Gradtagzahlen werden zur Berechnung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes während der Heizperiode herangezogen. Sie stellen den Zusammenhang zwischen der Raumtemperatur und der Außenlufttemperatur für die Heiztage eines Bemessungszeitraums dar.

³ vgl. <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/#c205>

2.1.2 Wirtschaft

Einfluss auf den Endenergieverbrauch im Bereich der Wirtschaft haben neben lokalen Zu- und Abwanderungen von Unternehmen auch konjunkturelle Entwicklungen (sowohl steigende als auch rückläufige Konjunktur). Zudem spielen bereits durchgeführte Maßnahmen in Unternehmen (z. B. zur Steigerung der Energieeffizienz) und gesamtstrukturelle Veränderungen eine bedeutende Rolle, z. B. bei einem mittel- bis langfristigen Rückgang des produzierenden Gewerbes und einem Zuwachs der Dienstleistungsbranche.

Es lässt sich festhalten, dass – analog zum Bevölkerungswachstum (vgl. **Abbildung 5**) – die absolute Anzahl an sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Zeitraum von 2012 bis 2020 gestiegen ist rund 70.000 (um ca. 3.000 Beschäftigte, was einem Zuwachs um ca. 4,5 % entspricht).⁴ Zudem deutet sich eine strukturelle Verschiebung hin zum tertiären Wirtschaftssektor an, da insbesondere in den Branchen des Gesundheits- und Sozialwesens sowie der wirtschaftlichen Dienstleistungen ein deutlicher Zuwachs an Beschäftigten zu erkennen ist, wohingegen im verarbeitenden Gewerbe rückläufige Beschäftigtenzahlen verzeichnet werden können.

2.1.2.1 Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) ist sämtlicher stationäre Endenergieverbrauch erfasst, der von den lokalen Netzbetreibern (Strom, Erdgas, Nah-/Fernwärme) auf kommunaler Ebene übermittelt wurde bzw. der anhand der Daten des Schornsteinfegerhandwerks zu den nicht-leitungsgebundenen Energieträgern errechnet wurde und der nicht dem Sektor der privaten Haushalte (vgl. **Kapitel 2.1.1**) zuzuordnen ist.

Anhand von **Abbildung 8** lässt sich über die Zeitreihe von 2012 bis 2020 ein um fast 19% rückläufiger Endenergieverbrauch im Sektor GHD ausmachen, von ca. 966 GWh im Jahr 2012 auf ca. 785 GWh im Jahr 2020. Rückläufig ist hierbei insbesondere der Stromverbrauch sowie der Verbrauch an fossilen, nicht-leitungsgebundenen Energieträgern (Heizöl, Kohle und Flüssiggas). Zu Heizzwecken und für Prozessanwendungen wird vermehrt Erdgas eingesetzt.

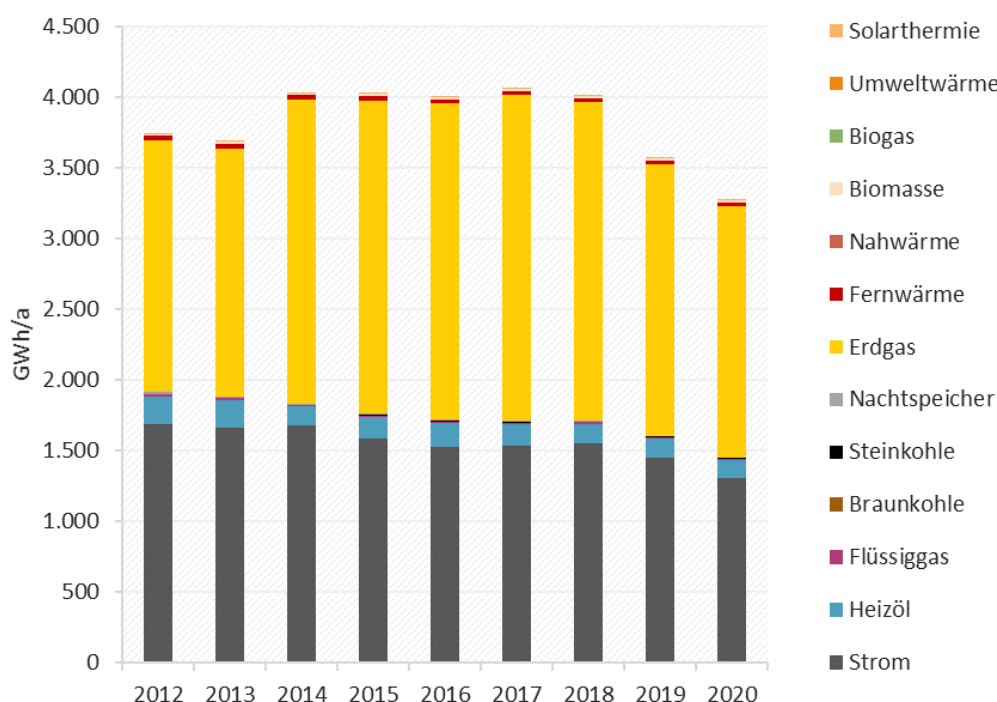


Abbildung 8: Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD), Industrie und Kommunale Einrichtungen

⁴ Quelle: Regionalstatistik Ruhr (vgl. <https://www.rvr.ruhr/daten-digitales/regionalstatistik/>)

2.1.2.2 Industrie (verarbeitendes Gewerbe)

Im industriellen Sektor ist der Endenergieverbrauch der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes, des Bergbaus sowie der Gewinnung von Steinen und Erden erfasst. **Abbildung 9** zeigt, dass sich dieser in Hagen im Jahre 2020 von ca. 2.700 GWh auf rund 2.400 GWh reduziert und somit rund 11 % unter dem Niveau des Jahres 2012 liegt.

Naturgemäß können die verbrauchten Energiemengen insgesamt großen unternehmensbedingten (konjunkturellen) Schwankungen unterliegen. Auffällig in der dargestellten Zeitreihe ist z. B. der im Zeitraum 2018/2019 – im Vergleich zu den angrenzenden Jahren – deutlich geringere Energieverbrauch der Industrie. Hauptgrund hierfür war auch eine in diesem Zeitraum eingeschränkte Produktion nach Corona.

Der Energieträger Kohle hat in Hagen einen marginalen Anteil am Energieverbrauch der Industrie, da insbesondere kohlebasierte Hochöfen in anderen Regionen betrieben werden. Erdgas (57 % bzw. ca. 1.380 GWh) und Strom (41 % bzw. ca. 976 GWh) sind die bedeutenden Energieträger im industriellen Sektor. Fernwärme mit ca. 17 GWh und Heizöl mit 29 GWh tragen nur geringfügig zum Endenergieverbrauch der Industrie bei.

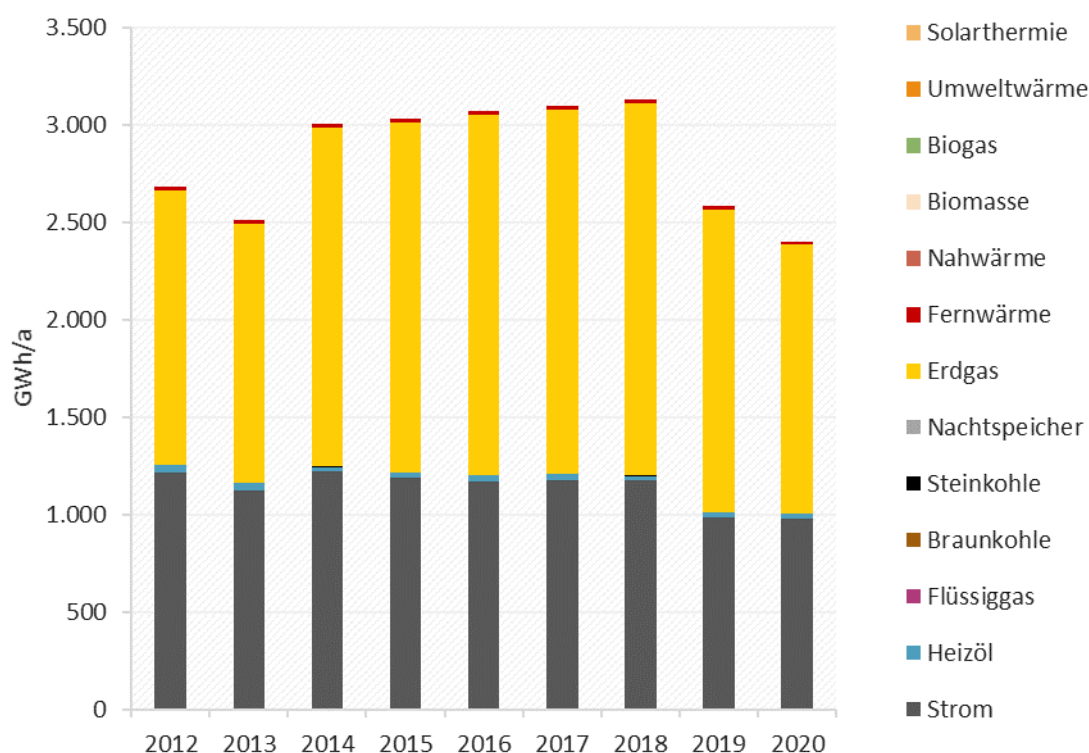


Abbildung 9: Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor Industrie

2.1.2.3 Kommunale Einrichtungen

Abbildung 10 zeigt, dass sich dieser in Hagen im Jahre 2020 auf ca. 80 GWh summiert und somit rund 7 % unter dem Niveau des Jahres 2012 liegt. Auffällig in der in dargestellten Zeitreihe ist der im Zeitraum 2014 – im Vergleich zu den anderen Jahren – deutlich geringere Gasenergieverbrauch. Hauptgrund hierfür war ein im Vergleich zu den anderen Jahren sehr warmes Jahr siehe Kapitel 2.1.1.2.11

Mit 68 % (54 GWh) hat der Energieträger Gas den mit Abstand größten Anteil am Energieverbrauch der Kommunalen Einrichtungen, was insbesondere auf die Umrüstung in den vergangenen Jahren zurückzuführen ist. Strom (mit 22 % bzw. ca. 17,5 GWh) ist der zweite bedeutende Energieträger im kommunalen Sektor. Fernwärme spielt hier mit dem Schul- und Sportkomplex Ischeland sowie zum Beispiel der Gesamtschule Hefle in Hefle eine nicht unerhebliche Rolle mit 4,3 % während die Biomasse durch die Steigerung in 2019 mit einem Anteil von 3,4 % durch das Heizwerk an der Eilper Straße für den WBH sowie für den Forstbetriebshof Im Kurk und die Feuerwehrgarätehäuser eingesetzt wird. Heizöl und Flüssiggas tragen mittlerweile nur noch marginal zum Endenergieverbrauch bei.

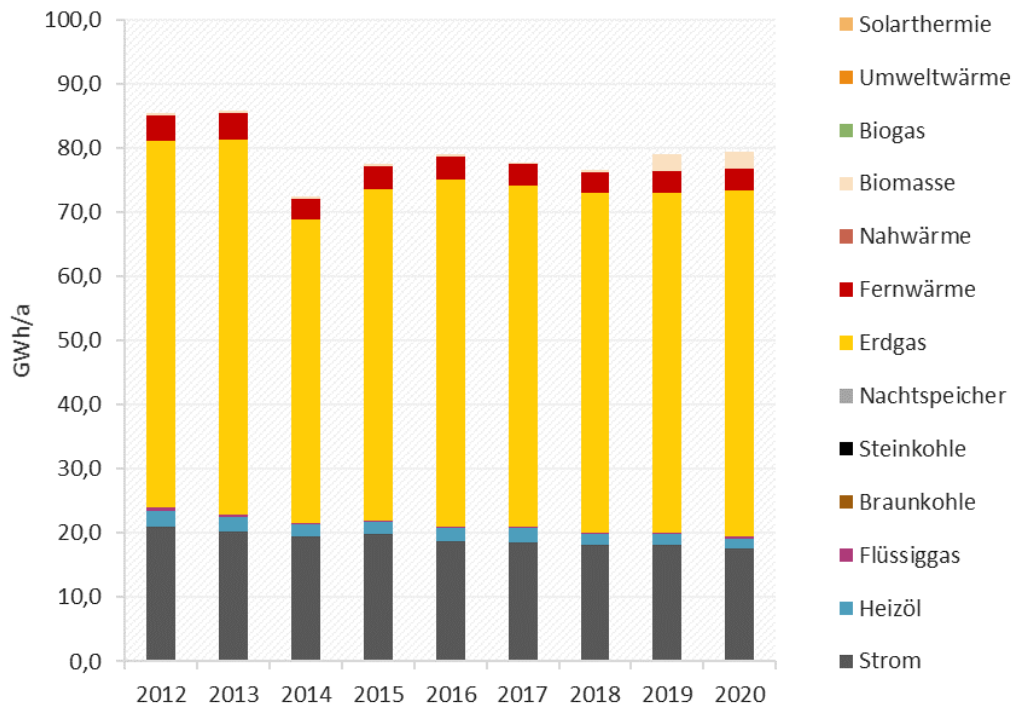


Abbildung 10 : Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor Kommunale Einrichtungen

2.1.3 Verkehr

Für den Verkehrssektor lässt sich anhand von **Abbildung 11** ein Endenergieverbrauch ablesen, der im Jahre 2020 mit 1.479 GWh/a rund 2,4 % unter dem Niveau von 2012 liegt. Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch, dass der Endenergieverbrauch von 2012 bis 2019 zunächst kontinuierlich angestiegen ist – um 9,1 % bis 2019 – und lediglich aufgrund der Corona-Pandemie im Jahre 2020 ein deutlicher Einbruch in den verbrauchten Energiemengen zu verzeichnen ist.

