

Energie- und Treibhausgas-Bilanz

Effizienzpotenziale

Szenarien

Handlungsstrategien



Stadt Ingolstadt



Klimaneutrales
Ingolstadt

März 2021

Diese Studie wurde erstellt von:

Wolfgang Seitz

ENERGIEAGENTUR nordbayern GmbH

Fürther Str. 244a | 90429 Nürnberg | Fon: 0911/ 99 43 96-0 | E-Mail: seitz@ea-nb.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Energie- und Treibhausgas-Bilanz,
Szenarien,
Potenziale,
Handlungsstrategien



1	EINLEITUNG	5
2	ZUSAMMENFASSUNG	6
3	ENDENERGIE- UND THG-BILANZ STADT INGOLSTADT	9
3.1	AUSGANGSSITUATION	9
3.2	SYSTEMATIK DER BILANZIERUNG	9
4	ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ	11
4.1	ENERGIE- UND THG-BILANZ	11
4.2	SEKTOR PRIVATE HAUSHALTE (HH)	13
4.3	SEKTOR GEWERBE, HANDEL, DIENSTLEISTUNG UND INDUSTRIE (GHDI)	15
4.4	KOMMUNALE VERBRAUCHER (KV)	18
4.5	SEKTOR VERKEHR (VE)	19
5	EFFIZIENZPOTENZIALE, REDUKTIONSPOTENZIALE	21
5.1	EFFIZIENZPOTENZIALE HAUSHALTE	21
5.2	EFFIZIENZPOTENZIALE WIRTSCHAFT	23
5.3	EFFIZIENZPOTENZIALE KOMMUNALE VERBRAUCHER	24
5.4	EFFIZIENZPOTENZIALE VERKEHR	24
6	POTENZIALE ERNEUERBARE ENERGIEN	27
6.1	POTENZIALE ERNEUERBARE WÄRME	27
6.2	POTENZIALE ERNEUERBARER STROM	28
6.3	POTENZIALE GRÜNER WASSERSTOFF	29
7	SZENARIEN 2020 – 2050	30
7.1	REFERENZSZENARIO 2020 - 2050	31
7.1.1	<i>Referenzszenario private Haushalte</i>	32
7.1.2	<i>Referenzszenario GHDI</i>	34
7.1.3	<i>Referenzszenario kommunale Verbraucher</i>	35
7.1.4	<i>Referenzszenario Verkehr</i>	36
7.2	KLIMASCHUTZSZENARIO	38
7.2.1	<i>Klimaschutzszenario private Haushalte</i>	40
7.2.2	<i>Klimaschutzszenario GHDI</i>	41
7.2.3	<i>Klimaschutzszenario kommunale Verbraucher</i>	43
7.2.4	<i>Klimaschutzszenario Verkehr</i>	44
8	HANDLUNGSSTRATEGIEN	47
8.1	KOMMUNALES ENERGIEMANAGEMENT	47
8.2	UMSTELLUNG DER STRABENBELEUCHTUNG AUF LED-TECHNIK	47
8.3	HÖCHSTES EFFIZIENZNIVEAU BEI NEUBAU UND SANIERUNG	47
8.4	VORGABEN ZUM ENERGIESTANDARD BEIM NEUBAU	48
8.5	ENERGIEEFFIZIENZ WOHNUNGSBAU	48
8.6	SOLARE NUTZUNG VON DÄCHERN/ PV-PFLICHT	48
8.7	AUSBAU FERNWÄRME/ WÄRMENETZE	48
8.8	NACHHALTIGE MOBILITÄT	49
8.9	ENERGIEEFFIZIENZ PRIVATE HAUSHALTE	49
8.10	ENERGIEEFFIZIENZ GHDI	49
8.11	SONSTIGE EMISSIONEN	50
9	NICHT ENERGETISCHE EMISSIONEN	51
10	SPEZIFISCHE KENNWERTE	52
11	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	54
12	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	55

1 Einleitung

Auch wenn aktuell andere Themen an Brisanz und Medienpräsenz den Klimawandel übertreffen, ist der Klimawandel die beherrschende Aufgabe für alle Kommunen und Landkreise in diesem Jahrzehnt. Alle Maßnahmen, auch die Unterstützung der Wirtschaft zur Bewältigung der Auswirkungen der Corona-Pandemie, müssen vor diesem Hintergrund erfolgen, wenn sie nachhaltig sein sollen. In den nächsten Jahren sind Entscheidungen zu treffen, von denen es abhängt, ob der Wandel zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft in Deutschland rechtzeitig gelingt oder nicht. Viele strategische Entscheidungen müssen von übergeordneten Stellen wie Land oder Bund getroffen werden, dennoch muss die Energiewende letztlich auf kommunaler Ebene, unabhängig von den Entscheidungen übergeordneter Gremien umgesetzt werden. Hier kommen auf die Stadt Ingolstadt, aber auch auf jede einzelne Bürger*in große Herausforderungen zu.

Neben einem massiven Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung, spielen die Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien und eine klimaneutrale Mobilität eine entscheidende Rolle. Die Entwicklung hin zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft kann jedoch nur gelingen, wenn mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien auch eine umfangreiche Einsparung von Energie einhergeht.

Um eine zielgerichtete Strategie für das zukünftige Handeln entwickeln und den Erfolg bereits getätigter Maßnahmen überprüfen zu können, ist ein Monitoring des Energieverbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen unerlässlich. Die hier vorliegende Energie- und CO₂-Bilanz, die Ermittlung der Effizienzpotenziale und Potenziale der erneuerbaren Energien sowie die Beschreibung von möglichen Handlungsstrategien bietet dazu die Möglichkeit.

2 Zusammenfassung

Die Bilanzierung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen, Ermittlung der Effizienzpotenziale, Modellierung von zwei Szenarien und Beschreibung von Handlungsstrategien erfolgt im Rahmen der Erstellung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes (iKSK), gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, für die Stadt Ingolstadt. Die Untersuchungen haben in der Zusammenfassung folgende wesentliche Ergebnisse geliefert.

Endenergie- und Treibhausgasbilanz

- Die Bilanzierung erfolgte gemäß dem BSKO¹-Standard als Territorialbilanz mittels der Bilanzierungssoftware ECOSPEED Region. Die Verbrauchswerte werden nicht witterungsbereinigt, für die Stromemissionen wird der Emissionsfaktor des deutschen Strommixes angesetzt. Die Emissionen werden in Tonnen CO₂-Äquivalente (t CO₂eq) angegeben.
- Die Entwicklung Ingolstadts von 1990 bis 2019 ist geprägt durch einen Zuwachs der Bevölkerung von 30 % und der Erwerbstätigen von 57 %. Dies wirkt sich auch auf den Energieverbrauch aus.
- Im Jahr 2019 beträgt der Energieverbrauch 5.419.200 MWh (Zuwachs zu 1990: 21 %) und die Treibhausgasemissionen 1.701.200 t CO₂eq (Rückgang zu 1990: 2 %). Die spezifischen Verbrauchswerte pro Einwohner*in betragen 39,4 MWh/EW (Rückgang zu 1990: 7 %), die spezifischen Emissionen pro Einwohner*in betragen 12,4 t CO₂eq (Rückgang zu 1990: 25 %).
- Der wichtigste Energieträger ist Gas² mit einem Anteil von 46 % (1990) bzw. 47 % (2019) gefolgt von Strom mit 19 % (1990) bzw. 23 % (2019). Der Anteil erneuerbarer Wärme liegt 1990 unter 1 % und 2019 bei 2,5 %.
- Der dominierende Sektor beim Energieverbrauch ist die Industrie (Anteil 50 %; Bundesdurchschnitt 28 %), vor den Haushalten (20 %; Bundesdurchschnitt 27 %), dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung (16,5 %, Bundesdurchschnitt 15 %) und dem Verkehr (14 %; Bundesdurchschnitt 30,5 %). Der deutlich geringere Anteil des Verkehrs am Gesamtverbrauch ist der Bilanzierungsmethode geschuldet, bei der Großstädte in der Regel unter den Vergleichsanteilen liegen und ländlich geprägte Gebiete deutlich darüber.

Effizienzpotenziale

- Die Reduktionspotenziale für Treibhausgasemissionen ergeben sich einerseits aus einer Verringerung des Energieeinsatzes und andererseits aus der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien. Die Reduktionspotenziale durch den Einsatz erneuerbarer Energien sind deutlich größer als die Potenziale durch Energieeinsparung. Dennoch ist die Reduktion des Energieverbrauchs unabdingbar, da das Potenzial an erneuerbaren Energien begrenzt ist.

¹ BSKO = Bilanzierungs-Systematik kommunal

² Hierunter sind alle Gasarten wie Erdgas, Raffineriegas, Flüssiggas, ... zusammengefasst

- Die Effizienzpotenziale für alle Sektoren betragen bezogen auf das Jahr 2020 durch Energieeinsparung 45 % und durch den Einsatz erneuerbarer Energien 79 %. Im Sektor Haushalte sind es 29 % (Einsparung) und 81 % (erneuerbarer Energien), im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie sind es 45 % (Einsparung) und 78 % (erneuerbarer Energien) und beim Verkehr sind es 66 % (Einsparung) und 77 % (erneuerbarer Energien).

Szenarien 2020-205

In zwei Szenarien wird die Entwicklung von 2020 bis 2050 modelliert. Das Referenzszenario trägt zwar dem gesteigerten Umweltbewusstsein Rechnung, macht den Klimaschutz aber noch nicht zu der maßgeblichen Richtschnur gesellschaftlichen und politischen Handelns. Das Klimaschutzszenario setzt die vorhandene Potenziale weitestgehend um und orientiert sich an den Klimazielen der Bundesregierung.

- Im **Referenzszenario** verringert sich der Energieverbrauch von 2020 bis 2050 um 36 % und die Emissionen um 80 %. Der verbleibende Anteil an fossilen Energien beträgt 2050 noch 20 %.
- Im **Klimaschutzszenario** verringert sich der Energieverbrauch von 2020 bis 2050 um 45 % und die Emissionen um 88 %. Der verbleibende Anteil an fossilen Energien beträgt 2050 noch 4 %.

Kennwerte

Der spezifische Energieverbrauch von Ingolstadt pro Einwohner*in lag 1990 bei 42,5 MWh/EW und verringert sich bis 2019 auf 39,4 MWh/EW. Die Vergleichswerte für Deutschland sind mit 33,7 MWh/EW für 1990 und 30,3 MWh/EW für 2019 deutlich niedriger. Dies liegt am hohen Energieverbrauch der Sektoren Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistung. Beim spezifischen Energieverbrauch im Sektor Haushalte liegen die Werte von Ingolstadt mit 8,3 MWh/EW (1990) und 7,7 MWh/EW (2019) etwas unter den Deutschlandwerten mit 8,4 MWh/EW (1990) und 8,1 MWh/EW (2019).

Die spezifischen Emissionen pro Einwohner*in verringern sich in Ingolstadt von 16,4 t CO₂eq/EW (1990) auf 12,4 t CO₂eq/EW (2019), die Deutschlandwerte liegen bei 13,9 t CO₂eq/EW (1990) und 10,4 t CO₂eq/EW (2019). Der Durchschnitt in der Europäischen Union ist mit 8,4 t CO₂eq/EW nochmals deutlich niedriger.

Im Klimaschutzszenario verringert sich der spezifische Energiebedarf pro Einwohner*in bis 2050 auf 20,4 MWh/EW und die spezifischen Emissionen auf 1,3 t CO₂eq/EW. Um die Klimaerwärmung auf max. 2°C zu begrenzen, müssen die Pro-Kopf-Emissionen weltweit auf deutlich unter 2 t CO₂eq gesenkt werden.

Handlungsstrategien

Die Handlungsstrategien beschreiben Maßnahmen, die eine besondere Gewichtung haben, weil sie für die kommunale Verwaltung einfach umzusetzen sind, nur innerhalb eines bestimmten Zeitfenster umgesetzt werden können oder aufgrund ihres hohen THG-Reduktionspotenzials eine große Bedeutung haben. Nachfolgend sind wesentliche Handlungsfelder aufgelistet.

- Ein **hoher energetischer Gebäudestandard** ist am wirtschaftlichsten beim Neubau, oder wenn Sanierungsmaßnahmen zum Gebäudeunterhalt anstehen, zu erreichen. Dann sollte aber auch das höchste Effizienzniveau angestrebt werden. Eine energetische Sanierung aktuell errichteter oder sanierter Gebäude ist in den nächsten 20-25 Jahren wirtschaftlich nicht darstellbar. Vorhandenes, aber nicht verwirklichtes Effizienzpotenzial ist für diesen Zeitraum verloren.
- Die Erzeugung regenerativen Stroms ist das Kernelement der Energiewende. Hier kommt der **solaren Nutzung von Dächern oder bereits versiegelter Flächen** eine besondere Bedeutung zu. Alle kommunalen Dächer sollten, soweit keine gewichtigen Gründe (Denkmalschutz, Verschattung, geplante Sanierung, etc.) dagegenstehen, großflächig mit PV-Anlagen (gegebenenfalls Solarthermieanlagen) ausgestattet werden. Parkplätzen oder sonstige befestigte Flächen können mit PV-Anlagen überdacht werden. Die Stadt Ingolstadt sollte ihre Möglichkeiten zur Einführung einer PV-Pflicht bei Neubauten (bei Grundstücksverkäufen, in städtebaulichen Verträgen oder Bebauungsplänen, ...) ausschöpfen.
- Der **Ausbau der Fernwärme** auf Basis erneuerbarer Energien und/ oder Abwärme ist ein zentraler Baustein der Wärmewende. In Wärmenetzen können unterschiedliche Energieträger je nach jahreszeitlicher Verfügbarkeit (z.B. Winter Biomasse, Sommer Wärmepumpe mit PV-Strom) leichter und kostengünstiger integriert werden. Bei einer Einzelversorgung ist eine zweifache Versorgungsstruktur wirtschaftlich deutlicher schwieriger darstellbar. Der Ausbau der Fernwärme/ Nahwärme sollte höchste Priorität haben.

3 Endenergie- und THG-Bilanz Stadt Ingolstadt

3.1 Ausgangssituation

Für die Stadt Ingolstadt liegt aktuell eine Bilanzierung der Treibhausgasemissionen entsprechend dem Greenhouse Gas Protocol aber auch eine Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen der privaten Haushalte des Hauptamtes – Statistik und Stadtforschung vor. Ein Vergleich von Ergebnissen der unterschiedlichen Bilanzen, aber auch von Ergebnissen anderer Kommunen, ist oft nicht zielführend, da die Bilanzierungssystematik, die Bilanzgrenzen oder die verwendeten Emissionsfaktoren oft zu unterschiedlich sind, um belastbare Vergleiche anstellen zu können. Für die Bilanzierung von Kommunen und Gebietskörperschaften hat sich zwischenzeitlich der BSKO-Standard etabliert, der eine Vereinheitlichung der Bilanzierungssystematik gewährleisten soll.