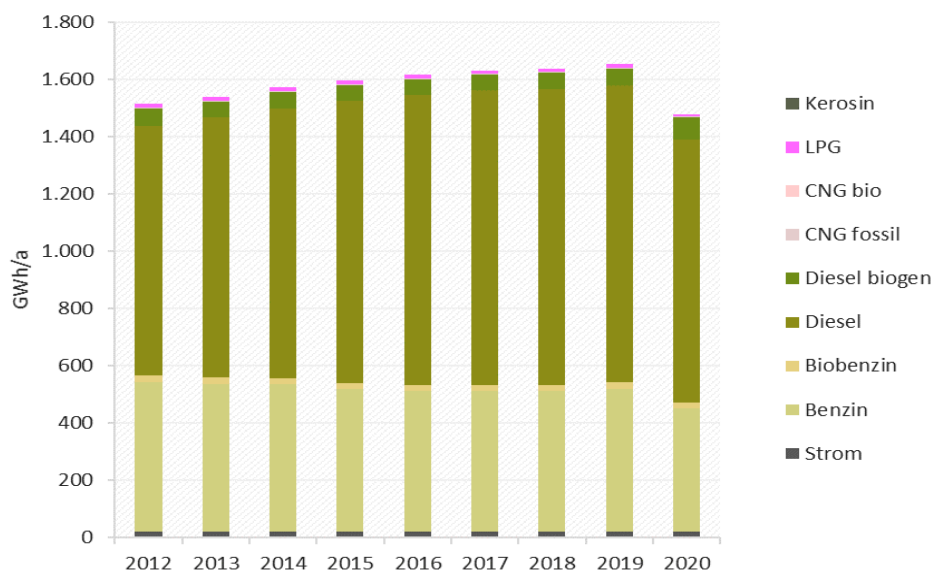


Abbildung 11: Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor Verkehr (differenziert nach Energieträgern)

Bereits seit dem Jahre 2012 ist der Kraftstoff Diesel der dominierende Energieträger im Verkehrssektor. Über die gesamte Zeitreihe betrachtet ist zudem eine Energieträgerverschiebung vom Kraftstoff Benzin hin zu Diesel zu erkennen, so dass Diesel im Jahr 2020 einen Anteil von 62 % am gesamten Endenergieverbrauch im Verkehrssektor ausmachte, Benzin hingegen lediglich 29 %. Zurückzuführen ist der Dieselvebrauch zu großen Teilen auf den Betrieb und die daraus resultierenden Fahrleistungen von LKW und Zugmaschinen (z.B. auch land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen).

Der Anteil an Biokraftstoffen (Biobenzin und Biodiesel) liegt bei 6,5 %. Strom-, erdgas- und flüssiggasbetriebene Fahrzeuge spielen 2020 – mit zusammen ca. 2,1 % – lediglich eine untergeordnete Rolle im Verkehrssektor (534 E-Fahrzeuge in 2020, Abbildung 15). Der Verbrauch von Kerosin spielt keine Rolle, da entsprechend der BISKO-Methodik (*vgl. Anlage Methodenteil*) der Flugverkehr über die Emissionen der Starts und Landungen auf dem Territorium nur einer betroffenen Kommune erfasst würde (LTO-Zyklus „landing-and-take-off-Zyklus“).

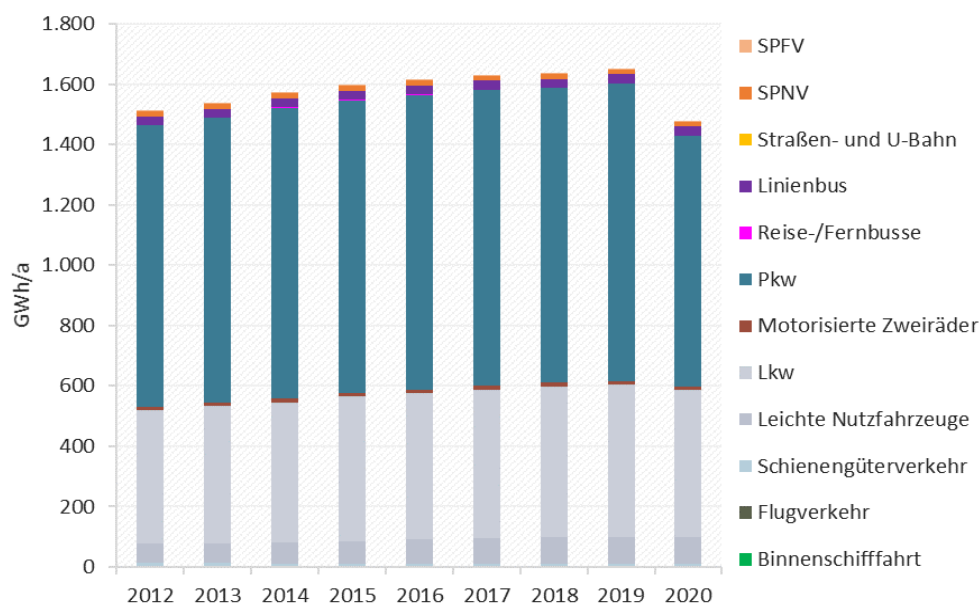


Abbildung 12: Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor Verkehr (differenziert nach Verkehrsmitteln)

Anhand des in **Abbildung 12** nach Verkehrsmitteln differenzierten Energieverbrauchs lässt sich erkennen, dass der durch die Corona-Pandemie bedingte Einbruch im Jahre 2020 in erster Linie auf reduzierte Fahrten mittels PKW zurückzuführen ist. Ohne die Corona-Pandemie würde der Energieverbrauch im Verkehrssektor im Jahre 2020 geschätzt insgesamt ca. 250 GWh höher liegen (= in etwa auf dem Niveau des Jahres 2019).

Der in der Zeitreihe kontinuierlich angestiegene Energieverbrauch (mit Ausnahme vom Jahr 2020) ist ein Resultat der Entwicklung des Bestands an Kraftfahrzeugen in Hagen. **Abbildung 13** zeigt, dass in allen Fahrzeugkategorien ein Zuwachs zwischen den Jahren 2012 und 2020 verzeichnet werden konnte. Die Anzahl an zugelassenen PKW stieg z. B. von ca. 90.000 Fahrzeugen auf 99.900 Fahrzeuge an – ein Zuwachs von fast 10.000 Fahrzeugen (+ 11 %) innerhalb von 9 Jahren. Auch die Bestandszahlen an LKW (+ 17 %), Zugmaschinen (+ 21 %) sowie Krafträdern (+ 7 %) entwickeln sich ansteigend.¹⁴

Zulassungsbezirk	Jahr	Krafträder	Personenkraftwagen		Lastkraftwagen	Zugmaschinen		Sonstige Kfz einschl. Kraftomnibusse	Kraftfahrzeuge insgesamt	Kraftfahrzeuganhänger
			insgesamt	darunter gewerbliche Halter		insgesamt	dar. land-/forstwirtschaftliche Zugmaschinen			
HAGEN,STADT	2020	9.078	99.899	8.714	5.806	1.272	559	740	116.795	8.723
	2012	8.478	90.036	7.152	4.949	1.053	355	647	105.163	7.521

Abbildung 13: Kraftfahrzeugbestand in Hagen nach Fahrzeugkategorien in den Jahren 2012 und 2020

Im Jahre 2022 machten die ca. 100.000 zugelassenen PKW den größten Anteil aller zugelassenen Kraftfahrzeuge in Hagen aus. Diese können anhand von Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) nach Kraftstoffarten differenziert werden.⁵ Mit 70 % war der Großteil der zugelassenen PKW mit dem Kraftstoff Benzin betrieben. Obwohl der Anteil an dieselbetriebenen PKW in Hagen bei lediglich 25 % lag, überstieg der Endenergieverbrauch an Diesel mit 67 % den Verbrauch an Benzin mit 30 % deutlich (vgl. **Abbildung 11**).

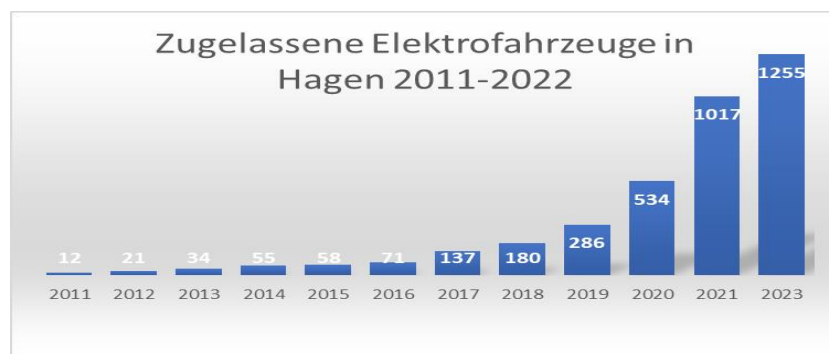


Abbildung 15: Entwicklung des Bestands an zugelassenen Kraftfahrzeugen in HAGEN

Der Beitrag der elektrobetriebenen Kfz macht sich in dem Zeitraum bis 2020 noch nicht bemerkbar (s. **Abbildung 15** mit nur 534 Fahrzeugen). Auch beim Endenergieverbrauch der kommunalen Flotte ist eine leichte Steigerung festzustellen. Aufgrund von Corona nimmt der Verbrauch dann 2020 wieder etwas ab (vgl. **Abbildung 16**).

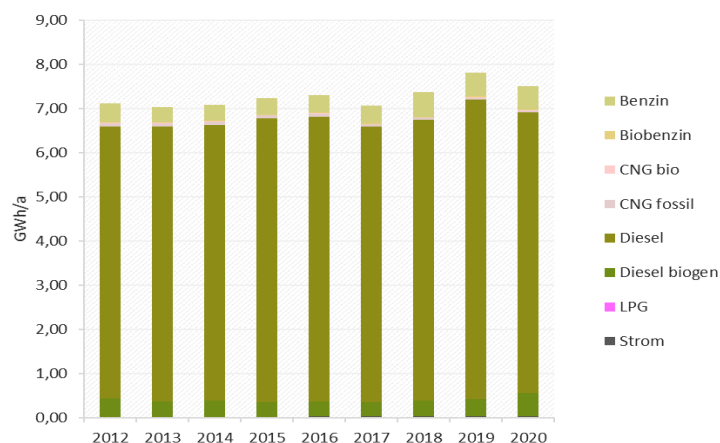


Abbildung 16: Endenergieverbrauch in HAGEN – Sektor Kommunale Flotte

⁵ Vgl. KBA (https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html?nn=1146130)

2.2 Treibhausgas (THG)-Emissionen

Aus der Multiplikation des Endenergieverbrauchs und der Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger lassen sich die in **Abbildung 17** dargestellten THG-Emissionen errechnen. Diese konnten in Hagen zwischen den Jahren 2012 und 2020 um fast 27 % reduziert werden – von ca. 2,6 Mio. Tonnen CO₂eq (im Jahr 2012) auf ca. 1,9 Mio. Tonnen CO₂eq (im Jahr 2020).

Neben dem Endenergieverbrauch, der zwischen 2012 und 2020 verringert werden konnte (vgl. **Kapitel 2.1**), ist einer der Gründe für den spürbaren Rückgang der THG-Emissionen in Hagen der sich kontinuierlich verbessernde Emissionsfaktor des Bundes-Strommix, welcher der THG-Bilanz zu Grunde liegt (vgl. **Anlage Methodenteil**). Insbesondere aufgrund des stetig voranschreitenden Ausbaus der erneuerbaren Energien (sowohl in Hagen, in der Metropole Ruhr als auch landes- und bundesweit) gab es in den vergangenen Jahren deutliche Veränderungen in der Zusammensetzung des Bundes-Strommix. Während der Emissionsfaktor des Bundes-Strommix im Jahre 2012 noch bei 645 g CO₂eq/kWh lag, konnte dieser bis zum Jahre 2020 auf 429 g CO₂eq/kWh verbessert werden (vgl. **Anlage Methodenteil**). Ein gleichbleibender lokaler Stromverbrauch würde somit „automatisch“ zu einer ca. 33 %-igen Reduktion der THG-Emissionen (für Strom) führen, auch wenn lokal keine Veränderungen stattgefunden hätten.

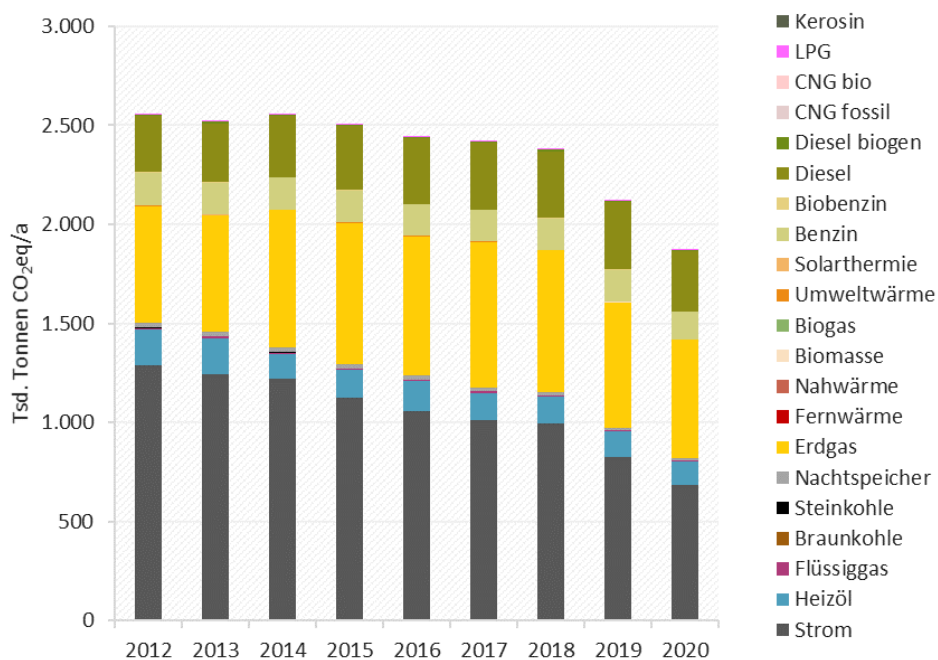


Abbildung 17: THG-Emissionen in HAGEN – differenziert nach Energieträgern

Neben der nach Energieträgern differenzierten Darstellung der THG-Emissionen zeigt **Abbildung 18** zudem die sektorale Verteilung der THG-Emissionen in Hagen

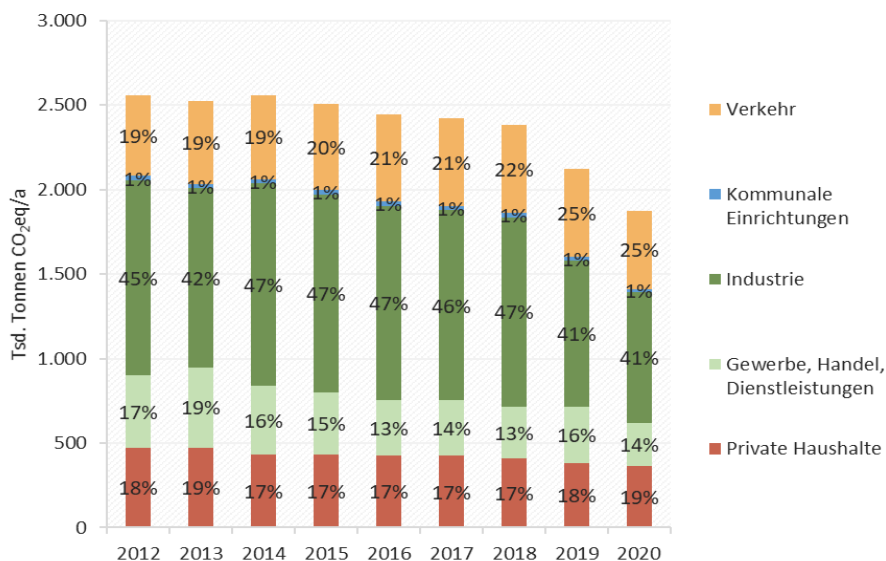


Abbildung 18: THG-Emissionen in HAGEN – differenziert nach Sektoren

Im Jahre 2020 entfielen demnach

- 41 % aller THG-Emissionen auf den auf den Sektor Industrie (63 % in der Metropole Ruhr)
- 19 % auf den Sektor der privaten Haushalte, (14 % in der Metropole Ruhr)
- 25 % auf den Verkehrssektor sowie (14 % in der Metropole Ruhr)
- 14 % auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) (9 % in der Metropole Ruhr)

Analog zum beschriebenen Endenergieverbrauch (vgl. **Kapitel 2.1**) sind auch die aus den öffentlichen Verwaltungen (wie bei den 53 kommunale Verwaltungen sowie vier Kreisverwaltungen) resultierenden THG-Emissionen an dieser Stelle im Sektor GHD (bzgl. der öffentlichen Liegenschaften) bzw. im Verkehrssektor (bzgl. der öffentlichen Flotten) enthalten. In Summe machten diese ca. 1 % der THG-Emissionen in Hagen aus.

2.2.1 THG-Emissionen je Einwohner

Übertragen auf jeden einzelnen Einwohner in Hagen lässt sich – über die Zeitreihe von 2012 bis 2020 betrachtet – ebenfalls ein Rückgang der THG-Emissionen um fast 28 % (19 % in der Metropole Ruhr) errechnen. Während sich die einwohnerbezogenen THG-Emissionen im Jahre 2012 noch auf ca. 13,7 (17,2 Tonnen in der Metropole Ruhr) CO₂eq je Einwohner summierten, lagen diese im Jahr 2020 bei 9,9 Tonnen (13,9 Tonnen in der Metropole Ruhr) CO₂eq/a je Einwohner (vgl. **Abbildung 19**).

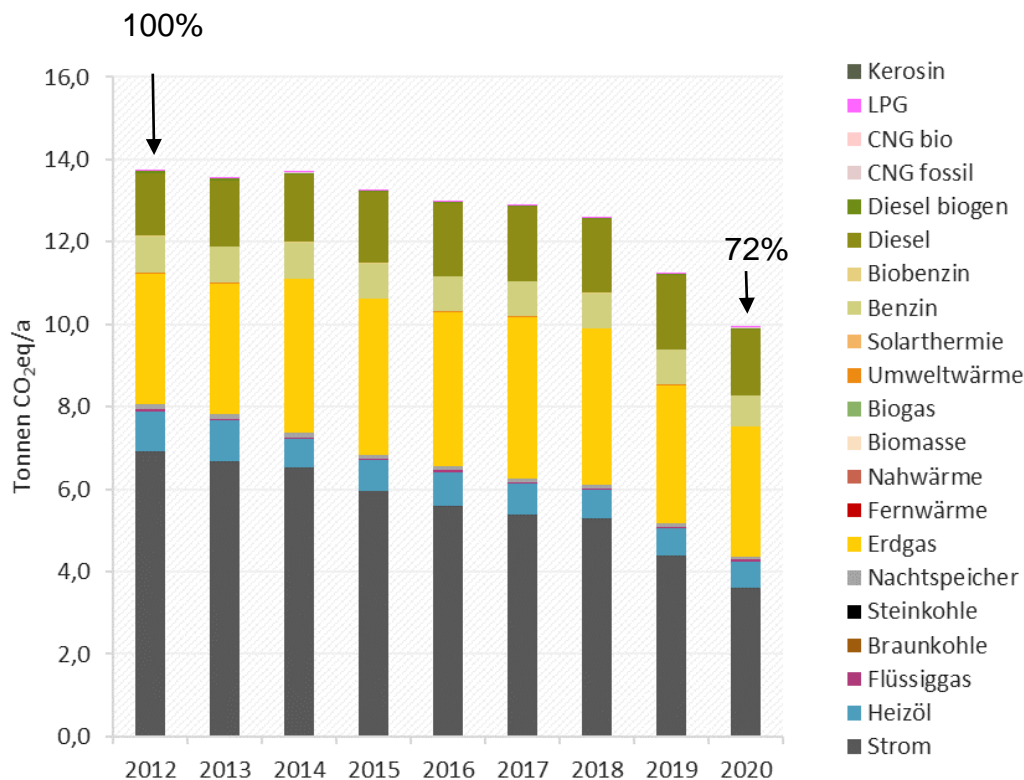


Abbildung 19: THG-Emissionen in HAGEN – je Einwohner und differenziert nach Energieträgern

2.2.2 THG-Emissionen in Hagen, in der Metropole Ruhr im Vergleich mit NRW und der BRD

Für ein Benchmarking von THG-Bilanzen verschiedener Gebietskörperschaften oder administrativer Verwaltungsebenen bietet sich der Indikator der „energiebedingten, einwohnerbezogenen THG-Emissionen“ an. **Abbildung 20** greift daher die in **Kapitel 2.2.1** für das Jahr 2020 beschriebenen, einwohnerbezogenen THG-Emissionen in Hagen und in der Metropole Ruhr auf und stellt diese den entsprechenden THG-Emissionen des Bundeslandes NRW⁶ sowie der Bundesrepublik Deutschland⁷ gegenüber.

⁶ Datenquelle: Energieatlas NRW des LANUV NRW (vgl. https://www.energieatlas.nrw.de/energiestatistik/Pages/Content.aspx?topic=8&subtopic=2#Chart8_2_6Anchor)

⁷ Datenquelle: Umweltbundesamt (vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#treibhausgas-emissionen-nach-kategorien>)

Um eine Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, werden jeweils ausschließlich energiebedingte THG-Emissionen (inkl. CO₂-Äquivalenten für CH₄ und N₂O) aufgeführt. Nicht berücksichtigt werden somit Emissionen

- aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF / land use, land use change and forestry),
- aus der Abfallwirtschaft,
- aus dem internationalen Flugverkehr sowie
- prozessbedingte Emissionen (die bspw. bei bestimmten chemischen Verfahren entstehen).

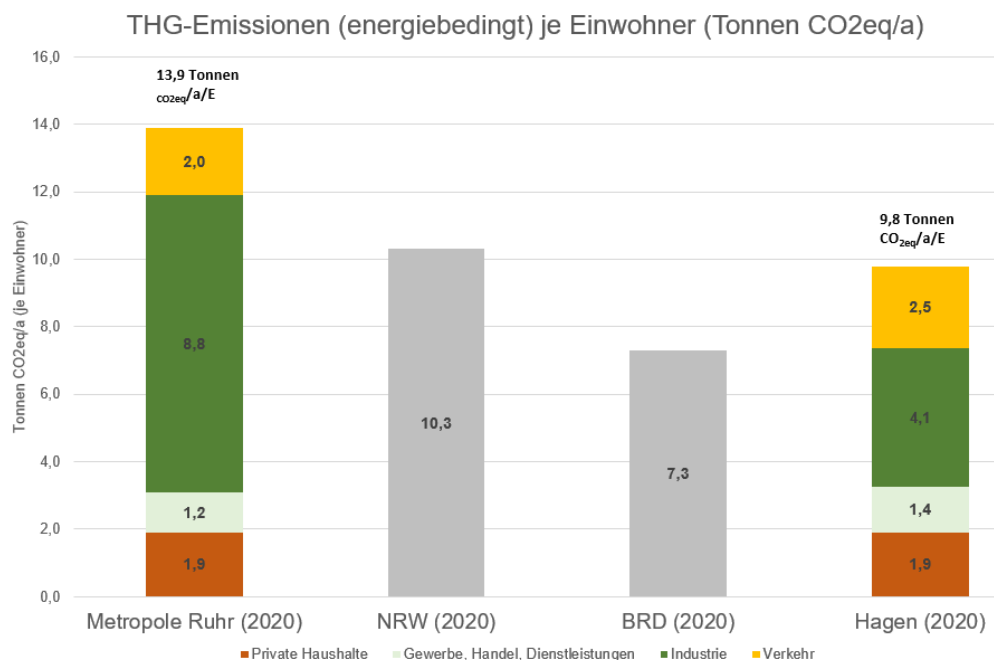


Abbildung 20: THG-Emissionen (energiebedingt) je Einwohner – in Hagen, in der Metropole Ruhr, im Bundesland Nordrhein-Westfalen und in der Bundesrepublik Deutschland (jeweils für das Bezugsjahr 2020)

Es wird deutlich, dass die einwohnerbezogenen THG-Emissionen in Hagen im Jahre 2020 mit 9,8 Tonnen CO₂eq vergleichbar im Rahmen der THG-Emissionen von NRW (10,3 Tonnen CO₂eq) liegen, wohingegen die Differenz zur Bundesrepublik Deutschland (7,3 Tonnen CO₂eq) besteht.

Dass die Emissionen in der Metropolregion höherliegen ist dies in erster Linie auf die sehr energieintensive Industrie zurückzuführen (insb. der Eisen- und Stahlproduktion sowie der Chemieindustrie), die hier vielerorts angesiedelt ist. So „verursacht thyssenkrupp Steel bereits 2,5 % der CO₂-Emissionen in Deutschland, hauptsächlich am Standort Duisburg, an welchem die betriebenen Hochöfen die Hauptemittenten sind.“⁸ Übertragen auf die THG-Bilanz der Metropole Ruhr bedeutet dies, dass alleine der Duisburger Stahlstandort bereits einen Anteil von 20 bis 25 % aller Emissionen in der Metropole Ruhr ausmacht.

⁸ vgl. <https://www.thyssenkrupp.com/de/newsroom/pressemitteilungen/pressemeldung/bp-und-thyssenkrupp-steel-arbeiten-zusammen--um-die-dekarbonisierung-der-stahlproduktion-voranzutreiben-134958>

2.3 Erneuerbare Energien

Ein stetig voranschreitender Ausbau der erneuerbaren Energien, sowohl im Bereich Strom (vgl. **Kapitel 2.3.1**) als auch im Bereich Wärme (vgl. **Kapitel 2.3.2**), ist grundsätzlich als eine der wichtigsten Stellschrauben im Rahmen der Energiewende zu sehen, da durch die Substitution von fossilen Energieträgern und den Einsatz von erneuerbaren Energien kontinuierlich Treibhausgase vermieden werden können.

2.3.1 Strom

In Hagen werden folgende erneuerbaren Energien zur Stromproduktion eingesetzt:

- Photovoltaik (PV) auf Dach- und Freiflächen,
- Wasserkraft,
- Windkraft,
- Deponie-, Klär- und Grubengas sowie
- Biomasse/ Biogas.

Anhand der im Energieatlas NRW des LANUV zusammengetragenen Daten (vgl. **Kapitel 5.4**) zeigt **Abbildung 21** die kumulierte, installierte Gesamtleistung dieser erneuerbaren Energien. Die Zeitreihenbetrachtung veranschaulicht, dass der mit Abstand größte Zuwachs in den vergangenen Jahren im Bereich der Photovoltaik auf Dachflächen sowie der Windkraft stattgefunden hat.

Der auf Basis der installierten Gesamtleistung erneuerbar erzeugte Strom konnte in Hagen dementsprechend von ca. 161 GWh (im Jahr 2012) auf ca. 174 GWh/a (im Jahr 2020) gesteigert werden, was einem Anstieg um fast 8 % entspricht (wobei der Anstieg in der Metropolregion Ruhr ca. 39 % beträgt (vgl. **Abbildung 22**). Geringfügige Schwankungen der Stromerzeugung zwischen einzelnen Jahren können hierbei unterschiedliche Gründe haben. Bei der Photovoltaik trägt z. B. ein sonnenreiches Jahr zu höheren Erträgen bei, wohingegen bei der Windkraft ein windarmes Jahr zu deutlich weniger Windstrom führt.

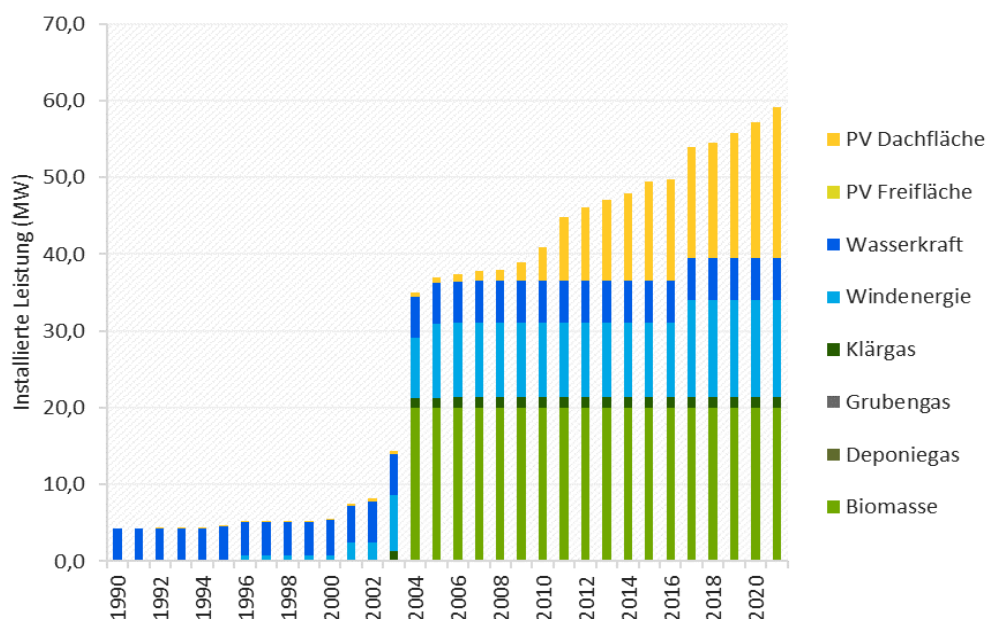


Abbildung 21: Erneuerbare Energien in Hagen – Installierte Leistung (erneuerbare Energien zur lokalen Stromproduktion)

Während die Wasserkraftanlagen schon seit den 90er Jahren verlässlich Strom produzierten, konnte die Windkraft ab 1995 mit der ersten Anlage Strom einspeisen. Ab 2005 waren es 9 Generatoren mit Windkraft und ab 2017 nahm die zehnte Anlage den Betrieb auf. Den Anteil der Biomasse mit über 33 % konnte mit der Inbetriebnahme der Biomasseverstromungsanlage der Mark-E AG in Hagen-Kabel ermöglichen.