Der BSKO-Standard „Bilanzierungs-Systematik kommunal“ wurde im Auftrag des Bundesumweltministeriums im Rahmen der Klimaschutzinitiative durch das ifeu-Institut, das Klima-Bündnis und das Institut dezentrale Energietechnologien (IdE) als ein standardisierter Instrumentenansatz zur Bilanzierung, Potenzialermittlung und Szenarienentwicklung für Gebietskörperschaften erarbeitet. Die Verwendung einer einheitlichen Methode, der gleichen Emissionsfaktoren sowie die Berücksichtigung der jeweiligen Datengüte der Ausgangsdaten soll vergleichbare Bilanzen in den jeweiligen Gebietskörperschaften mit einem vergleichbaren hohen Qualitätsstandard gewährleisten und eine Aggregation auf Länder- und Bundesebene vereinfachen.

3.2 Systematik der Bilanzierung

Die Bilanzierung der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen erfolgte mit der Bilanzierungssoftware „ECOSPEED Region“ entsprechend dem BSKO-Standard.

- Der BSKO-Standard sieht keine Witterungsbereinigung der Energieverbräuche vor. Eine Witterungsbereinigung dient dazu, die zeitliche Entwicklung der Energieverbräuche und Emissionen ohne Witterungseinflüsse darzustellen. Dazu werden die Energieverbräuche in ihren temperaturabhängigen Bestandteilen witterungsbereinigt. Da warme Jahre nicht mehr nur Wetterphänomene sind, sondern vor allem das Ergebnis des Klimawandels, besteht die Gefahr, dass durch die Witterungsbereinigung die Verbräuche unnötig hochgerechnet werden. Aus diesen Gründen wurde auf eine zusätzliche Darstellung der witterungsbereinigten Werte verzichtet.
- Der Energieverbrauch wurde getrennt für die Sektoren private Haushalte (HH), Industrie (I), Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) und den Sektor Verkehr (Ve) bilanziert. Die kommunalen oder öffentlichen Verbraucher sind im Sektor GHD enthalten. Unabhängig davon wurden die Verbräuche der Liegenschaften, die vom Amt für Gebäudemanagement erfasst werden, sowie die Straßenbeleuchtung im Sektor kommunalen Verbraucher (KV) nochmals einzeln dargestellt.
- Die Verbräuche der privaten Haushalte werden über die vorhandenen Wohnflächen, ihre Altersstruktur und angesetzte Sanierungsraten unter der Berücksichtigung spezifischer Kennzahlen von der Bilanzierungssoftware simuliert. Nach Eingabe der leitungsgebundenen Energieträger (Abfrage bei den Stadtwerken Ingolstadt) wurden die restlichen Energieträger entsprechend angepasst.

- Die Aufteilung zwischen den Sektoren GHD und Industrie ist nicht immer eindeutig. Bei den leitungsgebundenen Energieträgern (Strom, Erdgas, Fernwärme) wurden die Aufteilung der Stadtwerke Ingolstadt und bei den nicht-leitungsgebundenen Energieträgern (Kohle, Heizöl, erneuerbare Wärme) die Vorgaben von ECOSPEED Region übernommen. Die Gesamtverbräuche der Sektoren GHD und Industrie werden von der Bilanzierungssoftware anhand der Beschäftigten in den unterschiedlichen Wirtschaftszweigen berechnet. Die leitungsgebundenen Energieträger wurden von den Stadtwerken Ingolstadt abgefragt und in die Software übertragen. Bei den beiden großen industriellen Verbrauchern wurden Verbräuche und Strukturen der Energieversorgung direkt abgefragt. Die nicht-leitungsgebundenen Energieträger wurden entsprechend der vorhandenen Daten aus vorhergehenden Bilanzen und den örtlichen Gegebenheiten angepasst.
- Der Verkehr wird nach dem Trimode-Modell des ifeu-Instituts bilanziert. Dabei wird nur der im Betrachtungsgebiet anfallende Verkehr, unabhängig vom Verursacher herangezogen. Die einzelnen Verkehrsarten wie Ziel-, Quell- und Transitverkehr werden nicht unterschieden. Der Flugverkehr wird im BSKO-Standard nur über die Starts und Landungen an Hauptflughäfen (Flughäfen mit mehr als 150.000 Fluggasteinheiten) erfasst. In Ingolstadt fließt der Flugverkehr nicht in die Bilanz ein.
- Beim BSKO-Standard wird bei der Eingabe in die Bilanzierungssoftware allen Werten eine spezifische Datengüte zugeordnet, um Angaben über die Aussagekraft der Ergebnisse treffen zu können. Primärdaten des Energieversorgers oder abgelesene Verbrauchsdaten haben eine hohe Datengüte, abgeleitete Werte aus regionalen Daten oder Deutschlandwerte eine entsprechend niedrige. Die Datengüte der aktuellen Jahresscheiben (2017-2019) ist hoch, weil für die relevanten Bereiche Primärdaten von den Stadtwerken Ingolstadt oder Angaben von den jeweiligen Verbrauchern zur Verfügung standen. Für die weiter zurückliegenden Jahresscheiben (2010, 2000, 1990) musste vermehrt auf eine Rückschreibung der vorhandenen Werte oder auf Ableitung aus Deutschlandwerten zurückgegriffen werden. Die Datengüte und die Belastbarkeit dieser Ergebnisse sind dementsprechend geringer.
- Die Erzeugung von erneuerbarem Strom wird im BSKO-Standard nicht berücksichtigt. Der verwendete Emissionsfaktor für Strom entspricht dem Deutschlandmix, bei dem die erneuerbare Stromerzeugung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bereits enthalten ist.

Der Einkauf von Ökostrom bzw. Zertifikaten wird im BSKO-Standard nicht berücksichtigt. Dabei wird nicht unterschieden, ob es sich um ein reines Bilanzierungsmodell handelt, bei dem die Verbesserung des Emissionsfaktors in einem Bereich eine Verschlechterung in einem anderen bewirkt oder ob der Zertifikathandel den Neubau von Erzeugungsanlagen für regenerativen Strom befördert. Der Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung auf dem Stadtgebiet wird außerhalb der BSKO-Bilanzierung jedoch separat dargestellt.

4 Energie- und Treibhausgasbilanz

Der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) von Ingolstadt sind maßgeblich geprägt vom Zuwachs der Bevölkerung (+30 %) und der Erwerbstätigen (+60 %) im Betrachtungszeitraum 1990-2019. Daneben spielt die Entwicklung im Sektor Industrie eine entscheidende Rolle. Der Anteil dieses Sektors beträgt bei Energieverbrauch und Emissionen fast 50 % und liegt damit deutlich über dem Bundesdurchschnitt.

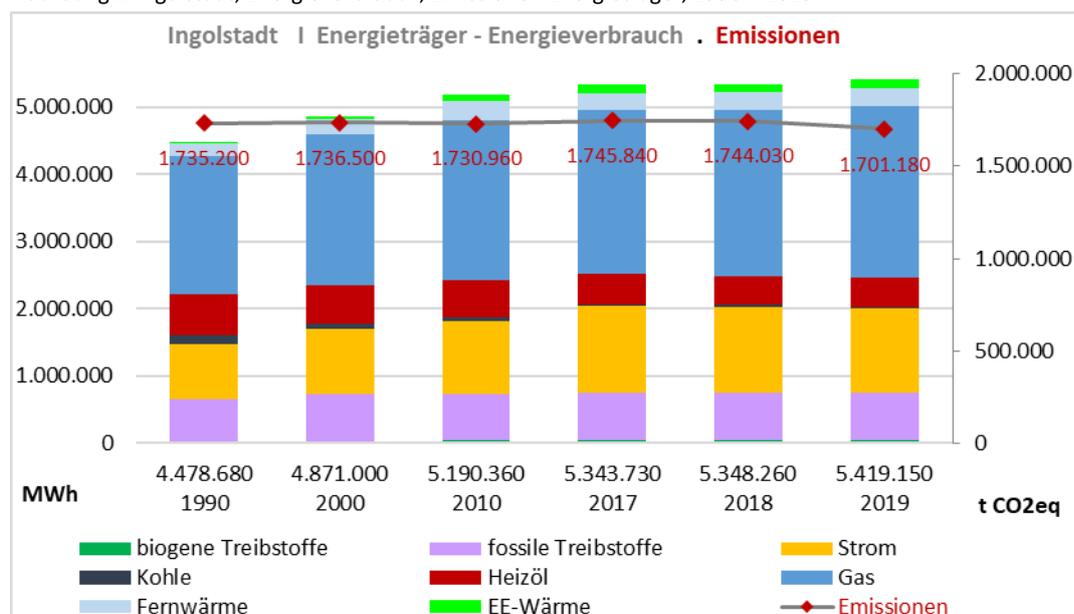
4.1 Energie- und THG-Bilanz

Der Endenergieverbrauch auf dem Stadtgebiet von Ingolstadt hat in den Jahren von 1990 bis 2019 um insgesamt 21 % zugenommen. Im gleichen Zeitraum sind die Treibhausgas-Emissionen um 2 % zurückgegangen.

Abbildung 1 Ingolstadt; Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch MWh	4.478.680	4.871.000	5.190.360	5.343.730	5.348.260	5.419.150
THG-Emissionen t CO ₂ eq	1.735.200	1.736.500	1.730.960	1.745.840	1.744.030	1.701.180

Abbildung 2 Ingolstadt; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger, 1990 – 2019



Der Rückgang der Emissionen bei zeitgleicher Zunahme des Energieverbrauchs ergibt sich vor allem durch die Verdrängung von fossilen Energieträgern wie Heizöl (-30 %) und Kohle (-75 %) sowie durch die geringeren Emissionen beim Strom (-11 %). Trotz steigenden Stromverbrauchs sinken die Emissionen für Strom im Jahr 2019 bezogen auf 1990. Verantwortlich dafür ist der massiv gestiegene Anteil regenerativer Stromerzeugung.

Der wichtigste Energieträger ist Gas mit einem Anteil von 46 % (1990) bzw. 47 % (2019) gefolgt von Strom mit 19 % (1990) bzw. 23 % (2019). Der Anteil erneuerbarer Wärme liegt 1990 unter 1 % und 2019

bei 2,5 %. Der Anteil erneuerbarer Energien nur am Wärmeverbrauch beträgt 4 %, dies ist deutlich weniger als der Bundesdurchschnitt von 14,7 %³.

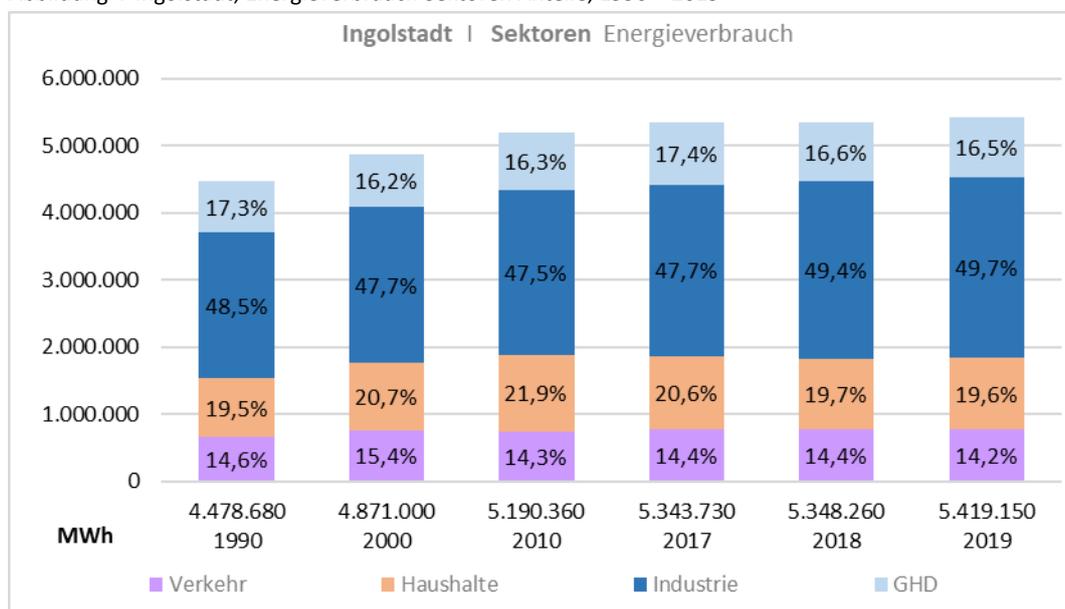
Bezieht man Energieverbrauch und Emissionen auf die Einwohner*innen, so ergibt sich durch den starken Bevölkerungszuwachs in Ingolstadt während der letzten 30 Jahre sowohl beim Energieverbrauch ein Rückgang der Verbrauchswerte als auch bei den Emissionen ein Rückgang pro Einwohner*in. Der spezifische Energieverbrauch reduziert sich von 42,5 MWh pro Einwohner*in (EW) 1990 um 7 % auf 39,4 MWh im Jahr 2019. Die Treibhausgas (THG)-Emissionen reduzierten sich von 16,4 t CO₂eq pro Einwohner*in um 25 % auf 12,4 t CO₂eq.