Obwohl bei der Photovoltaikanlagenzahl die größte Steigerung erzielt wurde, von 1991 effektiv 0 bis 2020 auf fast 1.200, liegt der Anteil der Stromproduktion der vielen kleineren Anlagen in Hagen bei 9 %.

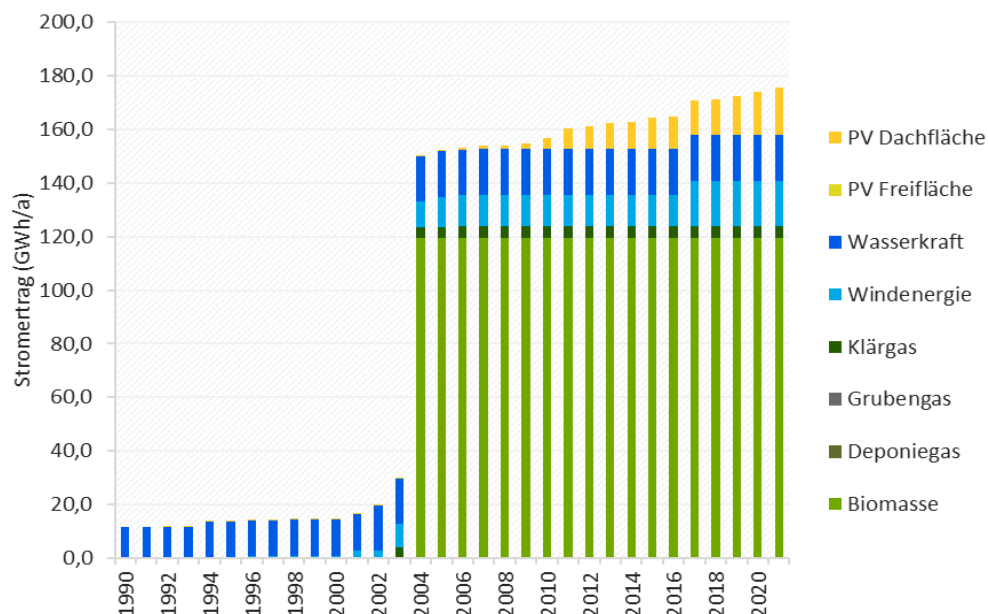


Abbildung 22: erneuerbare Energien in Hagen – Stromertrag (erneuerbare Energien zur lokalen Stromproduktion)

Durch die lokal installierten, stromproduzierenden Anlagen an erneuerbaren Energien wurde im Jahre 2020 ca. 11 % des gesamten Stromverbrauchs in Hagen gedeckt (vgl. **Abbildung 23**). Dieser Anteil konnte seit dem Jahre 2012 (ca. 8 %) zwar um knapp 3 Prozentpunkte gesteigert werden, liegt aber dennoch deutlich unter dem Anteil der erneuerbaren Energien im Bundes-Strommix (45,2 % im Jahr 2020)⁹. Zum einen resultiert dieser Anstieg – wie oben beschrieben – aus dem Ausbau an erneuerbaren Energien, wird aber auch durch den rückläufigen Gesamtstromverbrauch in Hagen begünstigt, der von ca. 2.000 GWh (im Jahr 2012) auf ca. 1.590 GWh (im Jahr 2020) um über 20 % reduziert werden konnte (vgl. zudem **Kapitel 2.1**).

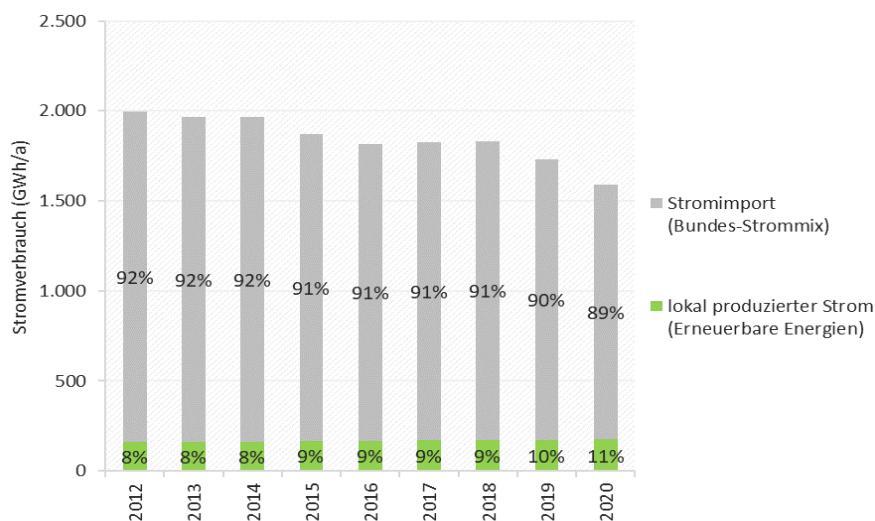


Abbildung 23: erneuerbare Energien in HAGEN – Anteil am Gesamtstromverbrauch

Einzelne Kommunen in der Metropole Ruhr decken bereits heute ihren gesamten jährlichen Stromverbrauch durch lokal installierte Anlagen an erneuerbaren Energien ab. Dies sind vor allem Kommunen in den nördlichen, ländlichen Regionen, in denen insbesondere die Windkraft eine große Rolle spielt. Der in diesen Regionen als Überschuss produzierte Strom kann in Folge dessen genutzt werden, um (benachbarte) Kommunen bei der Nutzung von erneuerbarem Strom zu unterstützen, die ggf. über weniger Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien verfügen¹⁰.

⁹ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

¹⁰ Vgl. Regionales Konzept zur Erschließung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale in der Metropole Ruhr (https://www.rvr.ruhr/fileadmin/user_upload/01_RVR_Home/02_Themen/Umwelt_Oekologie/Klima/Dokumente/2016_Klimaschutzkonzept_lang_RVR.pdf)

2.3.2 Wärme

Analog zu den erneuerbaren Energien zur Stromproduktion (vgl. **Kapitel 2.3.1**) lassen sich auch die zur Bereitstellung von Wärme in Hagen genutzten erneuerbaren Energien abbilden. **Abbildung 24** stellt zunächst die durch erneuerbare Energien erzeugten Wärmemengen¹¹ dar, differenziert nach

- Umweltwärme (mittels Luft- oder Erdwärmepumpen),
- Solarthermie und
- Biomasse.

Diese Wärmemengen konnten von knapp 54 GWh (im Jahr 2012) auf insgesamt 59 GWh (im Jahr 2020) gesteigert werden, was einem Anstieg um ca. 9 % entspricht. Hierbei sind zahlreiche Faktoren zu berücksichtigen, welche die Nutzung von (erneuerbarer) Wärme beeinflussen. Neben witterungsbedingten Gegebenheiten spielen vor allem die zu beheizenden Wohnflächen (auch als Resultat von Bevölkerungsentwicklung)¹² sowie die Ab- und Zuwanderung von Betrieben (mit zu beheizenden Gewerbeflächen sowie ggf. benötigter Wärme zu Produktionszwecken) eine große Rolle.

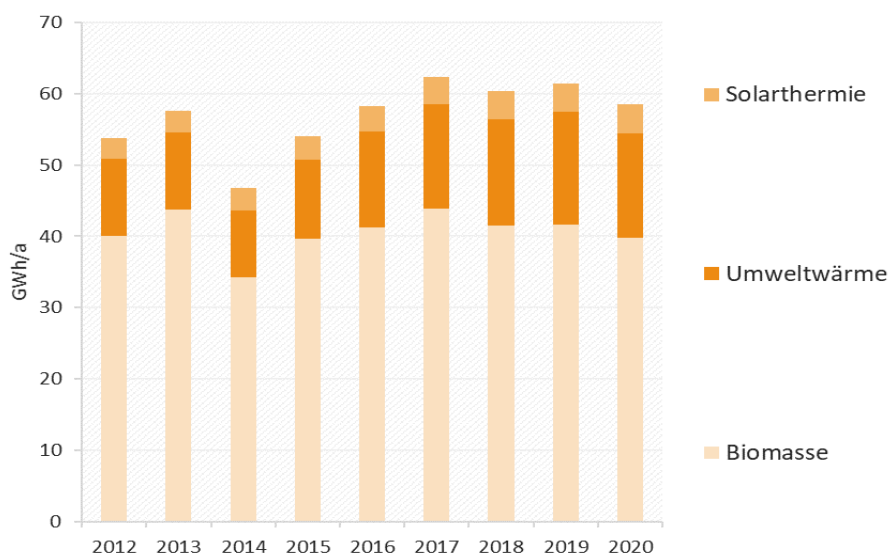


Abbildung 24: Erneuerbare Energien in HAGEN – Wärmeproduktion durch lokale Anlagen

Anhand der in **Abbildung 24** dargestellten Zeitreihenentwicklung der verschiedenen erneuerbaren Energieträger wird deutlich, dass insbesondere bei der Nutzung von Umweltwärme ein deutlicher Zuwachs verzeichnet werden kann – von knapp 11 GWh (im Jahr 2012) auf 14,6 GWh (im Jahr 2020). Während bei Solarthermie ebenfalls ein Zuwachs zu erkennen ist, ist die Nutzung von Biomasse hingegen leicht rückläufig.

Die erneuerbaren Energien machten im Wärmesektor im Jahre 2020 lediglich einen Anteil von ca. 3,4 % am gesamten Wärmeverbrauch der Haushalte in Hagen aus.

Die Wärmeversorgung der Haushalte durch Wärmenetze selbst hat daran einen Anteil von ca. 3 % (**Tabelle 25**). Sie wird in kleinen Teilen ebenfalls durch erneuerbare Energien gespeist bzw. durch die Müllverbrennung (Fernwärmenetz Hefle) oder zurzeit noch durch Erdgas (Heizwerk Emst) und.

	Haushalte		Kommunale Verwaltung	
Nah-/Fernwärme	38,4	GW/h a	6,1	GW/h a
Gesamt Wärme	1.267	GW/h a	80	GW/h a
Anteil Nah-/Fernwärme	3,0%		7,7%	

Tabelle 25: Nah-/Fernwärme in HAGEN – Anteile am Gesamtwärmeverbrauch –

Bei den kommunalen Gebäude, die durch Nahwärmenetze versorgt werden (durch die Holzhackschnitzelfeuerungen des WBH an der Eilper Straße und im Kurk) ist dagegen der Anteil mit 7,7 % mehr als doppelt so hoch und dazu noch regenerativ.

¹¹ Zur Beheizung von Gebäuden, der Warmwasserbereitung sowie der Bereitstellung von Prozesswärme.

¹² Vgl. **Abbildung 6** in Kapitel 2.1.1

3 Ziele der THG-Emissionsminderung

Im Rahmen des Pariser Klimaschutzabkommens¹³ haben sich die Vertragsstaaten – darunter die Bundesrepublik Deutschland – im Dezember 2015 dazu verpflichtet, die nationalen THG-Emissionen kontinuierlich abzusenken und spätestens in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts vollständig klimaneutral¹⁴ zu werden. Demnach soll die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf deutlich unter 2 °C begrenzt werden und es sollen zudem Anstrengungen unternommen werden, diese auf möglichst 1,5 °C zu beschränken.

Anhand eines hierfür noch vorhandenen CO₂-Budgets¹⁵ (vgl. **Kapitel 3.1**) sowie möglicher Pfade zum Erreichen einer Treibhausgas-(THG)-Neutralität (vgl. **Kapitel 3.2**) zeigen die nachfolgenden Abschnitte, wo die Stadt Hagen diesbezüglich aktuell steht und verdeutlichen, welche Anstrengungen zukünftig nötig sind, um verschiedene Klimaziele zu erreichen.

3.1 CO₂-Budget (entsprechend dem Pariser 1,5°-Ziel)

Neben den Temperaturzielen des Klimaschutzabkommens von Paris werden in aktuellen politischen Diskussionen häufig Ziele formuliert, die eine prozentuale Reduktion der THG-Emissionen bis zu einem Zieljahr im Vergleich zu einem Basisjahr beziffern (z. B. eine Reduktion der THG-Emissionen um 95 % bis zum Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 1990). Da solche prozentualen Reduktionsziele jedoch nicht die akkumulierte Menge der zukünftigen – wenn auch sukzessive reduzierten – jährlichen Emissionen berücksichtigen, sind diese nicht aussagekräftig genug, um eine Beurteilung des nationalen Beitrags zur Einhaltung der Pariser Klimaziele vornehmen zu können. Um abschätzen zu können, ob Fortschritte bei der (lokalen) Reduktion von Emissionen sowie klimapolitische Ziele kompatibel zum Pariser Klimaschutzabkommen sind, wird vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)¹⁶ empfohlen

- europäische, nationale und regionale sowie kommunale Klimaschutzziele – also auch die Klimaschutzziele der Stadt Hagen – so zu wählen, dass sie sich eindeutig auf das globale Temperaturziel beziehen lassen und
- hierfür den Ansatz des „CO₂-Budgets“ heranzuziehen.

Da zwischen einer Temperaturerhöhung und den kumulierten THG-Emissionen ein linearer Zusammenhang besteht¹⁷, kann das zur Einhaltung eines Temperaturziels verfügbare CO₂-Budget mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung verbunden werden. Der Weltklimarat (IPCC)¹⁸ differenziert grundsätzlich Wahrscheinlichkeiten der Zielerreichung von 33 %, 50 % und 67 %, für die das CO₂-Budget berechnet werden kann – jeweils für Temperaturanstiege zwischen 1,5 °C und 2 °C. Im Folgenden werden jedoch ausschließlich solche CO₂-Budgets betrachtet, die das gewählte Temperaturziel mit hoher Wahrscheinlichkeit (= 67 %, d.h. in 2/3 der untersuchten Klima-Szenarien) erreichen, was dem verfassungsrechtlich vorgegebenen Vorsorgeprinzip¹⁹ entspricht.

Die derzeit aktuellsten Berechnungen des IPCC aus dem Jahre 2021²⁰ beziffern das globale CO₂-Budget (mit einer 67 %-igen Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung,) ab dem Jahr 2020 auf rund 400 Giga-Tonnen (400.000 Mio. Tonnen) CO₂ für die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C (**Abbildung 26**).

Unter Vernachlässigung aller historischen Emissionen und auf Grundlage des Anteils der Bevölkerung in Hagen an der Weltbevölkerung²¹ ergibt sich für Hagen ab dem Jahr 2020 ein maximales „Paris-

¹³ Vgl. <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/climate-change/paris-agreement/>

¹⁴ Klimaneutralität meint den Ausgleich zwischen anthropogenen Treibhausgasemissionen und -senken.

¹⁵ Das CO₂-Budget bezeichnet die Menge an kumulativen CO₂-Emissionen (aus anthropogenen Quellen), die ab einem definierten Zeitpunkt noch emittiert werden dürfen, um die daraus resultierende, bestimmte Temperaturschwelle der Erderwärmung nicht zu übersteigen.

¹⁶ Vgl.

https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Kap_02_Pariser_Klimaziele.html

¹⁷ Vgl. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/02/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf (s. Seite 105)

¹⁸ IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change

¹⁹ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/vorsorgeprinzip>

²⁰ Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ipcc-bericht-klimawandel-verlaeuft-schneller>

²¹ ca. 7,84 Mrd. Einwohner im Jahr 2020 (vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/>)

kompatibles“ CO₂-Budget von 9,5 Mio. Tonnen CO₂ für die Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C.²² Um das zu erreichen, müssten bis 2031 in Hagen somit jedes neue Jahr jeweils 166.000 Tonnen entsprechend des CO₂-Budgets einspart werden. Schon 2025 dürften nur rund 1 Mio. Tonne und 2031 dürfte bei 47.000 Tonnen die Grenze liegen, sodass 2032 keine CO₂-Emissionen mehr verursacht werden dürften.

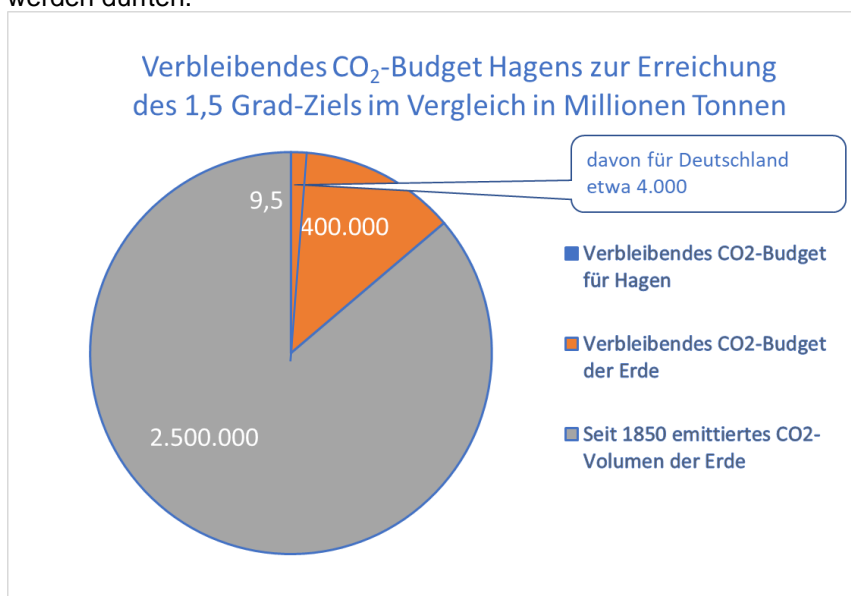


Abbildung 26 : Verbleibende CO₂-Budgets zur Erreichung des Pariser 1,5°-Ziels

Dieses errechnete CO₂-Budget sowie der in **Abbildung 27** dargestellte, lineare Pfad zur THG-Reduktion – entsprechend des CO₂-Budgets – kann als gut begründete, Paris-kompatible Obergrenze angesehen werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund der Unsicherheiten das tatsächliche Budget abweichen und dass wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn im Laufe der Zeit zu einer (geringfügigen) Anpassung der Budgetwerte führen kann. Insgesamt wird deutlich, dass der sich abzeichnende Trend der THG-Emissionsentwicklung in Hagen (ermittelt anhand der Emissionsentwicklung zwischen den Jahren 2012 bis 2020), bei weitem nicht ausreichen wird, um das für Hagen rechnerisch vorhandene CO₂-Budget nicht zu überschreiten.

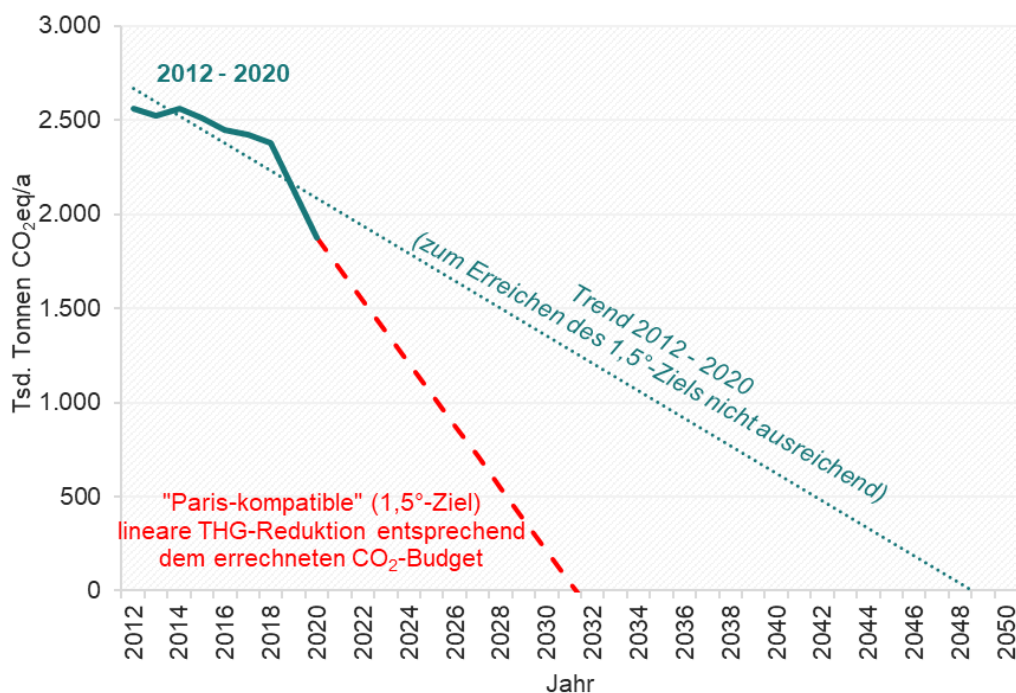


Abbildung 27: verbleibendes CO₂-Budget für HAGEN (entsprechend dem Pariser 1,5°-Ziel)

²² Obwohl auch andere menschlich verursachten Treibhausgase (wie z. B. Methan) und Aerosole zum Klimawandel beitragen, bezieht sich das errechnete CO₂-Budget ausschließlich auf das wichtigste Treibhausgas CO₂. Der SRU beschreibt in seiner Publikation „Pariser Klimaziele erreichen mit dem CO₂-Budget“ (vgl. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Kap_02_Pariser_Klimaziele.html), warum diese Eingrenzung erfolgt und erläutert, warum das aus dem Pariser Klimaschutzabkommen abgeleitete nationale CO₂-Budget dennoch als sinnvoller Vergleichsmaßstab (insb. für die Ermittlung von energiebedingten THG-Emissionen) herangezogen werden kann.

3.2 Treibhausgas-(THG)-Neutralität

Mit der Änderung des Klimaschutzgesetzes²³ hat die Bundesregierung im Sommer 2021 die Klimaschutzvorgaben verschärft und das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Demnach soll Deutschland bis zum Jahre 2045 Treibhausgasneutralität erreichen, was bedeutet, dass bis dahin ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau (THG-Senken²⁴) herrschen muss. Dementsprechend hat auch das Bundesland NRW sein Klimaschutzgesetz²⁵ neu gefasst und strebt ebenfalls eine Treibhausgasneutralität bis zum Jahre 2045 an. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, dass alle Regionen, Kreise und Kommunen ihren Beitrag hierzu leisten und eine Transformation in allen Sektoren erzielt wird. Auch Hagen soll daher bis spätestens 2045 eine Treibhausgasneutralität erreichen.³⁷ Dabei ist festzuhalten, dass nicht jede Kommune das 1,5°-Ziel erreichen kann, sondern die Industrie und das Gewerbe ja oftmals für andere Kommunen bzw. Regionen mitproduziert und dafür dort keine Emissionen entstehen.

Die in **Kapitel 2.2** beschriebene THG-Bilanz von Hagen hat gezeigt, dass die ruhrgebietsweiten Emissionen zwar gesunken sind, von merklicher Trendwende in den einzelnen Sektoren und bei allen (emissionsintensiven) Energieträgern die Rede sein kann. Darauf bezogen zeigt **Abbildung 28** mögliche (lineare) Pfade zum Erreichen der THG-Neutralität in Hagen:

- einen den Klimazielen der BRD und des Lands NRW entsprechenden Pfad bis zum Jahr 2045,
- zum anderen aber auch weitere mögliche Pfade bis zu den Jahren 2040, 2035 und 2030, da sich mehrere Kommunen in der Metropole Ruhr bereits heute ein ambitionierteres Ziel gesetzt haben, nämlich teils deutlich vor dem Jahr 2045 eine Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Ähnlich den Erkenntnissen aus der Betrachtung des CO₂-Budgets (vgl. **Kapitel 3.1.1**) lässt sich anhand von **Abbildung 28** erkennen, dass der sich abzeichnende Trend der THG-Emissionsentwicklung in Hagen (ermittelt anhand der Emissionsentwicklung zwischen den Jahren 2012 bis 2020) nicht ausreichend sein wird, um in Hagen eine Treibhausgasneutralität bis spätestens zum Jahr 2045 zu erreichen²⁶. Vor dem Hintergrund, dass die THG-Emissionen im Jahre 2020 zudem bedingt durch die Corona-Pandemie reduziert waren und davon auszugehen ist, dass diese in den kommenden Jahren zunächst wieder ansteigen werden, wird deutlich, dass der derzeitige Pfad der Emissionsminderung noch nicht ausreichend ist.

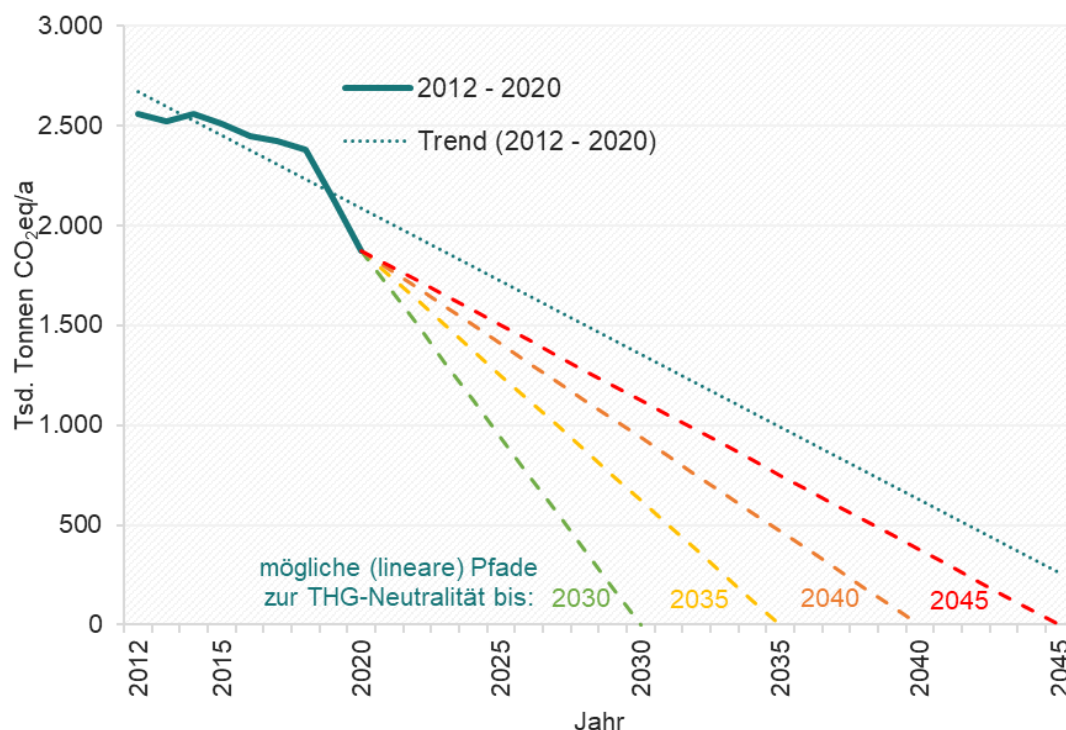


Abbildung 28: mögliche (lineare) Pfade zum Erreichen der THG-Neutralität in HAGEN

²³ Vgl. <https://www.bmuv.de/gesetz/bundes-klimaschutzgesetz/>

²⁴ Vgl. <https://www.greenpeace.de/klimaschutz/klimakrise/treibhausgas-senken>

²⁵ Vgl. <https://www.klimaschutz.nrw.de/instrumente/klimaschutzgesetz/>

²⁶ Vgl. <https://www.rvr.ruhr/service/presse/pressemitteilung-detailseite/news/ruhrparlament-beschliesst-masterplan-klimaneutrale-metropole-ruhr/> bzw. Klimanotstandsbeschluss der Stadt Hagen

Das gesetzlich verankerte Ziel, eine THG-Neutralität bis spätestens 2045 zu erreichen, wird in Hagen nur möglich sein, wenn in allen Verbrauchssektoren die hierfür notwendigen Maßnahmen zeitnah in die Wege geleitet werden. Während die in der Metropole Ruhr ansässige Schwerindustrie und die Bestrebungen in Hagen zum Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur vielfach umfangreiche Strategien zur Transformation von Produktionsverfahren verfolgen (z. B. zur zukünftigen klimaneutralen Produktion von Stahl durch Einsatz von grünem Wasserstoff statt Kohle oder der Zurverfügungstellung von Rohrleitungen für grünen Wasserstoff)²⁷, sollte der Fokus auf kommunaler Ebene insbesondere darauf gerichtet werden, was im direkten Einflussbereich von Kommunen, Kreisen oder dem regionalen Verband liegt.