Abbildung 3 Ingolstadt; Energieverbrauch, Emissionen pro EW; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Einwohner*innen (EW)	105.489	115.722	125.088	135.244	136.981	137.400
Energieverbrauch MWh/ EW	42,5	42,1	41,5	39,5	39,0	39,4
THG-Emissionen t CO ₂ eq/ EW	16,4	15,0	13,8	12,9	12,7	12,4

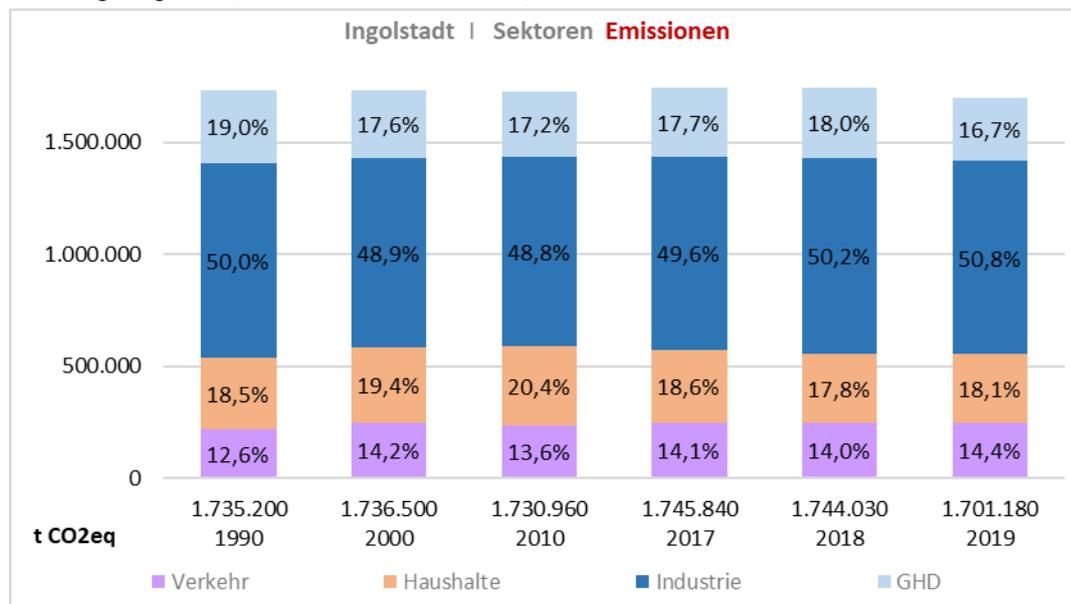
Die Anteile der einzelnen Sektoren am Energieverbrauch und an den Emissionen bleiben während des Betrachtungszeitraums relativ konstant. Wobei die gewerblichen Sektoren beim Energieverbrauch einen etwas niedrigeren Anteil verzeichnen als bei den Emissionen. Bei den Sektoren private Haushalte und Verkehr ist es umgekehrt. Dies ergibt sich durch den höheren Stromanteil bei den gewerblichen Sektoren. Energieverbrauch und Emissionen der kommunalen Verbraucher sind im Sektor GHD enthalten.

Abbildung 4 Ingolstadt; Energieverbrauch Sektoren Anteile; 1990 – 2019



³ Erneuerbare Energien in Zahlen, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); 2020

Abbildung 5 Ingolstadt; Emissionen Sektoren Anteile; 1990 – 2019



Der dominierende Sektor in Ingolstadt ist die Industrie mit einem Anteil von 49,7 % am Energieverbrauch. Im Bundesdurchschnitt liegt der Anteil bei 28 %⁴. Zusammen mit dem Sektor Gewerbe haben beide einen Anteil von 66,2 %. Deshalb liegen die Sektoren private Haushalte mit 19,6 % und Verkehr mit 14,2 % deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 26,5 % (Haushalte) bzw. 30,6 % (Verkehr)⁵.

Der deutliche Unterschied zu den bundesdeutschen Vergleichswerten beim Verkehr beruht, neben dem hohen Anteil der Industrie auch auf dem Territorialprinzip der Bilanzierung gemäß dem BSKO-Standard. So liegt der Anteil des Verkehrs in Großstädten (hoher Energieverbrauch, geringe Fläche=kurze Wege, höherer Anteil ÖPNV, Fuß- und Fahrradverkehr) in der Regel unter dem Bundesdurchschnitt und in ländlich geprägten Gebietskörperschaften (geringerer Energieverbrauch, große Fläche=lange Wege, geringerer Anteil ÖPNV, Fuß- und Fahrradverkehr) über dem Bundesdurchschnitt.

4.2 Sektor private Haushalte (HH)

Im Betrachtungszeitraum 1990-2019 steigt der Energieverbrauch der privaten Haushalte um 21 %, während der THG-Ausstoß geringfügig sinkt. Der Sektor private Haushalte ist 1990 für 19,5 % des Energieverbrauchs und 18,3 % der THG-Emissionen in Ingolstadt verantwortlich. Diese Anteile verändern sich bis 2019 kaum. Im Jahr 2019 beträgt der Anteil am Energieverbrauch 19,6 % und an den THG-Emissionen 18 %.

Abbildung 6 private Haushalte, Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch HH MWh	875.550	1.009.850	1.136.900	1.099.090	1.055.620	1.063.360
THG-Emissionen HH t CO2eq	320.350	336.470	353.740	324.820	311.110	307.590

Die Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor private Haushalte ab 1990 ist geprägt von einem Zuwachs bei Gas (+56 %) und Strom (+47 %) und einem Rückgang des fossilen Energieträgers Heizöl

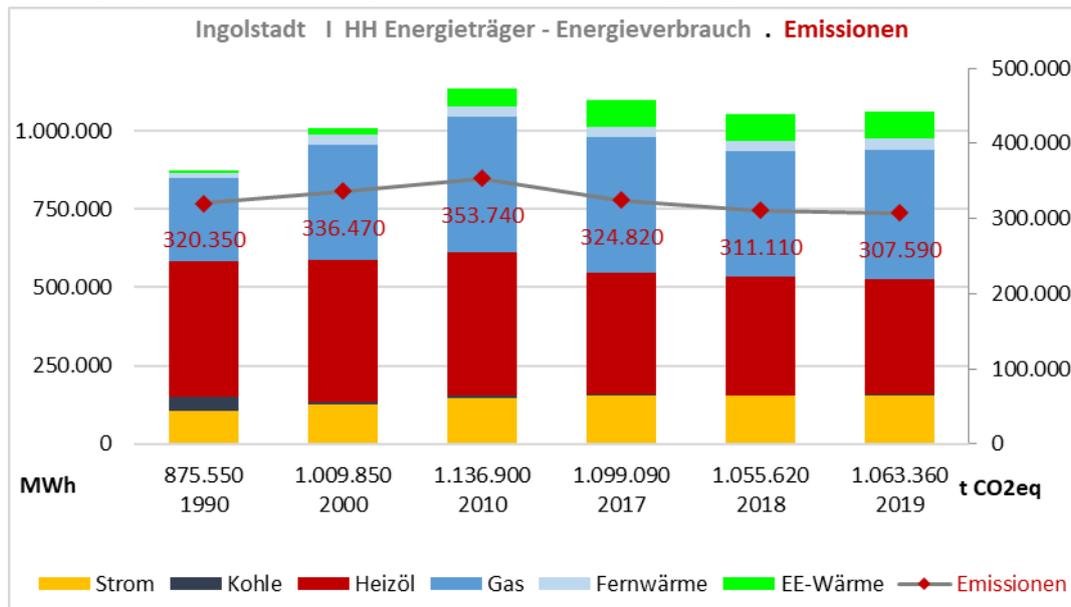
⁴ Endenergieverbrauch in Deutschland nach Sektoren 2019; Infografik 07/2020, AG Energiebilanzen

⁵ ebda

(-15 %). Für die günstigere Entwicklung der Emissionen im Vergleich zum Energieverbrauch ist neben dem geringeren Heizölanteil auch die Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom relevant.

Der wichtigste Energieträger ist 1990 Heizöl (50 %) gefolgt von Gas (30 %), 2019 dreht sich das Verhältnis und Gas liegt mit einem Anteil von 39 % vor Heizöl mit 35 %. Der Anteil erneuerbare Wärme liegt 1990 bei 1 % und 2019 bei 8,3 %. Die Versorgung mit Fernwärme ist bei den privaten Haushalten nicht sehr ausgeprägt, der Anteil liegt 1990 bei 2 % und 2019 bei 3,5 %.

Abbildung 7 private Haushalte; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger, 1990 - 2019



Berücksichtigt man beim Energieverbrauch den starken Anstieg der Bevölkerung und daraus resultierend der Wohnfläche bis 2019, ergibt sich bei den spezifischen Energieverbrauch pro Einwohner*in bzw. pro m² Wohnfläche und bei den spezifischen Emissionen pro Einwohner*in jeweils ein Rückgang.

Abbildung 8 private Haushalte, Energieverbrauch, Emissionen pro EW, pro m²; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Einwohner*innen (EW)	105.489	115.722	125.088	135.244	136.981	137.400
Wohnfläche (m ²)	3.558.213	4.387.328	4.992.087	5.750.810	5.853.704	5.934.727
Energieverbrauch HH MWh/EW	8,3	8,7	9,1	8,1	7,7	7,7
THG-Emissionen HH t CO ₂ eq/EW	3,0	2,9	2,8	2,4	2,3	2,2
Energieverbrauch HH kWh/m ²	246	230	228	191	180	179

Der spezifische Energieverbrauch pro Einwohner*in sinkt von 8,3 MWh/EW um 7 % auf 7,7 MWh/EW im Jahr 2019. Bei den THG-Emissionen pro Einwohner*in ergibt sich für 1990 ein Wert von 3,0 t CO₂eq und 2019 von 2,2 t CO₂eq (-26 %). Der spezifische Energieverbrauch pro m² Wohnfläche reduziert sich um 27 % von 246 kWh/m² auf 179 kWh/m². Es zeigt sich eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz des Wohnungsbestandes. Dass sich dies nicht bei der Entwicklung der absoluten Energieverbräuche bemerkbar macht, liegt neben dem Bevölkerungszuwachs auch am Zuwachs des Wohnflächenbedarfes pro Einwohner*in. Standen 1990 jeder Einwohner*in 37,7 m² Wohnfläche zur Verfügung, sind es 2019 bereits 43,2 m².

4.3 Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie (GHDI)

Der Sektor GHDI ist mit einem Anteil von 66 % der bedeutendste Sektor in Ingolstadt. Die Zuordnung zu GHD bzw. Industrie ist jedoch nicht immer eindeutig, deshalb werden die Sektoren sowohl aggregiert als auch einzeln dargestellt.

Zwischen 1990 und 2019 ist der Energieverbrauch des Sektors GHDI um 22 % gestiegen und die THG-Emissionen sind um 4 % zurückgegangen.

Abbildung 9 GHDI; Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch GHDI MWh	2.947.380	3.112.060	3.310.540	3.477.220	3.525.130	3.584.520
THG-Emissionen GHDI t CO ₂ eq	1.196.410	1.154.130	1.141.790	1.175.320	1.188.340	1.147.830

Abbildung 10 GHDI; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger; 1990 – 2019

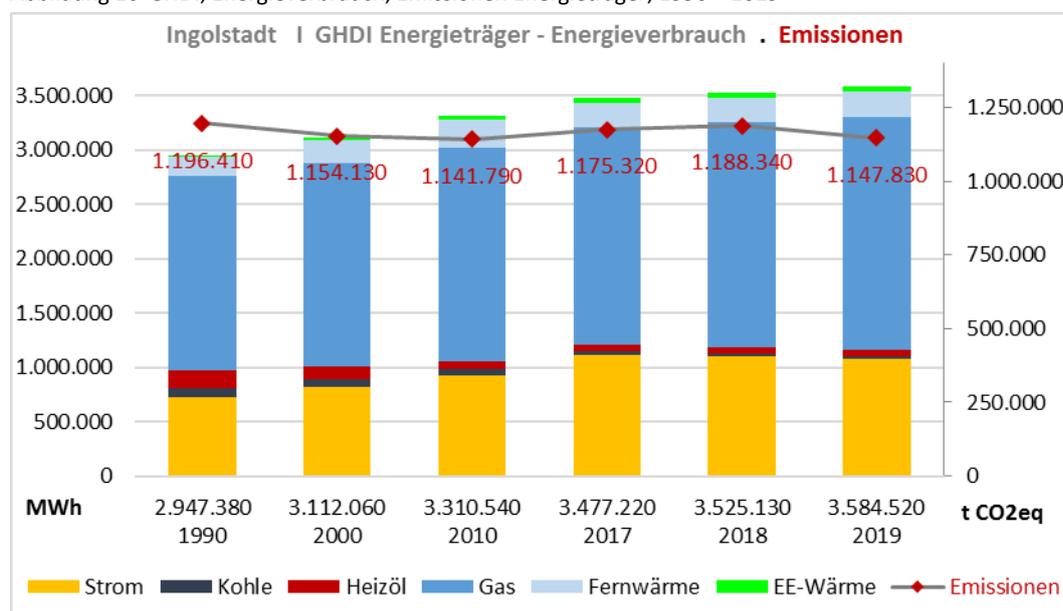


Abbildung 11 GHDI; Energieverbrauch, Emissionen pro sozplf. Beschäftigte; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
sozplf. Beschäftigte	68.637	79.331	88.980	107.168	107.336	107.531
Energieverbrauch GHDI MWh/ sozBesch	42,9	39,2	37,2	32,4	32,8	33,3
THG-Emissionen GHDI t CO ₂ eq/ sozBesch	17,4	14,5	12,8	11,0	11,1	10,7

sozplf. Besch. = sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Im Betrachtungszeitraum ist die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten deutlich gestiegen. Bezieht man die Entwicklung des Energieverbrauchs und der THG-Emissionen auf die Beschäftigten, so ergibt sich sowohl bei dem Energieverbrauch als auch bei den THG-Emissionen ein deutlicher Rückgang. Der Energieverbrauch pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sinkt von 42,9 MWh um 22 % auf 33,3 MWh, die Emissionen verringern sich um 39 % von 17,4 t CO₂eq auf 10,7 t CO₂eq. Dies lässt trotz einem Zuwachs des absoluten Energieverbrauchs eine deutliche Effizienzsteigerung im gewerblichen Sektoren erkennen.

Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)

Im Betrachtungszeitraum 1990-2019 ist der Energieverbrauch des Sektors GHD um 15 % gestiegen, während der THG-Ausstoß um 14 % zurückging. Der Sektor GHD war 1990 für 17,3 % des Energieverbrauchs und 19,0 % der THG-Emissionen in Ingolstadt verantwortlich. Diese Anteile haben sich bis 2019 etwas verringert. Im Jahr 2019 betrug der Anteil am Energieverbrauch 16,5 % und an den THG-Emissionen 16,7 %.

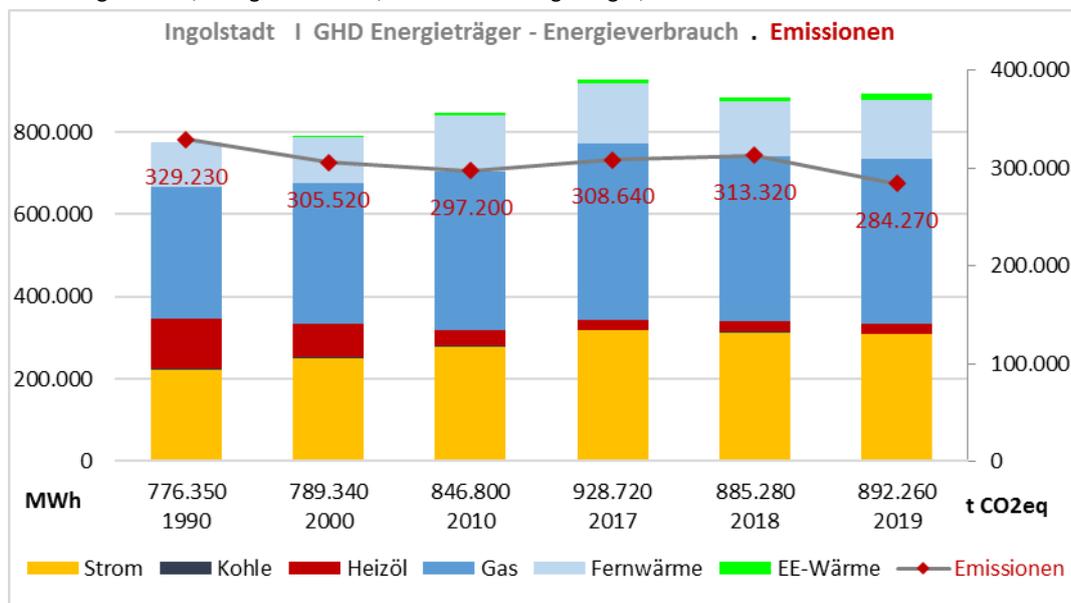
Abbildung 12 GHD, Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch GHD MWh	776.350	789.340	846.800	928.720	885.280	892.260
THG-Emissionen GHD t CO ₂ eq	329.230	305.520	297.200	308.640	313.320	284.270

Die Entwicklung des Energieverbrauchs im Sektor GHD ist geprägt von einem Zuwachs bei Fernwärme (+32 %), Gas (+25 %) und Strom (+39 %) und einem Rückgang beim Heizöl (-79 %). Für die günstigere Entwicklung der Emissionen im Vergleich zum Energieverbrauch ist neben dem geringeren Heizölanteil auch die Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom relevant.

Die wichtigsten Energieträger sind 1990 und 2019 Gas mit 41 % bzw. 45 % sowie Strom mit 29 % bzw. 35 %. Einen relativ großen Anteil hat die Fernwärme mit 14 % (1990) und 16 % (2019). Heizöl hat 1990 noch einen Anteil von 16 %, spielt aktuell jedoch keine Rolle mehr. Erneuerbare Energien sind mit 1,4 % (2019) nachgeordnet.

Abbildung 13 GHD; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger; 1990 – 2019



Da die Zuordnung der sozialpflichtig Beschäftigten zum Sektor GHD entsprechend der Aufteilung der Energieverbräuche nicht möglich ist, wird auf eine Ausweisung von spezifischen Verbräuchen und Emissionen für diesen Sektor verzichtet. Dennoch kann auch in diesen Sektor von Effizienzgewinnen ausgegangen werden. Die spezifischen Energieverbräuche des Sektors GHD sind in der gemeinsamen Betrachtung mit GHDI enthalten.

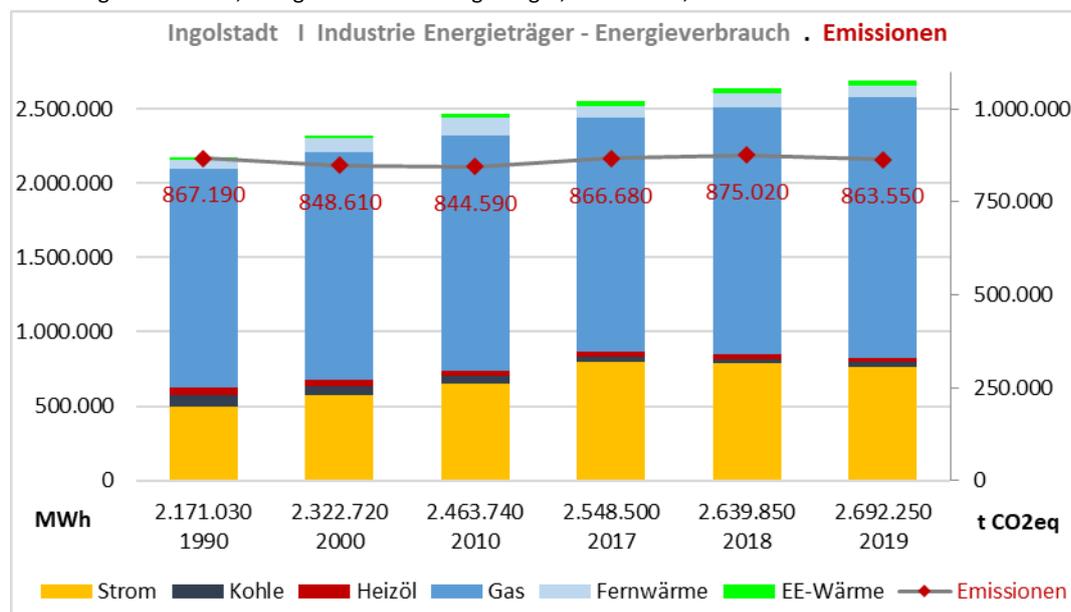
Sektor Industrie

Zwischen 1990-2019 ist der Energieverbrauch des Sektors Industrie um 24 % gestiegen, während der THG-Ausstoß relativ konstant blieb. Der Energieverbrauch in diesem Sektor wird zu einem großen Teil von zwei Unternehmen bestimmt. Der Sektor Industrie war 1990 für 48,5 % des Energieverbrauchs und 50,0 % der THG-Emissionen in Ingolstadt verantwortlich. Diese Anteile haben sich bis 2019 etwas erhöht. Im Jahr 2019 betrug der Anteil am Energieverbrauch 49,7 % und an den THG-Emissionen 50,8 %.

Abbildung 14 Industrie; Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch I MWh	2.171.030	2.322.720	2.463.740	2.548.500	2.639.850	2.692.250
THG-Emissionen I t CO ₂ eq	867.190	848.610	844.590	866.680	875.020	863.550

Abbildung 15 Industrie; Energieverbrauch Energieträger, Emissionen; 1990 – 2019



Die Entwicklung im Sektor Industrie ist geprägt von einem Zuwachs bei Gas⁶ (+19 %) und Strom (+54 %) sowie einem Rückgang beim Heizöl (-36 %). Für die günstigere Entwicklung der Emissionen im Vergleich zum Energieverbrauch ist neben dem geringeren Heizölanteil vor allem die Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom relevant.

Der dominierende Energieträger im Sektor Industrie ist Gas mit einem Anteil von 68 % (1990) bzw. 65 % (2019). Der Anteil von Strom steigt von 23 % 1990 auf 28,5 % 2019. Alle anderen Energieträger spielen eine nachgeordnete Rolle.

Da die Zuordnung der sozialpflichtig Beschäftigten zum Sektor Industrie entsprechend der Aufteilung der Energieverbräuche nicht möglich ist, wird auf eine Ausweisung von spezifischen Verbräuchen und Emissionen für diesen Sektor verzichtet. Speziell bei der Industrie kann von deutlichen Effizienzgewinnen ausgegangen werden. Die spezifischen Energieverbräuche der Industrie sind in der gemeinsamen Betrachtung mit GHDI enthalten.

⁶ darin enthalten ist Erdgas, Flüssiggas und Raffineriegas

4.4 Kommunale Verbraucher (KV)

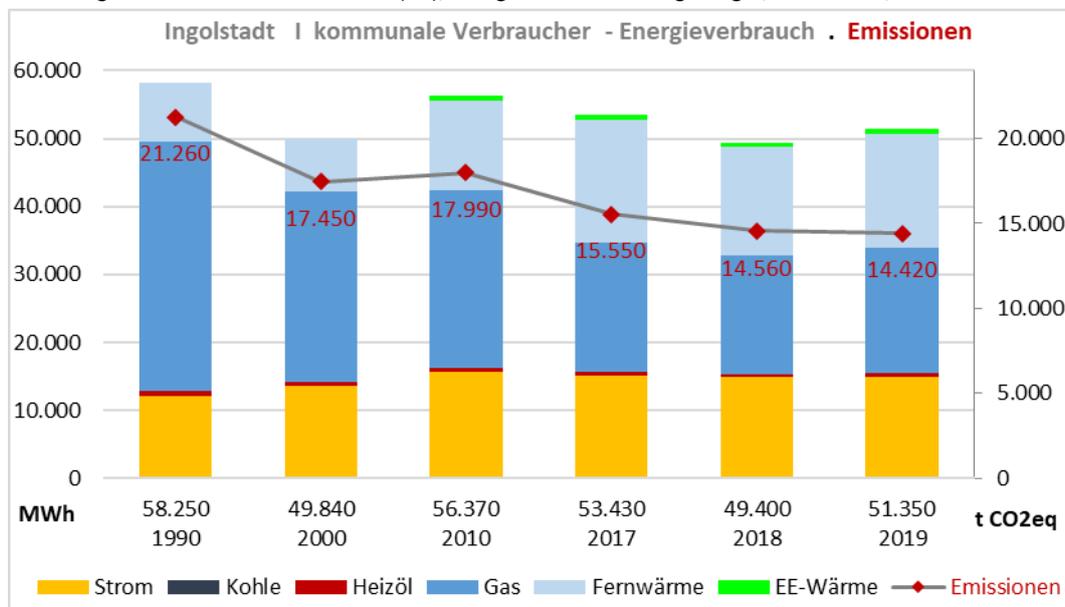
Im Sektor kommunale Verbraucher sind die Liegenschaften erfasst, die vom Gebäudemanagement betreut werden, sowie der Verbrauch der Straßenbeleuchtung. Diese Auswahl erfolgte, um eine gute Datenqualität zu gewährleisten und um Effizienzsteigerungen darstellen zu können, da für diese Verbraucher lange Zeitreihen mit belastbaren Daten vorhanden sind. Die Darstellung der kommunalen Verbraucher erfolgt als Teilmenge des Sektors GHD. Alle Verbräuche und Emissionen sind im Sektor GHD enthalten. Die kommunalen Verbraucher haben einen Anteil beim Energieverbrauch und bei den Emissionen von knapp über 1 % bzw. knapp darunter.

Im Betrachtungszeitraum 1990-2019 ist der Energieverbrauch in diesem Sektor um 12 % zurückgegangen und die THG-Emissionen um 32 %.

Abbildung 16 kommunale Verbraucher (KV); Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch KV MWh	58.250	49.840	56.370	53.430	49.400	51.350
THG-Emissionen KV t CO ₂ eq	21.260	17.450	17.990	15.550	14.560	14.420

Abbildung 17 kommunale Verbraucher (KV); Energieverbrauch Energieträger, Emissionen; 1990 – 2019



Die Entwicklung des Energieverbrauchs ist geprägt von einem Zuwachs bei Fernwärme (+91 %) und gleichzeitigen Rückgang beim Erdgas (-49 %). Daneben ist Strom ein wichtiger Energieträger. Andere Energieträger spielen keine nennenswerte Rolle. Für den Rückgang der Emissionen ist neben dem Umstieg auf Fernwärme auch die Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom relevant.

Der wichtigste Energieträger im Sektor kommunale Verbraucher war 1990 Erdgas (63 %) vor Strom (21 %) und Fernwärme (15 %). 2019 ist Erdgas immer noch der wichtigste Energieträger (36 %), die Anteile von Strom (29 %) und Fernwärme (32 %) haben sich deutlich erhöht.

Abbildung 18 kommunale Liegenschaften; Energieverbrauch, Emissionen pro m² Fläche; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Fläche m ²	284.480	314.553	341.395	374.453	374.938	378.819
Energieverbrauch kWh/m ²	192	142	148	129	119	123
THG-Emissionen t CO ₂ eq/m ²	64,0	44,3	41,9	34,1	31,7	31,6

Der spezifische Energieverbrauch pro m² der Liegenschaften reduziert sich um 36 % von 192 kWh 1990 auf 123 kWh 2019. Durch den gesteigerten Einsatz von Fernwärme statt Erdgas reduzieren sich die Emissionen noch deutlicher um 51 % von 64,0 t CO₂eq/m² auf 31,6 t CO₂eq/m².

4.5 Sektor Verkehr (VE)

Der Sektor Verkehr ist der einzige Sektor, der im Betrachtungszeitraum einen deutlichen Zuwachs der THG-Emissionen zu verzeichnen hat.

Zwischen 1990-2019 ist der Energieverbrauch des Sektors Verkehr um 18 % und die THG-Emissionen um 13 % gestiegen. Der Verkehr hat einen Anteil von 14,6 % (1990) bzw. 14,2 % (2019) am Energieverbrauch von Ingolstadt, der Anteil der Emissionen beträgt 12,6 % (1990) bzw. 14,4 % (2019). Der Sektor Verkehr profitiert deutlich weniger von der Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom, da der Stromanteil am Energiemix niedriger ist als bei den übrigen Sektoren. Deshalb steigt auch der Anteil an den Emissionen im Verhältnis zum Energieverbrauch.