Hierzu zählt – neben der Umsetzung von kommunalen Klimaschutzkonzepten (wird in Hagen in 2023 beauftragt) – die Intensivierung der Kommunalen Wärmeplanung, die Umsetzung von Konzepten z. B. zur integrierten, regionalen Mobilität²⁸ oder zur Erschließung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale²⁹ mit Bausteinen wie den Radschnellwegen Ruhr³⁰ zur Förderung des umweltfreundlichen Radverkehrs, die Errichtung der beantragten Windenergieanlagen oder der Ausbau-Initiative "Solarmetropole Ruhr"³¹ zur Forcierung der Installation von Photovoltaik-Anlagen z.B. flankiert durch eigene Förderprogramme (sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich) als auch beantragte neue Freiflächensolaranlagen.

²⁷ Vgl. <https://www.thyssenkrupp-steel.com/de/unternehmen/nachhaltigkeit/klimastrategie/>

²⁸ Vgl. Masterplan Nachhaltige Mobilität Hagen/

<https://www.rvr.ruhr/themen/mobilitaet/mobilitaetsentwicklungskonzept/>

²⁹ Vgl. <https://www.rvr.ruhr/themen/oekologie-umwelt/startseite-klima/regionaler-klimaschutz/>

³⁰ Vgl. <https://www.rvr.ruhr/themen/mobilitaet/radschnellwege-ruhr/>

³¹ Vgl. <https://solar.metropole.ruhr/>

4 Zusammenfassung

Durch die in diesem Bericht dargestellte Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanz liegen nicht nur eine Gesamtbilanz für Hagen (in der Zeitreihe von 2012 bis 2020), sondern auch Einzelbilanzen für die 53 Kommunen und die vier der Metropole Ruhr angehörigen Kreise vor. Die in **Kapitel 2** im Detail beschriebenen, zentralen und aggregierten Ergebnisse für die Metropole Ruhr sowie die wichtigsten Erkenntnisse im Hinblick auf ein zukünftiges Erreichen von Zielen der THG-Emissionsminderung (vgl. **Kapitel 3**) werden nachfolgend zusammengefasst.

Endenergieverbrauch und THG-Emissionen (vgl. Kapitel 2.1 und Kapitel 2.2)

Der Endenergieverbrauch in Hagen (ca. 6.015 GWh im Jahre 2020) konnte zwischen den Jahren 2012 und 2020 um 9,2 % reduziert werden. Die aus diesem Endenergieverbrauch resultierenden THG-Emissionen (ca. 1,9 Mio. Tonnen CO₂eq im Jahr 2020) konnten im gleichen Zeitraum sogar um fast 28 % reduziert werden. Der kontinuierliche Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung – sowohl in Hagen, in der Metropole Ruhr als auch auf Landes- und Bundesebene – führt insbesondere beim Energieträger Strom zu einem spürbaren Rückgang der THG-Emissionen.

Die einwohnerbezogenen THG-Emissionen konnten zwischen den Jahren 2012 und 2020 von 13,8 Tonnen CO₂eq/a auf 9,8 Tonnen CO₂eq/a reduziert werden. Diese liegen gleichauf mit vergleichbaren Werten des Bundeslandes NRW aber über denen der Bundesrepublik Deutschland – als Resultat insbesondere des Energieverbrauchs der Industrie zur Weiterverarbeitung von Eisen und Stahl sowie des Verkehrs.

Da die Entwicklung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen insgesamt von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig ist (wie der Witterung in einzelnen Jahren, Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklungen etc.), sind solche Einflussfaktoren bei der Interpretation dieser Zahlen stets zu berücksichtigen.

Sektor der privaten Haushalte (vgl. Kapitel 2.1.1)

Für den Verbrauchssektor der privaten Haushalte ließ sich zwischen den Jahren 2012 und 2020 – trotz deutlichem Einwohnerzuwachs in Hagen aufgrund der europäischen Flüchtlingskrise in den Jahren 2015/2016 – ein Rückgang des Endenergieverbrauchs um 22,6 % feststellen, welcher sowohl Stromanwendungen als auch die Energieträger zur Bereitstellung von Wärme umfasst.

Während ein sinkender Stromverbrauch ein Indiz für effizientere Geräte, energiesparende Beleuchtungen etc. sein kann, wird ein reduzierter Verbrauch an Wärme vielfach durch energetische Sanierung von Gebäuden oder den Austausch von veralteten, ineffizienten und klimaschädlichen Heizungsanlagen erreicht. Aber auch Verhaltensänderungen vieler Menschen (Stichwort: Bewusstsein für energiesparendes und somit klimaschonendes Handeln) oder witterungsbedingte Gegebenheiten (Stichwort: „warme“ Jahre) haben in den vergangenen Jahren zu einem rückläufigen Energieverbrauch in privaten Haushalten geführt.

Wirtschaftssektor (vgl. Kapitel 2.1.2)

Im Bereich der Wirtschaft konnten – im Vergleich zum Jahr 2012 – für das Jahr 2020 sowohl im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) (minus 18,7 %) als auch im Sektor der Industrie (minus 10,6 %) reduzierte Energieverbräuche ermittelt werden. Obwohl es in diesem Zeitraum einen Zuwachs der Beschäftigtenzahlen in Hagen von 5 % gab ³², konnte der Endenergieverbrauch verringert werden. Zusätzlich zu potenziellen Energieeffizienzmaßnahmen, die in vielen Betrieben in den vergangenen Jahren durchgeführt wurden, macht sich der strukturelle Wandel – hin zum tertiären Wirtschaftssektor – mit 50 % an dieser Stelle bemerkbar.

Dennoch ist die Industrie und das Gewerbe der Verbrauchssektor in Hagen, in dem der größte Energieverbrauch stattfindet und in welchem die mit Abstand meisten Treibhausgase emittiert werden. Effizienzmaßnahmen spielen in diesem Sektor aufgrund der großen Menge an Energieverbrauch und THG-Emissionen eine bedeutende Rolle. Zwar ist der kommunale Einfluss auf den Sektor der Industrie i. d. R. gering, viele Unternehmen verfolgen aber bereits weitgehende Strategien, um die Einhaltung von übergeordneten Klimazielen (z. B. des Pariser Klimaabkommens) zu unterstützen.³³

Verkehrssektor (vgl. Kapitel 2.1.3)

Analog zum kontinuierlichen Anstieg der in der Metropole Ruhr zugelassenen Kraftfahrzeuge ist auch der durch entsprechende Fahrleistungen der Fahrzeuge resultierende Endenergieverbrauch zwischen den Jahren 2012 und 2019 um 9,1 % gestiegen. Lediglich die Auswirkungen der Corona-Pandemie führten im Jahre 2020 zu reduzierten Fahrleistungen und Energieverbräuchen (-2,4%), die in den kommenden Jahren aber voraussichtlich wieder ansteigen werden.

³² IT.NRW und Berechnungen der SIHK

³³ Vgl. z. B. die Klimastrategie der thyssenkrupp Steel Europe AG zur Herstellung von klimaneutralem Stahl (<https://www.thyssenkrupp-steel.com/de/unternehmen/nachhaltigkeit/klimastrategie/>)

Aufgrund des territorialen Bilanzierungsansatzes (entsprechend der BSKO-Bilanzierungssystematik; vgl. **Anlage Methodenteil**) besteht auf kommunaler Ebene ein verhältnismäßig geringer Einfluss auf diesen Energieverbrauch, welcher sich – je nach räumlicher Lage einer Kommune – sehr stark z. B. durch Durchgangsverkehr auf vielbefahrenen Autobahnen kennzeichnen kann.

Der Anteil an zugelassenen Elektrofahrzeugen in Hagen war im Jahre 2020 mit 1,1 % aller Fahrzeuge äußerst gering. Anhand der Entwicklung der Zulassungszahlen von Elektrofahrzeugen (nahezu exponentielle Steigerung in den vergangenen Jahren) lässt sich jedoch erkennen, dass umweltfreundliche Fahrzeuge in Zukunft eine weitaus bedeutendere Rolle spielen werden.

Ausbau der erneuerbare Energien (vgl. Kapitel 2.3)

Die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien konnte zwischen den Jahren 2012 und 2020 deutlich gesteigert werden, insbesondere durch die Windkraft und Photovoltaik. Im Jahre 2020 konnte der gesamte Stromverbrauch in Hagen somit zu 10,9 % aus den lokalen erneuerbaren Energien gedeckt werden. Hierdurch wurden ca. 75.000 Tonnen CO₂eq eingespart.

Die aus erneuerbaren Energien genutzte Wärme konnte im gleichen Zeitraum ebenfalls geringfügig gesteigert werden. Dennoch wurde diese im Jahr 2020 lediglich zu knapp 1 % erneuerbar gedeckt (nicht berücksichtigt hierbei sind erneuerbare Energien im Rahmen von Nah- und Fernwärmenetzen). Insbesondere bei der Nutzung von Umweltwärme (mittels Luft- oder Erdwärmepumpen) konnte ein deutlicher Zuwachs verzeichnet werden.

Ziele der THG-Emissionsminderung in HAGEN (vgl. Kapitel 3)

Die vorliegende Energie- und THG-Bilanz Hagens zeigt, dass sowohl der Endenergieverbrauch als auch die daraus resultierenden Emissionen in den vergangenen Jahren zwar gesunken sind, von einer merklichen Trendwende in den einzelnen Sektoren und bei allen (emissionsintensiven) Energieträgern jedoch noch nicht die Rede sein kann.

Um in der laufenden Dekade möglichst einen Weg in Richtung Einhaltung eines „Paris-kompatiblen“ CO₂-Restbudgets einzuleiten, müssen die THG-Emissionen in Hagen weiterhin sehr zügig gesenkt werden. Eine frühzeitige, überproportionale Reduktion (z. B. bis zum Jahr 2025) erlaubt hierbei langfristig noch Spielraum, erfordert zugleich aber auch, dass erhebliche Maßnahmen äußerst zeitnah angestoßen werden müssen. Ein langsamer Einstieg, der auf steile Emissionsreduktionen in späteren Jahren ausgelegt ist, gefährdet hingegen die Einhaltung des CO₂-Budgets und ggf. weiterer Klimaziele.

Zur Erreichung der ambitionierteren THG-Minderungsziele – auch im Hinblick auf eine angestrebte Treibhausgasneutralität bis spätestens 2045 – wird der Einsatz von (grünem) Wasserstoff zukünftig ein wichtiger Eckpfeiler der Energiewende in Hagen wie auch in der Metropole Ruhr sein.³⁴ Nachhaltig produzierter Wasserstoff kann z. B. durch den Einsatz bei der Gas- und Wärmeversorgung, im ÖPNV, im Bus- und Schwerlastverkehr und insbesondere in der Industrie zu großen THG-Einsparungen beitragen. Sukzessive sind somit Anwendungen, bei denen klimaschädliche Gase freigesetzt werden, durch nahezu emissionsfreie Technologien (wie erneuerbare Energien oder auf grünem Wasserstoff basierende Anwendungen) oder Prozesse zu ersetzen. Begleitet werden muss dies durch Maßnahmen, die eine absolute Verringerung des Energieverbrauchs sowie Effizienzsteigerungen bestehender Anwendungen bewirken.

³⁴ Vgl. <https://metropole.ruhr/branchen-der-zukunft/wasserstoff>

Hinweis:

Methodische Grundlagen, Datengrundlagen und Datenaufbereitungen der Treibhausgasbilanz liegen als fachliche Anlage vor und beziehen sich auf die ENERGIE- UND TREIBHAUSGAS-BILANZ FÜR DIE METROPOLE RUHR 2012 – 2020, Hrsg.: Regionalverband Ruhr, DEZEMBER 2022

→ <https://www.rvr.ruhr/themen/oekologie-umwelt/treibhausgas-bilanz/>

Anlage 2 - Methodische Grundlagen der Treibhausgasbilanz der Stadt Hagen

Eine einheitliche und konsistente Bilanzierungsmethodik ist für die Vergleichbarkeit von verschiedenen Bezugsjahren innerhalb der Zeitreihe einer Bilanz sowie interkommunaler Benchmarks unabdingbar. Zudem soll es mittels einer Energie- und THG-Bilanz möglich sein, viele der lokalen Klimaschutzaktivitäten zu evaluieren (z. B. durch sektorale Betrachtungen) und insbesondere lokale Energie- und THG-Einsparungen sowie Energieeffizienzeffekte abzubilden.⁴³

Die für die Kommunen, Kreise sowie die gesamte Region Metropole Ruhr erarbeiteten Energie- und THG-Bilanzen wurden daher methodisch an die „Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland“⁴⁴ des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu) angelehnt.

1 Bilanzierungstool

Für die Bilanzierung von Energieverbrauch und THG-Emissionen wird eine entsprechende Bilanzierungs-Software verwendet. Zwei der derzeit am Markt gängigsten Softwarelösungen sind die internetbasierten Tools „ECOSPEED Region“⁴⁵ und „Klimaschutz-Planer“⁴⁶.