Abbildung 19 Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Energieverbrauch VE MWh	655.760	749.090	742.920	767.410	767.500	771.280
THG-Emissionen VE t CO ₂ eq	218.430	245.900	235.440	245.700	244.580	245.760

Abbildung 20 Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen Energieträger; 1990 - 2019

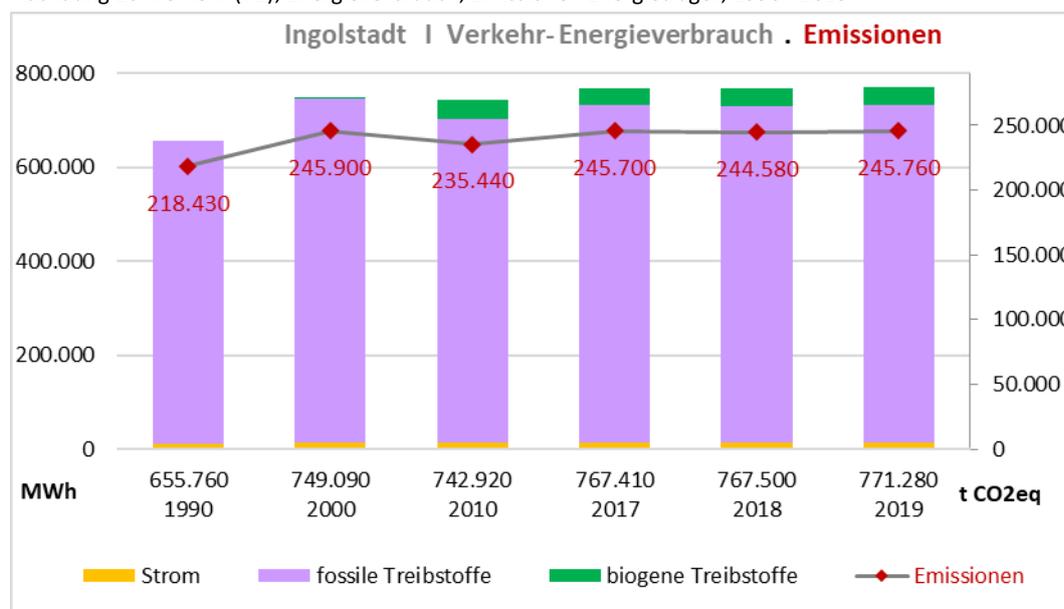
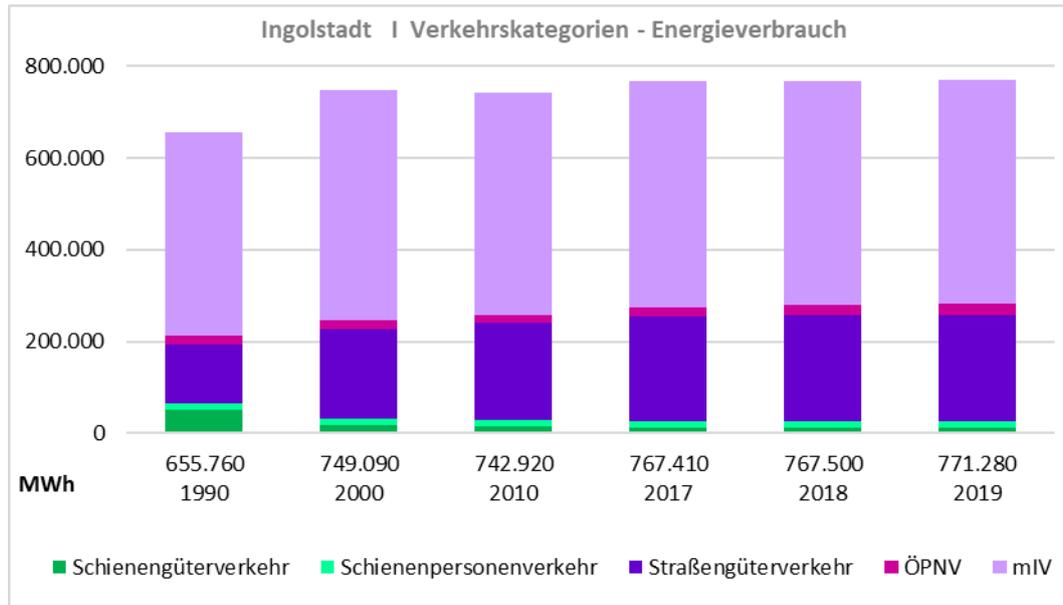


Abbildung 21 Verkehr (VE); Energieverbrauch, Verkehrsarten; 1990 - 2019



Fossile Treibstoffe haben einen Anteil von 93 % am Energiemix des Verkehrs. Biogene Treibstoffen tauchen fast nur als Zumischung bei den fossilen Treibstoffen auf. Der Anteil des Straßenverkehrs (Personen und Güter) am Energieverbrauch erhöht sich von 90 % 1990 auf 97 % 2019. Der Anteil des Güterverkehrs (Straße und Schiene) erhöht sich von 28 % auf 32 %.

Abbildung 22 Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen mIV pro EW; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
Einwohner*innen (EW)	105.489	115.722	125.088	135.244	136.981	137.400
Energieverbrauch mIV MWh/ EW	4,2	4,4	3,9	3,6	3,6	3,6
THG-Emissionen mIV t CO ₂ eq/ EW	1,4	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1

mIV. = motorisierte Individualverkehr (Zweiräder, PKW)

Die spezifischen Verbrauchs- und Emissionswerte für den motorisierter Individualverkehr (Zweiradverkehr und PKW-Verkehr) pro Einwohner*in gehen um 15 % von 4,2 MWh auf 3,6 MWh bzw. um 19 % von 1,4 t CO₂eq auf 1,1 t CO₂eq zurück.

Abbildung 23 Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen SGV pro sozBesch; 1990 – 2019

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
sozpl. Beschäftigte	68.637	79.331	88.980	107.168	107.336	107.531
Energieverbrauch SGV MWh/ sozBesch	1,9	2,5	2,4	2,1	2,2	2,2
THG-Emissionen SGV t CO ₂ eq/ sozBesch	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7

SGV = Straßengüterverkehr; sozBesch = sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Die spezifischen Verbrauchs- und Emissionswerte für den Straßengüterverkehr pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigter steigen um 15 % von 1,9 MWh auf 2,2 MWh bzw. um 16 % von 0,6 t CO₂eq auf 0,7 t CO₂eq. Der Straßengüterverkehr ist der einzige Bereich, bei dem auch die spezifischen Verbrauchswerten ansteigen. Effizienzsteigerungen in der Antriebstechnik werden durch veränderte Produktionsstrukturen und ein höheres Transportaufkommen überkompensiert. Dies verdeutlicht die Brisanz und die Notwendigkeit von Veränderungen in diesem Sektor.

5 Effizienzpotenziale, Reduktionspotenziale

Eine Reduktion der THG-Emissionen erfolgt einerseits durch die Reduktion des Energiebedarfs und andererseits durch einen verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien bzw. einen verbesserten Emissionsfaktor für den eingesetzten Strom. Die Reduktion des Energieverbrauchs ist im Gebäudesektor oft mit hohen Investitionen verbunden. Wirtschaftlich sinnvoll sind Effizienzmaßnahmen vor allem beim Neubau oder wenn sowieso Sanierungen im Rahmen des Gebäudeunterhaltes geplant sind. Außerhalb dieser Handlungsfenster sind Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung oft mit langen Amortisationszeiten verbunden. Desto wichtiger ist es, die vorhandenen Gelegenheiten für Sanierungen auf hohen bzw. höchsten Effizienzniveau zu nutzen. Eine (zweite) energetische Sanierung eines relativ guten Bauteils, lässt sich in der Regel nicht wirtschaftlich darstellen. Einsparpotenziale, die beim Neubau oder energetischen Sanierungen nicht umgesetzt werden, sind auf lange Zeit verloren.

Effizienzmaßnahmen bei den Querschnittstechnologien (Beleuchtung, Antriebe, Druckluft, etc.) haben in der Regel deutlich kürzere Amortisationszeiten und werden von den Unternehmen entsprechend häufig umgesetzt. Da die Bauteile bei den Querschnittstechnologien keine so langen Nutzungszeiten wie die Gebäudehülle haben, bietet sich öfters die Gelegenheit für Optimierungen. Eine Ermittlung des Effizienzpotenzials in den eigentlichen Produktionsabläufen der Betriebe bedarf jedoch einer Einzelbetrachtung.

Die THG-Reduktionspotenziale, die durch den Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden können, sind deutlich höher einzustufen als die Reduktionspotenziale durch Energieeinsparung. So wird z.B. bei der Umstellung von Diesel auf Strom im Verkehrssektor (mit dem für 2050 angesetzten Emissionsfaktor) allein durch den Wechsel des Energieträgers eine Reduktion der THG-Emissionen von über 80 % erreicht. Die Reduktion beim Strom mit dem Emissionsfaktor von 2019 zum Strom mit dem Emissionsfaktor von 2050 beträgt fast 90 %. Oft sind erneuerbare Energieträger zudem günstiger als fossile Energieträger. Die CO₂-Bepreisung wird diesen Effekt in Zukunft noch verstärken.

Je höher der Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix ist, desto geringer wird die konkrete Reduktion der THG-Emissionen durch eine Reduktion des Energieverbrauchs. Dennoch ist eine Reduktion des Energieverbrauchs unabdingbar, da die erneuerbaren Energien begrenzt sind. Je höher das genutzte Potenzial an erneuerbaren Energien ist, desto schwieriger und aufwendiger wird die Erschließung weiterer Potenziale.

So bietet eine komplett erneuerbare Stromerzeugung zwar scheinbar einfache Reduktionspotenziale. Die Umsetzung von 100 % EE-Strom darf jedoch nicht unterschätzt werden und bedarf immenser Anstrengungen. Dazu sind die Rahmenbedingungen (EEG, 10H-Regel, Mieterstrom, ...) schnellstmöglich anzupassen und die Bevölkerung auf notwendige Maßnahmen vorzubereiten. Die Umstellung auf eine dekarbonisierte Gesellschaft wird in unserem Umfeld sichtbar sein, die Folgen, wenn dies nicht geschieht, jedoch noch mehr.

5.1 Effizienzpotenziale Haushalte

Der Energiebedarf der privaten Haushalte wird überwiegend (über 80 %)⁷ durch die Raumheizung und Warmwasserbereitstellung bestimmt. Die restlichen Anwendungen sind Prozesskälte, Informations- und

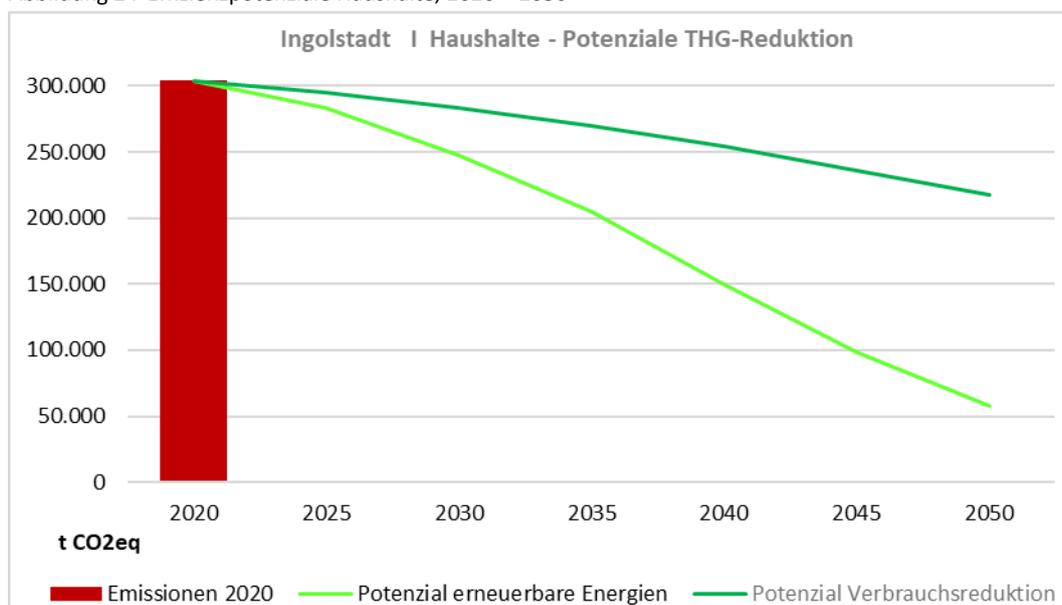
⁷Umweltbundesamtes auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Kommunikationstechnik und Beleuchtung. In diesen Bereichen ist die Nutzungsdauer der Geräte deutlich kürzer als bei der Anlagentechnik zur Beheizung und Warmwassererzeugung und auch wesentlich kürzer als die üblichen Sanierungszyklen der Gebäudehülle. Der Effizienzstandard verbessert sich meist mit dem Einsatz einer neuen Gerätegeneration. Teilweise führt dies jedoch nicht zu einer Energieeinsparung, da die Effizienzsteigerungen durch mehr oder leistungsstärkere Geräte oder längere Einsatzzeiten überkompensiert werden. Das Einsparungspotenzial liegt nicht allein in den Effizienzsteigerungen der Gerätetechnik, sondern zu einem großen Teil auch im Nutzerverhalten.

Die Effizienzpotenziale bei der Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitstellung definieren sich einerseits durch die Verbesserung der Gebäudehülle durch Sanierungen und in geringem Maß auch durch den Neubau von Wohnfläche und andererseits durch eine Optimierung und Umstellung der Anlagentechnik auf erneuerbare Energieträger. Die jährliche Sanierungsrate für Wohngebäude liegt aktuell bei knapp 1 % der vorhandenen Wohnfläche. Eine übermäßige Steigerung der Sanierungstätigkeit ist allein schon unter Kapazitätsaspekten des Bauhandwerks nur mit einem gewissen zeitlichen Vorlauf möglich. Darüber hinaus müssen Sanierungen in der Regel auch wirtschaftlich darstellbar sein. Trotz Förderprogrammen (BAFA; KfW) sind Sanierungen in der Regel vor allem dann wirtschaftlich, wenn sie im Zuge von sowieso notwendigen Maßnahmen zum Gebäudeunterhalt erfolgen. Als umsetzbares Sanierungspotenzial wird eine Steigerung der Sanierungsrate auf 1,2 % bis 2030, 1,45 % bis 2040 und 1,90 % bis 2050 angesehen. Diese Sanierungsraten werden im Klimaschutzszenario angesetzt.

Der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien zur Wärme und Warmwassererzeugung wird durch Förderprogramme (BAFA; KfW) unterstützt. Die übliche Nutzungsdauer der Anlagentechnik beträgt in der Regel 25-30 Jahre, das bedeutet, dass bis 2050 theoretisch die komplette Anlagentechnik erneuert wird. Aktuell beträgt der Anteil fossiler Energieträger 74 %. Die CO₂-Bepreisung und die Einschränkungen für Heizölheizungen bei Förderungen und Neuinstallation werden den Umstieg auf erneuerbare Energieträger noch verstärken. Als Effizienzpotenzial wird eine Reduktion des fossilen Anteils bis 2030 auf 62 %, bis 2040 auf 36 %, bis 2045 auf 19 % angesetzt. Im Jahr 2050 kann die Wärmeversorgung komplett durch erneuerbare Energieträger erfolgen. Diese Entwicklung wird auch im Klimaschutzszenario hinterlegt.

Abbildung 24 Effizienzpotenziale Haushalte; 2020 – 2050



Das Einsparpotenzial im Sektor private Haushalte, das durch eine Reduktion des Energieverbrauchs umgesetzt werden kann, beträgt 29 % oder 86.900 t CO₂eq. Das Reduktionspotenzial für THG-Emissionen, das durch eine Umstellung auf erneuerbare Energien bis 2050 umgesetzt werden kann, beträgt 81 % oder 246.300 t CO₂eq. Das gesamte Einsparpotenzial beträgt 86 % oder 262.800 t CO₂eq.