Durch eine zentral vom Bundesland NRW erworbene Lizenz besteht für alle Gebietskörperschaften in NRW grundsätzlich die Möglichkeit der kostenfreien Nutzung eines Bilanzierungstools. Während das Land NRW in der Vergangenheit eine Lizenz für „ECOSPEED Region“ zur Verfügung gestellt hat, erfolgte im Frühjahr 2020 seitens des Landes NRW ein Wechsel zum Tool „Klimaschutz-Planer“. Die aktuelle Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanzen wurde demnach mit dem Tool „Klimaschutz-Planer“ erarbeitet.

2 Auswahl der Bezugsjahre

Erarbeitet wurden die Energie- und THG-Bilanzen für die Bezugsjahre 2012 bis 2020. Begründet liegt die Auswahl des Bezugsjahres 2020 – als letztes Bilanzierungsjahr – darin, dass einige der für eine Bilanzierung benötigten Daten erst mit einem zeitlichen Verzug von ein bis zwei Jahren zur Verfügung stehen. Dies sind z. B. Vorgabedaten im Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“ (wie Emissionsfaktoren, Daten zu Verkehrsmodellen etc.) oder final testierte, kommunenscharfe Daten der Netzbetreiber. Da der Prozess der Datenerhebungen im Rahmen dieser Bilanzierungs-Fortschreibung von Mitte 2021 bis Mitte 2022 stattgefunden hat, waren Daten mit dem Bezugsjahr 2020 an einigen Stellen die aktuellsten Daten, die zu diesem Zeitpunkt generiert bzw. erhoben werden konnten.

3 Bilanzierungsprinzip (endenergiebasierte Territorialbilanz gemäß BSKO-Methodik)

Energie- und THG-Bilanzen unterscheiden sich hinsichtlich des zu Grunde gelegten Bilanzierungsprinzips häufig deutlich voneinander. Die Energie- und THG-Bilanzen der Metropole Ruhr aus dem Jahre 2016 (mit Bezugsjahr 2012)⁴⁷ wurden initial mit dem Tool „ECOSPEED Region“ nach dem methodischen Ansatz einer Verursacherbilanz⁴⁸ erarbeitet. Zum Zeitpunkt der damaligen Bilanzerstellung war das Verursacherprinzip der einzige methodische Ansatz, der mittels „ECOSPEED Region“ verfolgt werden konnte.

Im Rahmen eines Projekts zur Harmonisierung von kommunalen Energie- und THG-Bilanzen wurde vom Klima-Bündnis e.V.⁴⁹ im Jahre 2014 zudem eine Bilanzierungssystematik entwickelt, mit dem Ziel, einheitliche Berechnungen kommunaler Energieverbräuche und THG-Emissionen zu ermöglichen. BSKO⁵⁰-Bilanzierungssystematik verfolgt den endenergiebasierten Territorialansatz, der – nach Aussagen der Entwickler der Methodik – den ausgewogensten Kompromiss zwischen allen Ansprüchen der unterschiedlichen Ziel- und Interessengruppen bietet.

Die größten Unterschiede zwischen einer Verursacherbilanz und einer Territorialbilanz ergeben sich grundsätzlich dadurch, dass eine verursacherbasierte Bilanz alle Energieverbräuche und THG-Emissionen berücksichtigt, die ein Verursacher (z. B. ein Einwohner einer Kommune) durch seine Tätigkeiten emittiert, unabhängig davon, ob diese auf dem Territorium seiner Kommune stattfinden oder außerhalb (z. B. in einer Nachbarkommune). **Eine territoriale Bilanz hingegen berücksichtigt alle Energieverbräuche und THG-Emissionen, die innerhalb der territorialen Grenzen einer Kommune stattfinden.** Bei Betrachtung der stationären Verbrauchssektoren (z. B. private Haushalte oder kommunale Liegenschaften) sind beide Ansätze deckungsgleich. Unterschiede ergeben sich hingegen bei der Betrachtung des Verkehrssektors. Je nach lokaler Situation können sich die Ergebnisse im Verkehrsbereich bei einer Verursacherbilanz daher deutlich von einer Territorialbilanz unterscheiden.

Entsprechend der BSKO-Bilanzierungssystematik wurde die aktuelle Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanzen der Kommunen und Kreise in der Metropole Ruhr demnach nach dem endenergiebasierten Territorialansatz erarbeitet. Zudem wurden die Bezugsjahre rückwirkend bis 2012 an diese Methodik angepasst.

4 Berücksichtigung von CO₂-Äquivalenten

Sämtliche in der Energie- und THG-Bilanz ermittelten THG-Emissionen beziehen sich nicht ausschließlich auf das Treibhausgas CO₂, sondern betrachten zudem die durch weitere klimarelevante Treibhausgase (wie Methan (CH₄) oder Lachgas (N₂O)) entstehenden Emissionen. Um die verschiedenen Treibhausgase hinsichtlich ihrer Klimaschädlichkeit⁵¹ vergleichbar zu machen, werden diese in CO₂-Äquivalente (CO₂eq)⁵² umgerechnet, da das Treibhausgas CO₂ mit 87 % der durch den Menschen verursachten THG-Emissionen in Deutschland das mit Abstand klimarelevanteste Gas darstellt.⁵³

5 Berücksichtigung von Vorketten

Grundlage für die Berechnung der THG-Emissionen ist die Betrachtung von Vorketten, sog. LCA⁵⁴-Faktoren. Das heißt, dass die zur Produktion und Verteilung eines Energieträgers notwendige fossile Energie (z. B. zur Erzeugung von Strom) zu dem Endenergieverbrauch (wie z. B. am Hausanschluss abgelesen) addiert wird. Somit ist es beispielsweise möglich, der im Endenergieverbrauch emissionsfreien Energieform Strom „graue“ Emissionen aus seinen Produktionsvorstufen zuzuschlagen und diese in die THG-Bilanz einzubeziehen.

Die aus der Verwendung von erneuerbaren Energien resultierenden Emissionen entstehen insbesondere durch deren Vorketten (z. B. hoher Materialaufwand in den Vorketten von Photovoltaik (PV)), so dass deren Berücksichtigung hinsichtlich der erneuerbaren Energien eine besondere Wichtigkeit erfährt.

Zu beachten ist, dass ausschließlich energiebezogene Vorketten berücksichtigt werden, da eine Bilanzierung von nicht-energiebedingten THG-Emissionen nicht stattfindet.

6 Energiebedingte und nicht-energiebedingte THG-Emissionen

In kommunalen Konzepten liegt der Fokus bei der THG-Bilanzierung in der Regel auf der Erfassung und der Abbildung von energiebedingten THG-Emissionen. Zum einen ist dies durch die geringe Datenverfügbarkeit von nicht-energiebedingten Emissionen auf kommunaler Ebene begründet, zum anderen haben nicht-energiebedingte Emissionen in Deutschland (die vor allem aus industriellen Prozessen, der Landwirtschaft sowie Abfall und Abwasser resultieren) einen deutlich geringeren Anteil an den bundesweiten THG-Emissionen als solche, die aus dem Energieverbrauch resultieren. Energiebedingte THG-Emissionen machen ca. 83 % der bundesdeutschen THG-Emissionen aus.⁵⁵ Die zentralen Ergebnisse der THG-Bilanz für die Metropole Ruhr (vgl. **Kapitel 2.2**) bilden daher ausschließlich energiebedingte THG-Emissionen ab. Sofern der dieser Bilanz zugrunde liegende BSKO-Standard zukünftig weiterentwickelt und ggf. um das Themenfeld der nicht-energiebedingten THG-Emissionen erweitert wird⁵⁶, sollte auch die THG-Bilanz der Metropole Ruhr dahingehend ergänzt werden.

7 Definition von Verbrauchssektoren

Entsprechend den Empfehlungen der BSKO-Systematik sollte eine Unterteilung der stationären Energieverbräuche differenziert nach den Verbrauchssektoren

- private Haushalte
 - Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) / sonstiges
 - Industrie / verarbeitendes Gewerbe
 - kommunale bzw. kreiseigene Einrichtungen
- } = Wirtschaft

angestrebt werden.

Einige Datenlieferanten (z. B. ein Großteil der Netzbetreiber) können die benötigten Daten häufig jedoch nicht in ausreichendem Maße differenzieren. Insbesondere eine Differenzierung der Verbrauchssektoren „GHD / sonstiges“ und „Industrie / verarbeitendes Gewerbe“ ist oft nur eingeschränkt möglich. Für Hagen war das aber gut möglich, sodass hier die verschiedenen Kennwerte (z. B. zu sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten je Wirtschaftszweig) sowie Einschätzungen für

eine Differenzierung der stationären Energieverbräuche zwischen „GHD / sonstiges“ und „Industrie / verarbeitendes Gewerbe“ nicht zusätzlich herangezogen werden mussten. Weiterhin wird der Verkehrssektor in der Bilanzierung separat betrachtet (sowohl auf kommunaler Ebene als auch auf der Ebene der Kreise sowie der gesamten Metropolregion Ruhr).

8 Berücksichtigung großer Industriebetriebe

Große Wirtschafts- bzw. Industriebetriebe sind häufig emissionshandelspflichtig. In der Metropolregion Ruhr betrifft dies vor allem Unternehmen der Eisen- und Stahlherstellung sowie der Chemieindustrie. Die Emissionen von solchen emissionshandelspflichtigen Anlagen (sog. EU ETS⁵⁷-Anlagen), die gemäß Zuteilungsliste der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt)⁵⁸ am Handel mit Emissionszertifikaten teilnehmen, wurden in der Vergangenheit (z. B. in der initial im Rahmen des Regionalen Klimaschutzkonzeptes zur „Erschließung der Erneuerbaren-Energien-Potenziale in der Metropolregion Ruhr“ für das Bezugsjahr 2012 erstellte Energie- und THG-Bilanz) ausgeklammert – entsprechend der damals gängigen Empfehlungen des Klima-Bündnisses⁵⁹ und dem Konvent der Bürgermeister⁶⁰ zur Erstellung von Energie- und THG-Bilanzen.

Begründet wurde dies damit, dass solche Anlagen bereits über das Emissionszertifikathandelssystem erfasst und reglementiert werden. Zudem ist der kommunale Einfluss auf betriebsbedingte Emissionen bzw. Prozessenergien als sehr gering einzuschätzen. Eine Kommune sollte sich bei ihren Aktivitäten stattdessen vermehrt auf homogene Sektoren mit dauerhafter Ansiedlung (z. B. die privaten Haushalte) konzentrieren.

Da die für den endenergiebasierten Territorialansatz zu Grunde gelegte BSKO-Methodik jedoch empfiehlt, den Verbrauchssektor „Industrie / verarbeitendes Gewerbe“ in seiner Gesamtheit zu betrachten (also auch den Endenergieverbrauch und die THG-Emissionen großer Industriebetriebe zu bilanzieren), wurde im Rahmen der aktuellen Fortschreibung der Energie- und THG-Bilanzen für die Kommunen und Kreise der Metropolregion Ruhr versucht, entsprechendes Datenmaterial zu erfassen und in die Bilanzen einzubeziehen. Für Hagen konnte mit einer sehr guten Datengrundlage gerechnet werden.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Qualität der Datenerfassung von entsprechenden Energieverbräuchen im Laufe der Jahre deutlich verbessert werden konnte. Bei Unternehmen, die z. B. über das Mittel- und Hochspannungs-/drucknetz mit Strom oder Erdgas versorgt werden und sich häufig unabhängig vom lokalen Netzbetreiber mit Strom oder Erdgas versorgen (z. B. über eine eigenständige, separate Anbindung an das Hochspannungs-/drucknetz (= Sticheleitung)), bestehen jedoch auf kommunaler Ebene dennoch (teils große) Datenlücken. Insbesondere aufgrund des Datenschutzes von unternehmensbezogenen Daten konnten diese Datenlücken bislang nicht vollständig geschlossen werden.

Auf der räumlichen Ebene der Kreise bzw. der kreisfreien Städte (und aggregiert für die gesamte Metropolregion Ruhr) können diese Energieverbräuche aber in guter Qualität mittels umfangreicher Daten des Landesbetrieb IT.NRW⁶¹ bzw. der Regionaldatenbank Deutschland⁶² abgebildet werden.

9 Rahmenbedingungen und Korrekturmöglichkeiten

In Zeitreihenbetrachtungen von Energie- und THG-Bilanzen können Schwankungen des Energieverbrauchs zwischen einzelnen Jahren unterschiedliche Ursachen haben, z. B. aufgrund von

- witterungsbedingten Gegebenheiten,
- (positiver oder negativer) Bevölkerungsentwicklung,
- Ab- und Zuwanderungen von Betrieben sowie Konjunkteinflüssen,
- Veränderungen des Verbrauchsverhaltens (z. B. Trend zur Vergrößerung des Wohnraumes, neue strombetriebene Anwendungen etc.),
- sich verändernder Emissionsfaktoren (z. B. beim Emissionsfaktor für Strom durch eine sich wandelnde Zusammensetzung des Bundes-Strommix)
- etc.

Den Empfehlungen der BSKO-Methodik folgend wird in den Energie- und THG-Bilanzen für die Kommunen, die Kreise und die gesamte Metropolregion Ruhr auf etwaige Korrekturen (z. B. Witterungskorrektur und Anpassungen an ein Normjahr) verzichtet.

Bei der Interpretation einer Bilanz (insbesondere bei der Interpretation einer gesamten Zeitreihe) wird daher empfohlen, die genannten Rahmenbedingungen parallel zu betrachten und diese im Zusammenhang zu interpretieren und in die Ergebnisdarstellungen einfließen zu lassen.

10 Emissionsfaktoren

Anhand der für die Jahre 2012 bis 2020 gültigen Emissionsfaktoren der jeweiligen Energieträger können sämtliche Energieverbräuche in THG-Emissionen umgerechnet werden. **Abbildung 1** zeigt beispielhaft die verwendeten Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2020.⁶³ Während die Emissionsfaktoren der meisten Energieträger (über die gesamte Zeitreihe von 2012 bis 2020 betrachtet) nahezu konstant bleiben, gibt es bei den Emissionsfaktoren für Strom und Nah-/ Fernwärme teilweise deutliche Veränderungen (vgl. **Kapitel 10.1** und Kapitel 10.2).

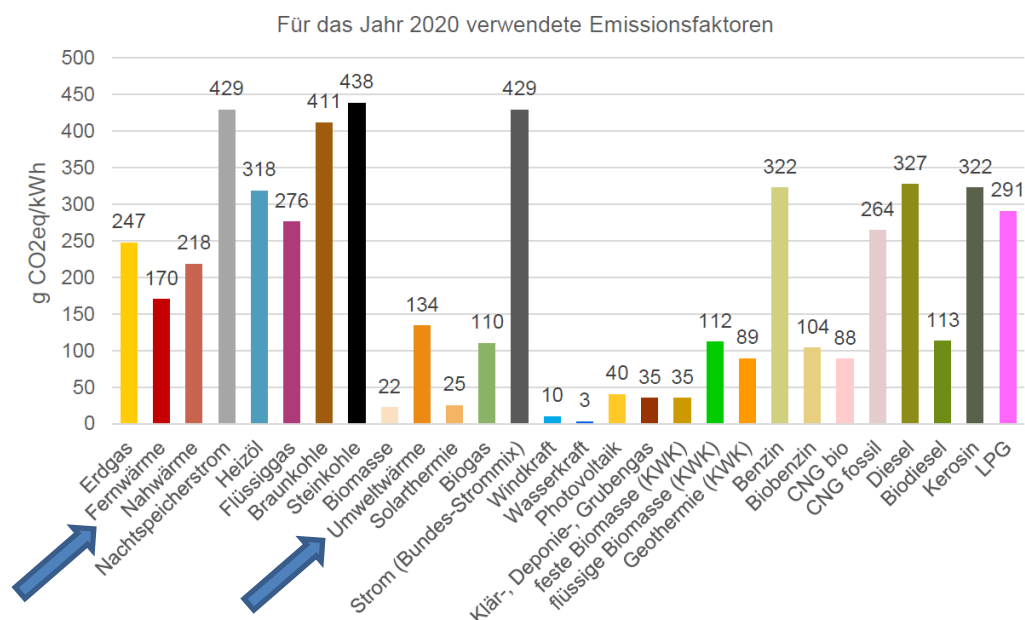


Abb. 1: verwendete Emissionsfaktoren (beispielhaft für das Bezugsjahr 2020)

10.1 Strom

Als Emissionsfaktor für die Energieform Strom (sowie für Heizstrom⁶⁴) wurde – entsprechend den Empfehlungen der BSKO-Methodik – in der THG-Bilanz auf einen Emissionsfaktor zurückgegriffen, der sich aus dem Bundes-Strommix zusammensetzt und der kontinuierlich vom ifeu-Institut aktualisiert und fortgeschrieben wird.⁶⁵

Im Jahr 1990 lag der Emissionsfaktor für den Bundes-Strommix noch bei 872 g CO₂eq/kWh. Dieser konnte bis zum Jahr 2020 um ca. die Hälfte reduziert werden: auf 429 g CO₂eq/kWh (vgl. **Abb. 2**)⁶⁶. Die Verbesserung des Bundes-Strommix resultiert in erster Linie aus Energieträgerverschiebungen bei der bundesweiten Stromproduktion – weg von fossilen Energieträgern wie Kohle und hin zu erneuerbaren Energien wie Wind- oder Solarstrom.

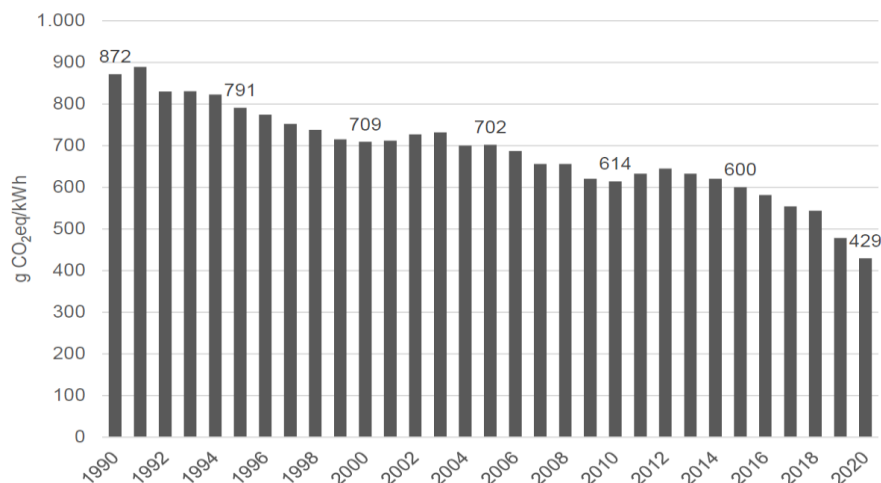


Abb. 2: Veränderung des Emissionsfaktors für Strom im Bundes-Strommix

Die Verwendung des Bundes-Strommix – also eines einheitlichen Strom-Emissionsfaktors in den THG-Bilanzen aller Gebietskörperschaften der Metropole Ruhr – gewährleistet eine Vergleichbarkeit zwischen den Kommunen und Kreisen, sowohl hinsichtlich des Status Quo als auch bei der Entwicklung von Zielen und Szenarien. Zudem kann damit sichergestellt werden, dass Anlagen, die sich zwar auf kommunalem Territorium befinden, jedoch zu einem großen Teil der überregionalen Versorgung dienen (z. B. große Kohlekraftwerke oder ggf. auch große Biogas- oder Windkraftanlagen), nicht die entstehenden THG-Emissionen durch lokalen Stromverbrauch (negativ oder positiv) verfälschen. Auch wird bei der Verwendung des Bundes-Strommix eine bundesweite Konsistenz erreicht, so dass keine Doppelzählungen von lokalen Anlagen erfolgen.

Um lokale Klimaschutzaktivitäten hinsichtlich eines Ausbaus an erneuerbaren Energien aufzuzeigen, kann eine Gebietskörperschaft zudem – nachrichtlich – darlegen, wie sich der Ausbau der stromerzeugenden erneuerbaren Energien vor Ort entwickelt und welche Menge an THG-Emissionen durch die lokal installierten Anlagen „rechnerisch“ vermieden werden können (vgl. **Kapitel 2.3.1 Anlage1**).

10.2 Nah- und Fernwärme

Nicht alle Nah-/ Fernwärmenetzbetreiber machen Angaben zum CO₂eq-Emissionsfaktor der erzeugten und über ein Netz gelieferten Nah-/Fernwärme. Für Hagen ließen sich die Emissionsfaktoren bestimmen. Ausführlichere Angaben existieren jedoch i. d. R. zum entsprechenden Primärenergiefaktor, da dieser häufig für die öffentlich-rechtlichen Nachweise nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)⁶⁷ benötigt wird. Da sich sowohl Primärenergiefaktor als auch CO₂eq-Emissionsfaktor aus dem Energieträgermix bei der Erzeugung der Wärme zusammensetzen, können beide Faktoren starken Schwankungen unterliegen – je nachdem, wie sich der Mix in der Wärmeerzeugung (im Laufe der Jahre) ggf. verändert.

Eine vollständige Berechnung der CO₂eq-Emissionsfaktoren auf Basis der eingesetzten Energieträger und KWK-Strommengen ist im Rahmen der Erarbeitung der THG-Bilanzen in der Metropole Ruhr nicht möglich, da diese Daten nicht in ausreichendem Detaillierungsgrad vorliegen. Vor dem Hintergrund der unzureichenden Datenlage wurde zur Ermittlung der CO₂eq-Emissionsfaktoren für die Nah- und Fernwärmenetze in der Metropole Ruhr daher wie folgt verfahren: Sofern ein konkreter CO₂eq-Emissionsfaktor durch einen Netzbetreiber für einzelne Bezugsjahre genannt ist, wurde dieser in einer kommunalen THG-Bilanz entsprechend 1:1 verwendet.

- sofern kein CO₂eq-Emissionsfaktor, jedoch ein Primärenergiefaktor durch einen Netzbetreiber genannt ist, wurde der Primärenergiefaktor mit dem Faktor 400⁶⁸ multipliziert und in einen zu verwendenden CO₂eq-Emissionsfaktor umgerechnet.
- sofern weder CO₂eq-Emissionsfaktor noch Primärenergiefaktor durch einen Netzbetreiber genannt sind, wurde ein CO₂eq-Emissionsfaktor verwendet, der dem Bundes-Durchschnitt (260 g CO₂eq/kWh)⁶⁹ entspricht.

Für Hagen ergibt sich daraus für das Bezugsjahr 2020 ein durchschnittlicher CO₂eq-Emissionsfaktor

- für Fernwärme in Höhe von 12 g CO₂eq/kWh (Metropole Ruhr 170 g CO₂eq/kWh) und
- für Nahwärme in Höhe von 260 g CO₂eq/kWh (Metropole Ruhr 218 g CO₂eq/kWh)

(vgl. **Abbildung 1**). Dabei macht sich der mittels Müllverbrennung erzeugte Anteil der Fernwärme gemäß AGFW⁷⁰-Arbeitsblatt FW 309 Teil 1⁷¹ mit „0“ gerechnete Primärenergiefaktor bzw. CO₂eq-Emissionsfaktor bemerkbar (Mischfaktor für Hagen Fernwärmegebiet Ernst und Fernwärmegebiet Hilfe).

10.3 Umweltwärme

Der Emissionsfaktor für Umweltwärme bezieht sich auf die Wärmemenge, die aus einer Wärmepumpenanlage⁷² für Raumheizung und Warmwasser bereitgestellt wird. Es handelt sich somit um die Summe von Umgebungswärme aus Erdsonde oder Luft und der Antriebsenergie Strom. Eine fehlerhafte Doppelbilanzierung des Stromverbrauchs wird vermieden, indem die für Wärmepumpen eingesetzten Strommengen vom Gesamtstromverbrauch einer Kommune bzw. eines Kreises subtrahiert werden. Die Stromnetzbetreiber können diese Strommengen aufgrund eindeutiger Tarifmerkmale getrennt ausweisen.

Umweltwärme kann nur als vollständig erneuerbare Energie bezeichnet werden, wenn auch der für den Betrieb von Wärmepumpen eingesetzte Strom zu 100 % aus erneuerbaren Energien stammt. Dies ist derzeit (noch) nicht der Fall (vgl. **Kapitel 2.3.1 Anlage 1**), so dass der Emissionsfaktor für Umweltwärme für das Jahr 2020 mit 134 g CO₂eq/kWh noch verhältnismäßig hoch angesetzt ist (vgl. **Abbildung 1**).

Quellenangaben nach Treibhausgasbilanz des RVR ab Nr. 43:

...

43 Zu einem vollumfänglichen Monitoring von (kommunalen) Klimaschutzaktivitäten sind – neben der kontinuierlichen Fortschreibung von kommunalen Energie- und THG-Bilanzen – zudem maßnahmenbezogene Detail-Evaluierungen unabdingbar. (vgl.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-12-05_climate-change_46-2022_klimaschutz-monitoring-in-kommunen.pdf

44 Vgl. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Bilanzierungsmethodik_IFEU_April_2014.pdf

45 Vgl. <https://www.ecospeed.ch/region/de/>

46 Vgl. <https://www.klimaschutz-planer.de/>

47 Im Rahmen des „Regionalen Klimaschutzkonzeptes zur Erschließung der erneuerbaren Energien Potenziale in der Metropole Ruhr“

48 häufig auch Inländerprinzip genannt

49 in Kooperation mit dem ifeu-Institut (ifeu) sowie dem Institut dezentrale Energietechnologien (IdE)

50 BSKO = **B**ilanzierungssystematik **K**ommunal

51 Methan ist beispielsweise 21-mal so schädlich wie CO₂ (1 kg Methan entspricht deshalb 21 kg CO₂-Äquivalent. Ein Kilogramm Lachgas entspricht sogar 300 kg CO₂-Äquivalent.)

52 Sämtliche in diesem Bericht aufgeführten THG-Emissionen stellen die Summe aus CO₂-Emissionen und CO₂-Äquivalenten (CO₂eq) dar.

53 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>

54 LCA = **L**ife-**C**ycle-**A**ssessment (dt.: Lebenszyklusanalyse)

55 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#energiebedingte-treibhausgas-emissionen>

56 Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-des-kommunalen>

57 EU ETS = **E**uropean **U**nion **E**missions **T**rading **S**ystem

58 Vgl. https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/anlagenlisten/2020.pdf?__blob=publicationFile&v=2

59 Vgl. <https://www.klimabuendnis.org/home.html>

60 Vgl. <http://www.konventderbuergemeister.eu>

61 Vgl. <https://www.it.nrw/>

62 Vgl. <https://www.regionalstatistik.de/> (Statistik Code „43531-01-02-4“: Jahreserhebung ü. die Energieverwendung der Betriebe im Verarbeitendem Gewerbe)

63 Die Emissionsfaktoren wurden dem Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“ entnommen und stammen aus wissenschaftlichen Herleitungen des ifeu-Instituts, des Umweltbundesamtes bzw. aus dem Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS 4.94)

64 Heizstrom wird für den Betrieb von Nachtspeicheröfen verwendet und meint an dieser Stelle nicht den Strom, der für den Betrieb von Wärmepumpen verwendet wird. Dieser fließt in den Emissionsfaktor für Umweltwärme (vgl. **Kapitel 4.10.3**) ein.

65 Vgl. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/BSKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf

66 Datenquelle: Klimaschutz-Planer (nach wissenschaftlichen Herleitungen des ifeu-Instituts)

67 Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist ein deutsches Bundesgesetz. Es ist ein zentraler Baustein der deutschen Wärmewende und zielt darauf ab, einen möglichst sparsamen Einsatz von Energie in Gebäuden einschließlich einer zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom für den Gebäudebetrieb zu erreichen.

68 Der Umrechnungsfaktor 400 entspricht in etwa der Relationen von Primärenergie- und CO₂eq-Emissionsfaktoren, die von manchen Fernwärmenetzbetreibern übermittelt wurden.

69 Datenquelle: Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“

70 AGFW = Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (ehemals Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft bzw. **A**rbeitsgemeinschaft für **F**ernwärme)

71 AGFW-Arbeitsblatt FW 309 Teil 1 (Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme) (vgl. <https://www.agfw.de/technik-sicherheit/erzeugung-sektorkopplung-speicher/energetische-bewertung/geg-und-fernwaerme>)

72 Unter dem Begriff „Wärmepumpen“ sind sowohl Erdwärme- als auch Luftwärmepumpen zusammengefasst.