5.2 Effizienzpotenziale Wirtschaft

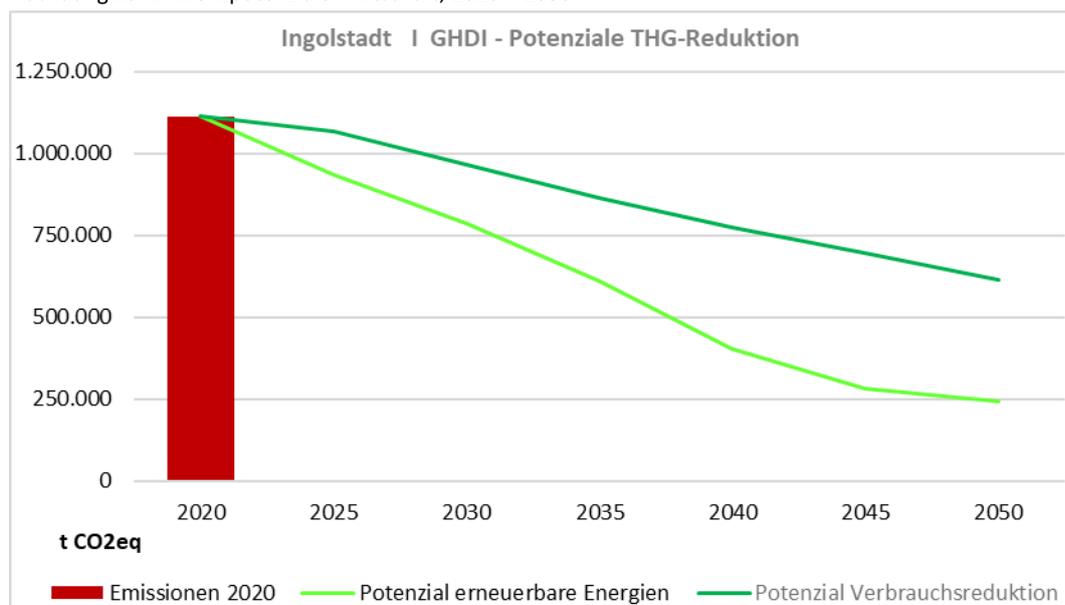
Die Effizienzpotenziale im Sektor GHDI sind pauschal schwer abschätzbar, sondern nur durch Einzelbetrachtung realistisch definierbar. Die EU-Effizienzrichtlinie geht von einer Effizienzsteigerung von 1,5 % im Jahr aus. Da jedoch bereits eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt wurden, wird das umsetzbare Potenzial niedriger gesehen. Bei zwei großen Unternehmen wurden Abschätzungen für die zukünftige Entwicklung eingeholt und in die Potenzialabschätzung integriert. Das mögliche Effizienzpotenzial im Sektor GHDI wird mit 1 % pro Jahr angesetzt.

Aktuell beträgt der Anteil der fossilen Energieträger (ohne Strom) bei der Industrie 67 % und beim Sektor GHD 48 %. Der Energiemix wird sich von den fossilen Energieträgern immer mehr zu Stromanwendungen und dem Einsatz erneuerbarer Energieträger verlagern. Das Reduktionspotenzial für fossiler Energieträger beim Sektor Industrie sieht 2030 einen Anteil von nur noch 55 %, 2040 einen Anteil von 28 % und 2050 einen Anteil von 13 %. Das Reduktionspotenzial im Sektor GHD sieht für 2030 einen Anteil von 37 % fossiler Energieträger, 2040 einen Anteil von 10 % und 2050 einen Anteil von 4 %.

Diese Potenziale werden im Klimaschutzszenario angesetzt.

Das Einsparpotenzial in Sektor GHDI, das durch eine Reduktion des Energieverbrauchs umgesetzt werden kann, beträgt 45 % oder 502.000 t CO₂eq. Das Reduktionspotenzial, das durch eine Umstellung auf erneuerbare Energien umgesetzt werden kann, beträgt 78 % oder 872.200 t CO₂eq. Das gesamte Einsparpotenzial beträgt 88 % oder 982.100 t CO₂eq.

Abbildung 25 Effizienzpotenziale Wirtschaft; 2020 – 2050



5.3 Effizienzpotenziale kommunale Verbraucher

Im Sektor kommunale Verbraucher sind die Liegenschaften enthalten, die das Gebäudemanagement betreut, sowie die Verbrauchswerte der Straßenbeleuchtung. Die Ermittlung der Effizienzpotenziale erfolgt unter Einbeziehung von Überlegungen des Gebäudemanagements. Die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen muss im Einzelfall ermittelt werden. Aktuell beträgt der spezifische Wärmebedarf pro m^2 $97 \text{ kWh}/m^2$ und der spezifische Strombedarf $25 \text{ kWh}/m^2$. Bis 2030 wird ein mögliches Reduktionspotenzial beim spezifischen Wärmebedarf von 10 % gesehen, bis 2040 von 31 % und bis 2050 von 41 %. Das Reduktionspotenzial beim Strombedarf wird bis 2030 mit 7 %, bis 2040 mit 14 % und bis 2050 mit 18 % bewertet.

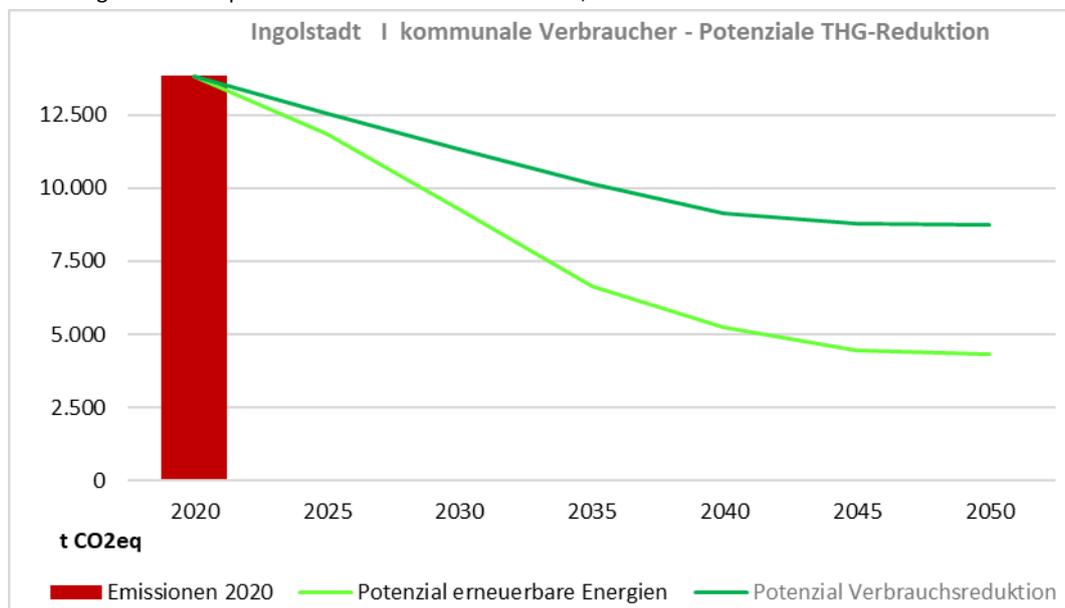
Aktuell ist bei den kommunalen Liegenschaften Erdgas mit 39 % der wichtigste Energieträger knapp vor Fernwärme mit 36 %. Die Umstellung auf eine Wärmeversorgung durch Fernwärme und erneuerbare Energien bis 2035 ist ambitioniert, aber vorstellbar.

Die Straßenbeleuchtung wird kontinuierlich auf LED-Technik umgestellt, sodass bereits ein Teil des Energieeinsparpotenzials umgesetzt wurde. Das verbleibende Potenzial wird mit 40 % bis 2050 angesetzt.

Die vorhandenen Potenziale werden im Klimaschutzszenario hinterlegt.

Das THG-Einsparpotenzial im Sektor kommunale Verbraucher, das durch eine Reduktion des Energieverbrauchs umgesetzt werden kann, beträgt 37 % oder $5.200 \text{ t CO}_2\text{eq}$. Das Reduktionspotenzial, das durch eine Umstellung auf erneuerbare Energien umgesetzt werden kann, beträgt 69 % oder $9.600 \text{ t CO}_2\text{eq}$. Das gesamte Einsparpotenzial beträgt 80 % oder $11.200 \text{ t CO}_2\text{eq}$.

Abbildung 26 Effizienzpotenziale kommunale Verbraucher; 2020 – 2050



5.4 Effizienzpotenziale Verkehr

Im Sektor Verkehr wurden bis jetzt kaum Effizienzpotenziale umgesetzt. Das Reduktionspotenzial ist in diesem Sektor am größten und die Ansatzpunkte vielschichtig. Die Entwicklung in den letzten Jahren ist geprägt von einem Anstieg der Verkehrsleistung beim Personenverkehr aber vor allem der Transportleistung beim Güterverkehr, das heißt immer mehr km pro Person werden zurückgelegt bzw. immer

mehr Güter pro Erwerbstätigen werden transportiert. Der dominierende Verkehrsträger ist der Straßenverkehr und hier der motorisierte Individualverkehr und Straßengüterverkehr. Busverkehr im Rahmen des ÖPNV spielt eine untergeordnete Rolle. Einsparpotenziale liegen in einer Reduktion der spezifischen Verkehrsleistung pro Einwohner*in bzw. der Transportleistung pro Erwerbstätiger, in einem Umstieg auf anderen Verkehrsarten z.B. nicht-motorisierten Verkehr (Fuß- und Radverkehr) oder Verkehrsarten mit geringeren spezifischen Energieverbrauch wie ÖPNV oder Schienenverkehr sowie in einem Wechsel des Energieträgers. Effizienzsteigerungen in der Antriebstechnik sind ein weiterer Aspekt. Aus dieser Vielzahl von Möglichkeiten ergibt sich ein Gesamtpotenzial zur Reduktion der THG-Emissionen im Sektor Verkehr.

Folgende Parameter wurden zur Potenzialermittlung hinterlegt.

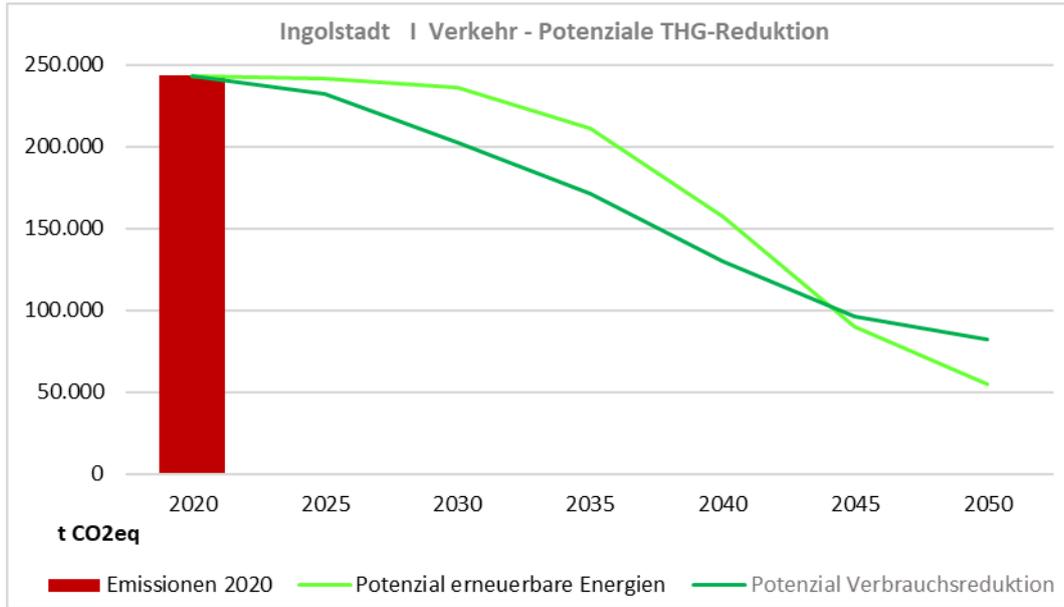
Bis 2050 wird ein Rückgang der „motorisierten“ Verkehrsleistung⁸ beim Personenverkehr, sei es durch Verlagerung zum Rad- und Fußverkehr oder aufgrund geringerer Mobilität, um 10 % angesetzt. Beim Güterverkehr wird ein weiterer Zuwachs angesetzt, allerdings wird dieser deutlich geringer ausfallen als in den letzten Jahren und sich zunehmend weiter abschwächen. Die Transportleistung liegt dann 2050 um 10 % höher als 2020. Der Anteil vom motorisierten Individualverkehr verringert sich beim Personenverkehr von 79 % auf 64 %, der Anteil von Bus- und Zugverkehr steigt von 21 % auf 36 %. Der Anteil des Straßengüterverkehrs geht von 87 % auf 80 % zurück, der Anteil vom Schienengüterverkehr steigt dementsprechend von 13 % auf 20 %. Dies ergibt eine Steigerung der Verkehrsleistung des Schienenpersonenverkehrs um 70 % bis 2050 und eine Steigerung der Transportleistung des Schienengüterverkehrs um 77 %. Bei der Elektromobilität kommt es zu einer geringen Effizienzsteigerung in der Antriebstechnik, die Effizienz der Verbrennungsmotoren bleibt hingegen konstant. Beim Personenstraßenverkehr steigt der Anteil der Elektromobilität massiv an auf 25 % im Jahr 2030, 80 % im Jahr 2040 und 95 % im Jahr 2050. Aufgrund der höheren Effizienz gegenüber alternativen Antriebstechniken und dem hohen Innovationszyklen bei der Batterietechnik wird auch beim Straßengüterverkehr die weitgehende Elektrifizierung als Potenzial angenommen. Die Entwicklung wird jedoch deutlich verzögert angesetzt. In Jahr 2030 beträgt der Anteil der Elektromobilität beim Güterverkehr 15 %, 2040 beträgt der Anteil 50 % und 2050 beträgt er 90 %. Der Schienenverkehr wird bis 2050 zu 100 % elektrifiziert sein, aktuell beträgt der Elektrifizierungsgrad 75 %. Im Zusammenspiel von einem höheren Wirkungsgrad von Elektromobilität und einer steigenden erneuerbaren Stromerzeugung im deutschen Strommix hat diese Entwicklung massive Auswirkungen auf die Emissionen.

Diese Potenziale werden im Klimaschutzszenario angesetzt.

Das Einsparpotenzial, das durch eine Reduktion des Energieverbrauchs umgesetzt werden kann, beträgt 66 % oder 161.600 t CO₂eq. Das Reduktionspotenzial, das durch eine Umstellung auf erneuerbare Energien umgesetzt werden kann, beträgt 77 % oder 188.600 t CO₂eq. Das gesamte Einsparpotenzial beträgt 92 % oder 225.000 t CO₂eq.

⁸ E-Bikes und Pedelecs werden in diesem Zusammenhang dem nicht-motorisierten Verkehr zugerechnet

Abbildung 27 Effizienzpotenziale Verkehr; 2020 – 2050



6 Potenziale Erneuerbare Energien

Entscheidend für die Reduktion der THG-Emissionen ist der Einsatz erneuerbarer Energien. Die relevanten Mengen für Ingolstadt können jedoch nicht innerhalb des Stadtgebietes zur Verfügung gestellt werden, dennoch gibt es auch im Stadtgebiet ungenutzte Potenziale. Die bedeutendste Rolle spielt dabei regenerativ erzeugter Strom. Die Potenziale für Strom sind deutlich höher als für andere erneuerbare Energieträger, zudem ermöglichen strombetriebene Wärmepumpen die umfangreiche Nutzung von Umweltwärme. Der Anteil von Biomasse als speicherbarer Energieträger am Energiemix ist deutlich geringer, aber dennoch von sehr hoher Bedeutung. Biomasse sollte nur dann zum Einsatz kommen, wenn andere erneuerbare Energieträger (Strom, Strom mit Wärmepumpen, Solarthermie) nicht zur Verfügung stehen. Die zukünftige Energieversorgung kann nicht mehr monovalent erfolgen, sondern muss die Energien nach ihrer Verfügbarkeit einsetzen. Hier spielen Fernwärme und (dezentrale) Wärmenetze eine bedeutende Rolle, da in Wärmenetzen die Kosten für zusätzliche Erzeugungsanlagen auf eine Vielzahl von Wärmeabnehmern verteilt werden können. So kann immer der ökologisch und ökonomisch sinnvollste Energieträger eingesetzt werden. Dies ist neben entsprechenden Speicherkonzepten (Wärmespeicher, Stromspeicher) eine Voraussetzung, um mit den teilweise volatilen erneuerbaren Energieträgern eine verlässliche Energieversorgung zu gewährleisten. Für den Fall, dass dennoch Deckungslücken entstehen, die nicht durch Stromimporte gedeckt werden können, müssen Spitzenlastkraftwerke auf Basis erneuerbarer Energien zur Verfügung stehen.

6.1 Potenziale erneuerbare Wärme

Die erneuerbare Wärme hat aktuell einen Anteil von 4,0 % an der Wärmeversorgung, bundesweit liegt der Anteil bei 14,7 %⁹. Die wichtigsten erneuerbaren Energieträger in Ingolstadt sind feste Biomasse (70 %) Solarthermie (11 %) und Umweltwärme (18 %), Biogas spielt keine nennenswerte Rolle.

Abbildung 28 erneuerbare Wärmeverbrauch, Anteil am Wärmeverbrauch; 1990 – 2020

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
erneuerbare Wärme MWh	18.960	39.630	91.460	129.370	130.550	135.440
EE-Wärme/ Wärmeverbrauch	0,6%	1,3%	2,7%	3,9%	3,9%	4,0%

Das Potenzial für feste Biomasse auf dem Stadtgebiet wurde im Energienutzungsplan der Stadt Ingolstadt mit 7.000 MWh angesetzt. Der Energieatlas setzt das Potenzial für Waldderbholz mit 11.305 MWh an. Beide Werte liegen deutlich unter der aktuellen Nutzung von 95.200 MWh und der angesetzten Nutzung im Jahr 2050 von 236.100 MWh im Referenzszenario oder 327.800 MWh im Klimaschutzszenario. Dass das Potenzial auf dem Stadtgebiet nicht annähernd ausreicht, war absehbar, es zeigt aber auch die Notwendigkeit der Energieeinsparung, um den Bedarf mit mehr oder weniger regionalem Biomassepotenzial decken zu können. Umweltwärme und Solarthermie stehen dagegen verbrauchernah im Stadtgebiet zur Verfügung und spielen in Zukunft eine wichtige Rolle. Die Nutzung von Umweltwärme mittels Sonden ist in Ingolstadt nur in einem begrenzten Bereich südlich der Donau möglich, die anderen Nutzungsmöglichkeiten wie Erdkollektoren oder Umgebungsluft stehen jedoch entsprechend der Grundstückssituation zur Verfügung. Das Potenzial wird aktuell eher von der energetischen

⁹ Erneuerbare Energien in Zahlen, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Oktober 2020

Qualität des Gebäudes bestimmt, da Wärmepumpen in gut gedämmten Gebäuden wirtschaftlicher sind als in ungedämmten, und weniger von äußeren Gegebenheiten

Das Potenzial von Solarthermie ist im Solarpotenzialkataster¹⁰ der Stadt Ingolstadt beschrieben. Das Potenzial für Solarthermie wird eher durch die Wärmebedarf, den ich damit decken kann und weniger durch das Erzeugungspotenzial bestimmt. Im Jahresdurchschnitt können ca.60 % des Warmwasserbedarfs von privaten Haushalten durch Solarthermie gedeckt werden. In Kombination mit einer Biomasseanlage ermöglicht eine Solarthermieanlage einen sehr ressourcenschonenden und sparsamen Einsatz der Biomasse. Die Biomasse wird nur dann verwendet, wenn keine solaren Erträge vorhanden sind. Die solaren Erträge von Solarthermie sind pro m² dreimal so hoch wie bei Photovoltaik.

6.2 Potenziale erneuerbarer Strom

Die Potenziale zur erneuerbaren Stromerzeugung in Ingolstadt beschränken sich auf Photovoltaik. Der Anteil, der nach dem EEG vergüteten Stromerzeugung, aus Wasserkraft und Biogas liegt unter einem Prozent. Der in Ingolstadt erzeugte EEG-Strom von 37.500 MWh deckt lediglich einen Anteil von 3,0 % des Stromverbrauchs von 1.256.900 MWh. Die Stromerzeugung an der Staustufe der Donau wird ins Netz der Bundesbahn eingespeist, ist nicht im Bundesstrommix enthalten und kann nicht bei der lokalen Stromproduktion berücksichtigt werden.

Abbildung 29 EEG-Stromerzeugung, Anteil am Stromverbrauch; 2010 – 2020

	1990	2000	2010	2017	2018	2019
EEG Stromerzeugung MWh	0	0	17.640	34.850	37.480	37.500
EEG-Stromm/ Stromverbrauch	0,0%	0,0%	1,6%	2,7%	3,0%	3,0%

Der Anteil erneuerbarer Stromerzeugung am Bundestrommix liegt mit 42,1 %¹¹ im Jahr 2019 um ein Vielfaches höher. Ein lokaler Strommix von Ingolstadt beinhaltet neben der EEG-Stromerzeugung (3 %) auch die deutlich umfangreichere Stromerzeugung durch KWK (35 %). Für den verbleibenden Strombedarf (62 %) wird der deutsche Strommix ohne den EEG-Anteil angesetzt, d.h. die Anteile der restlichen Energieträger erhöhen sich. Der daraus resultierende lokale Emissionsfaktor für Ingolstadt beträgt im Jahr 2019 0,747 t CO₂eq/MWh und ist deutlich schlechter der deutsche Strommix mit 0,520 t CO₂eq/MWh. Die Emissionen für Strom würden 2019 dadurch um 271.600 t oder 44 % steigen.

Entsprechend der Solarpotenzialanalyse für die Stadt Ingolstadt könnten auf den vorhandenen Dachflächen unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes 583.000 MWh erneuerbarer Strom erzeugt werden, das entspricht einen Anteil von 44 % am aktuellen Stromverbrauch.

Der massive Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung ist die zentrale Säule, um die Klimaziele der Bundesrepublik zu erreichen. Die Energieversorgung wird in Zukunft überwiegend auf (erneuerbaren) Strom basieren. Die Stromerzeugung auf Dachflächen und bereits befestigten Flächen ist die flächeneffizienteste Technologie und besitzt die größte Akzeptanz in der Bevölkerung. Im Solarpotenzialkataster¹² der Stadt Ingolstadt sind die Potenziale für jedes Gebäude im Stadtgebiet aufgezeigt.

¹⁰ <https://www.solare-stadt.de/ingolstadt/Start>

¹¹ Erneuerbare Energien in Zahlen, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Oktober 2020

¹² <https://www.solare-stadt.de/ingolstadt/Start>

6.3 Potenziale grüner Wasserstoff

Grüner Wasserstoff spielt in der Zukunft wegen seiner Speicherfähigkeit und der Möglichkeit zur Dekarbonisierung von Anwendungsbereichen, bei denen eine direkte Nutzung von Strom nicht möglich ist, eine wichtige Rolle. Da die Erzeugung von grünem Wasserstoff immer mit Umwandlungsverlusten verbunden ist, ist der direkte Einsatz von Strom, soweit dies möglich ist, vorzuziehen. Für manche industriellen Nutzungen und Anwendungen im Mobilitätssektor (Flug-, Schiffs-, Schwerlast-, Bus- und Zugverkehr) ergeben sich jedoch Einsatzmöglichkeiten für Wasserstoff.

Im Projekt „IN2H2“ Wasserstoffregion Ingolstadt wird die technische und wirtschaftliche Umsetzung von Wasserstoffmobilität in den kommunalen Fahrzeugflotten bei gleichzeitiger, lokaler Wasserstoffproduktion untersucht.

7 Szenarien 2020 – 2050

Für den Zeitraum von 2020 bis 2050 wurden zwei Szenarien (Referenzszenario; Klimaschutzszenario) mit dem Berechnungstool ECOSPEED Region modelliert.

Die allgemeinen Rahmendaten (Bevölkerung, Erwerbstätige je Wirtschaftszeit, Anzahl der Wohnungen/Haushalte) und die Entwicklung des bundesdeutschen Strommixes sind in beiden Szenarien gleich hinterlegt. Die Bevölkerungsentwicklung bis 2039 beruht auf den Prognosen des Bayerisches Statistisches Landesamtes, und beschreibt einen Anstieg der Einwohner*innen bis 2035 um 4 % auf 144.000. Diese Entwicklung wird bis 2050 in einer verminderten Dynamik fortgeschrieben, sodass für 2050 von 146.800 Einwohner*innen ausgegangen wird. Die Entwicklung der Erwerbstätigen wurde nach Rücksprache mit dem Hauptamt, Sachgebiet Statistik und Stadtforschung der Stadt Ingolstadt, modelliert. Aufgrund der demografischen Ausgangslage wird ein leichter Rückgang der Erwerbstätigen angesetzt. Für 2050 werden in den Szenarien 115.000 Erwerbstätige hinterlegt. Gleichzeitig erfolgt eine Verlagerung der Erwerbstätigen vom verarbeitenden Gewerbe in den Dienstleistungsbereich.

Es wird angenommen, dass sich der Trend zu geringeren Haushaltsgrößen in abgeschwächter Dynamik von aktuell 1,96 Personen pro Haushalt/ Wohnung bis 2050 auf 1,8 Personen pro Haushalt/ Wohnung fortsetzen wird. Für die durchschnittliche Wohnungsgröße werden in den beiden Szenarien unterschiedliche Annahmen getroffen. So wird im Klimaschutzszenario von einer leicht geringeren Wohnungsgröße ausgegangen als im Referenzszenario.

Ein ganz entscheidender Faktor ist die Entwicklung des Bundesdeutschen Strommixes. Bis 2050 wird von einer nahezu vollkommenen Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energieträger ausgegangen. Wirtschaftliche Aspekte (erneuerbare Stromerzeugung ist bereits aktuell meist kostengünstiger und volkswirtschaftlich sinnvoller als fossile Stromerzeugung) und die klimapolitische Notwendigkeit sowie der daraus resultierend Handlungsdruck lassen keine andere Entwicklung erwarten. In verschiedenen Studien wurde dargelegt, dass die technischen und geografischen Möglichkeiten dafür in Deutschland vorhanden sind. So werden für 2050 noch 70 g/kWh CO₂eq als Emissionen für den Bundesdeutschen Strommix angesetzt. Dies ist ein Rückgang von ca. 90 % zum aktuellen Wert. Die erneuerbare Stromerzeugung ist der wesentliche Faktor zur Erreichung der Klimaziele.

Im Referenzszenario wird eine Entwicklung angesetzt, die das gesteigerte Engagement im Bereich Klimaschutz widerspiegelt, das allenthalben zu erkennen ist. Klimaschutz ist jedoch noch nicht der grundlegende Hintergrund, der allen politischen Entscheidungen und Regelungen innewohnt. Das Referenzszenario ist etwas ambitionierter als ein Einfaches „weiter-so“.

Das Klimaschutzszenario orientiert sich an den Klimaschutzzielen der Bundesregierung und der notwendigen Reduktion der THG-Emissionen zur Einhaltung des 1,5 ° Zieles der Klimaschutzkonferenz von Paris. Trotz der großen Reduktion des Energiebedarfs und der THG-Emissionen sind die im Klimaschutzszenario angesetzten Effizienzmaßnahmen und der gesteigerte Einsatz der erneuerbaren Energien durchaus möglich. Sie bedürfen aber oft großer Anstrengungen und politischen Willen. Im Hinblick auf die Risiken einer ungebremsen Klimaerwärmung, stellt sich jedoch nicht die Frage, ob diese Anstrengungen unternommen werden, sondern nur, wann sie unternommen werden. Je früher damit begonnen wird, je weniger Investitionen in nicht zukunftsfähige Technologien getätigt werden, desto günstiger wird dieser Umstieg von statten gehen und desto weniger soziale und wirtschaftliche Verwerfungen werden ihn begleiten.

Beide Szenarien werden mit der Studie „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ erstellt von der Prognos AG, EWI – Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, verglichen. Im ECOSPEED Region Rechner werden die Ergebnisse der Studie auf die Ausgangslage von Ingolstadt heruntergebrochen. Dem Referenzszenario wird das Trendszenario gegenübergestellt, dem Klimaschutzszenario das Zielszenario.

7.1 Referenzszenario 2020 - 2050

Im Referenzszenario ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs von 2020 bis 2050 von 36 % und der THG-Emissionen von 80 %. Der Energiemix besteht 2035 aus 51 % fossilen Energieträgern, 29 % Strom und 20 % erneuerbaren Energieträgern inclusive Fernwärme. Im Jahr 2050 besteht der Mix aus 20 % fossilen Energieträgern, 42 % Strom und 39 % erneuerbaren Energieträgern inclusive Fernwärme.

Es wird davon ausgegangen, dass die Fernwärme bis 2050 vollständig durch Abwärme und erneuerbare Energien erzeugt wird. Die erneuerbaren Energieträger beinhalten Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme und biogene Treibstoffe (Verkehr). Dem gegenüber stehen die fossilen Energieträger, die überwiegend aus fossilem Erdgas und in geringen Mengen aus Heizöl bestehen.

Abbildung 30 Referenzszenario Energiebedarf, Emissionen; 2020 – 2050

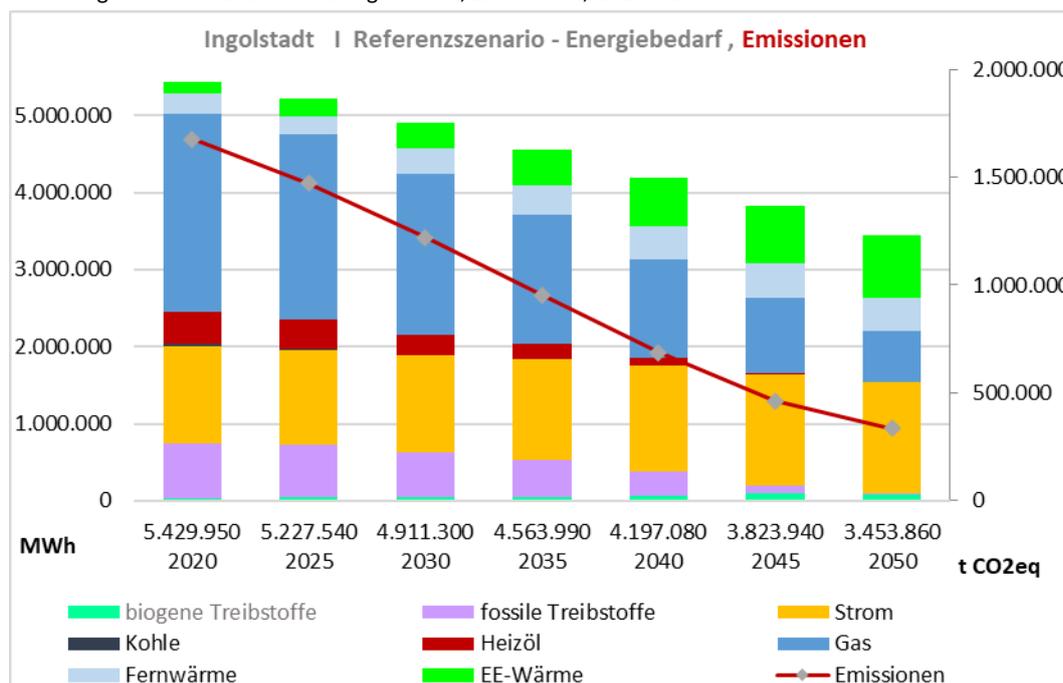
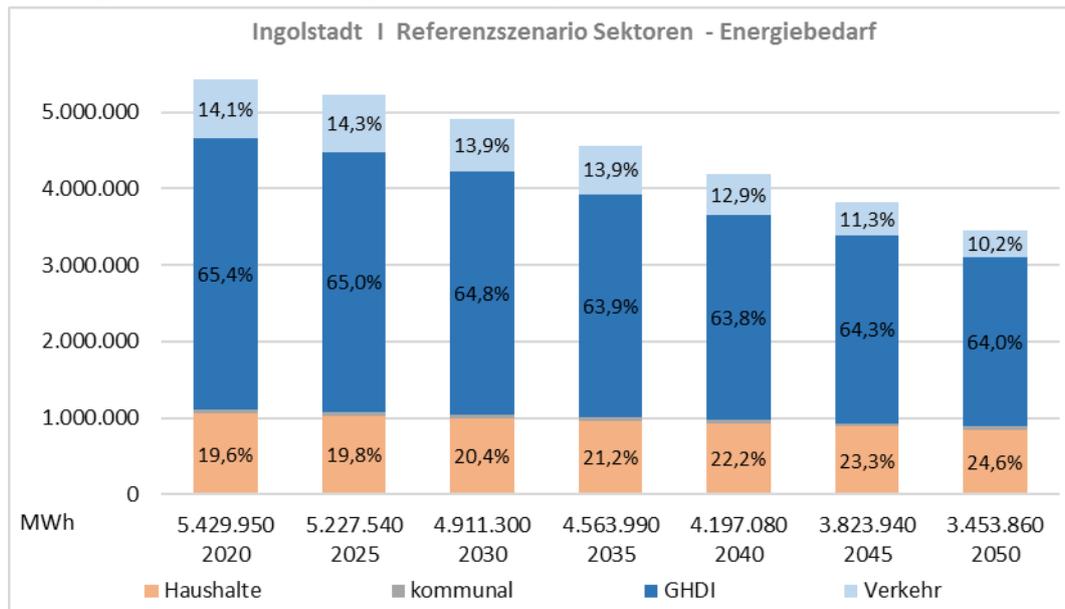


Abbildung 31 Referenzszenario Energiebedarf Sektoren; 2020 – 2050



Die Anteile der einzelnen Sektoren am Energiebedarf verschieben sich teilweise stark. Während der Anteil von GHDI nur gering zurückgeht, verringert sich der Anteil des Verkehrs deutlich und der Anteil der Haushalte steigt stark. Im Verkehrssektor liegen aktuell die größten Effizienzpotenziale. Bei den THG-Emissionen ist diese Entwicklung noch eindeutiger.

Abbildung 32 Referenzszenario; Energiebedarf, Emissionen pro EW; 2020 – 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Einwohner*innen (EW)	137.800	140.300	142.300	144.000	145.400	146.300	146.800
Energiebedarf MWh / EW	39,4	37,3	34,5	31,7	28,9	26,1	23,5
THG-Emissionen t CO ₂ eq / EW	12,2	10,5	8,6	6,6	4,7	3,2	2,3

Der spezifische Energiebedarf pro Einwohner*in reduziert sich bis 2050 um 40 % auf 23,5 MWh/EW. Die Emissionen reduzieren sich noch deutlicher um 81 % auf 2,3 t CO₂eq/EW.

7.1.1 Referenzszenario private Haushalte

Im Referenzszenario für den Sektor private Haushalten ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 20 % und der THG-Emissionen um 76 %.

Das Referenzszenario geht bei einer abgeschwächten Zunahme der Bevölkerung, einem leichten Rückgang der Haushaltsgröße und einem nur noch gering steigenden spezifischen Wohnflächenbedarf pro Einwohner*in von 44,2 m² (2020) auf 45,7 m² (2050) aus. Dadurch ergibt sich für das Jahr 2050 eine Zunahme der Wohnfläche um 10 % auf 6.701.800 m². Für die unterschiedlichen Baualterklassen wurden verschiedene Sanierungsraten angesetzt. Resultierend für den gesamten Wohnflächenbestand ergeben sich jährliche Sanierungsraten von 1,0 % (2025), 1,1 % (2035) und 1,4 % (2050) bezogen auf die jeweils vorhandene Wohnfläche.

Der Energiemix besteht 2035 aus 58 % fossilen Energieträgern, 18 % Strom und 24 % erneuerbarer Wärme inklusive Fernwärme, 2050 besteht der Mix aus 18 % fossilen Energieträgern (Erdgas), 27 % Strom und 56 % erneuerbarer Wärme inklusive Fernwärme.

Im Vergleich zum Trendszenario der Vergleichsstudie liegt der Energiebedarf deutlich höher, die THG-Emissionen unterschreiten jedoch den Vergleichswert.

Abbildung 33 Referenzszenario HH Energiebedarf; 2020 - 2050

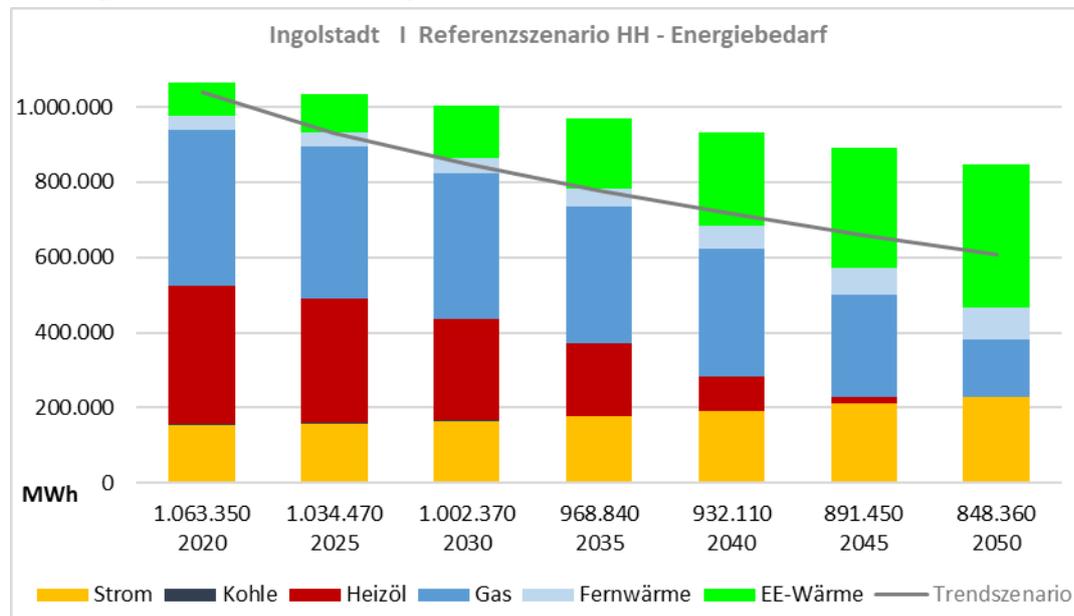


Abbildung 34 Referenzszenario HH Emissionen; 2020 - 2050

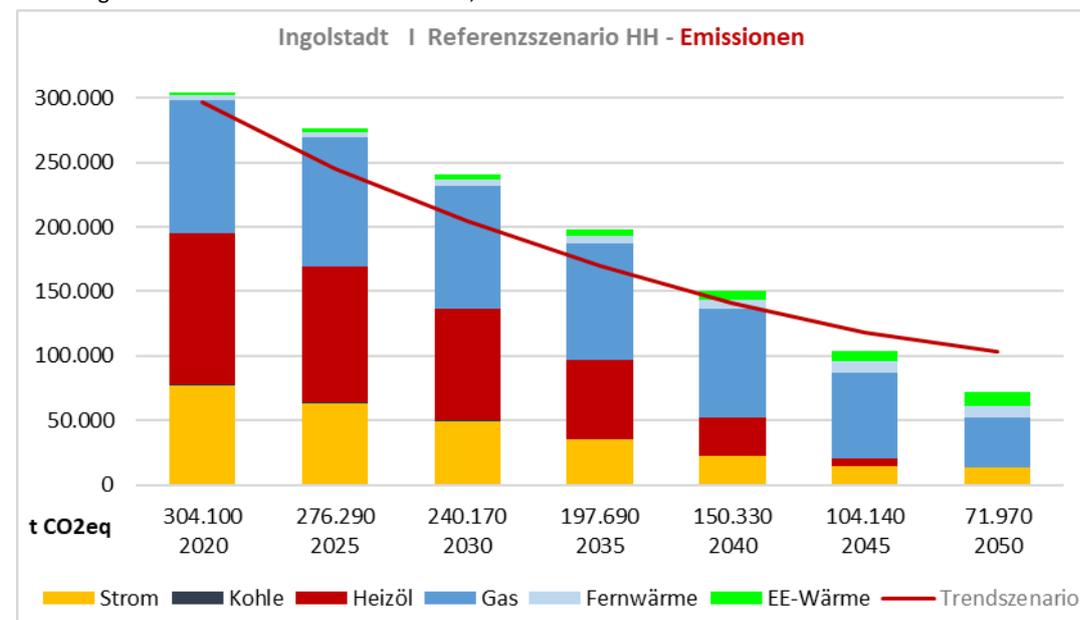


Abbildung 35 Referenzszenario HH; Energiebedarf, Emissionen pro EW; 2020 – 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Einwohner*innen (EW)	137.800	140.300	142.300	144.000	145.400	146.300	146.800
Energiebedarf HH MWh / EW	7,7	7,4	7,0	6,7	6,4	6,1	5,8
THG-Emissionen HH t CO ₂ eq / EW	2,2	2,0	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5

Der spezifische Energiebedarf pro Einwohner*in im Sektor Haushalte reduziert sich bis 2050 um 25 % von 7,7 MWh/EW auf 5,8 MWh/EW. Die Emissionen reduzieren sich noch deutlicher um 78 % von 2,2 t CO₂eq/EW auf 0,5 t CO₂eq/EW.

7.1.2 Referenzszenario GHDI

Die Sektoren Industrie und GHD werden sowohl im Referenzszenario als auch im Klimaschutzszenario gemeinsam als Sektor GHDI betrachtet. Beide Szenarien gehen von einem Rückgang der Erwerbstätigen von 127.066 im Jahr 2020 auf 115.000 im Jahr 2050 aus. Zugleich wird ein zurückgehender Anteil der Erwerbstätigen beim produzierenden Gewerbe und ein wachsender Anteil bei den Dienstleistungen angesetzt. Für den Sektor werden im Referenzszenario moderate jährliche Effizienzgewinne hinterlegt.

Abbildung 36 Referenzszenario GHDI Energiebedarf; 2020 - 2050

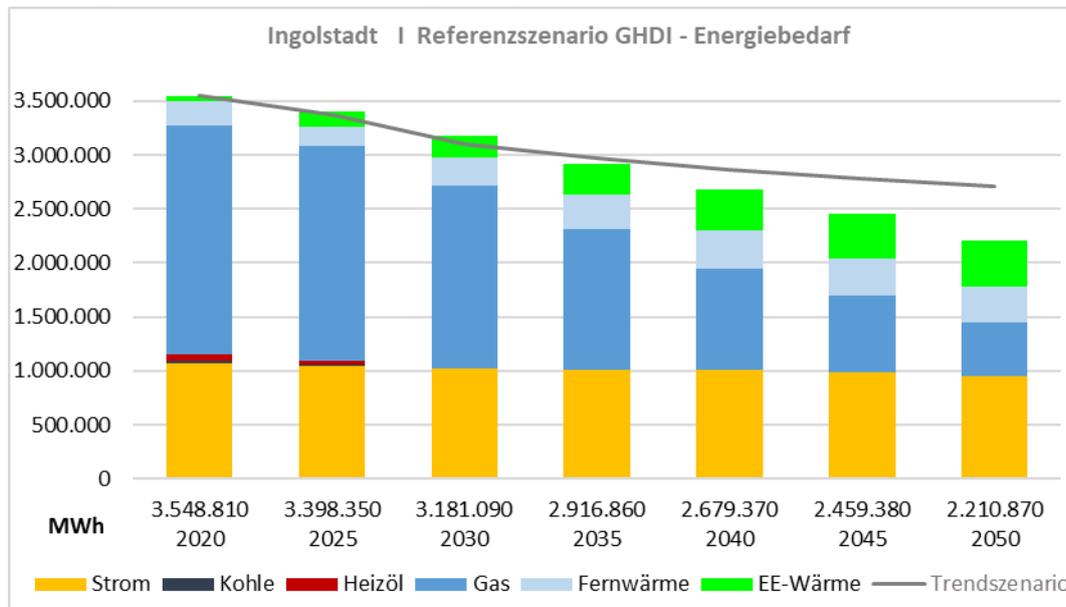
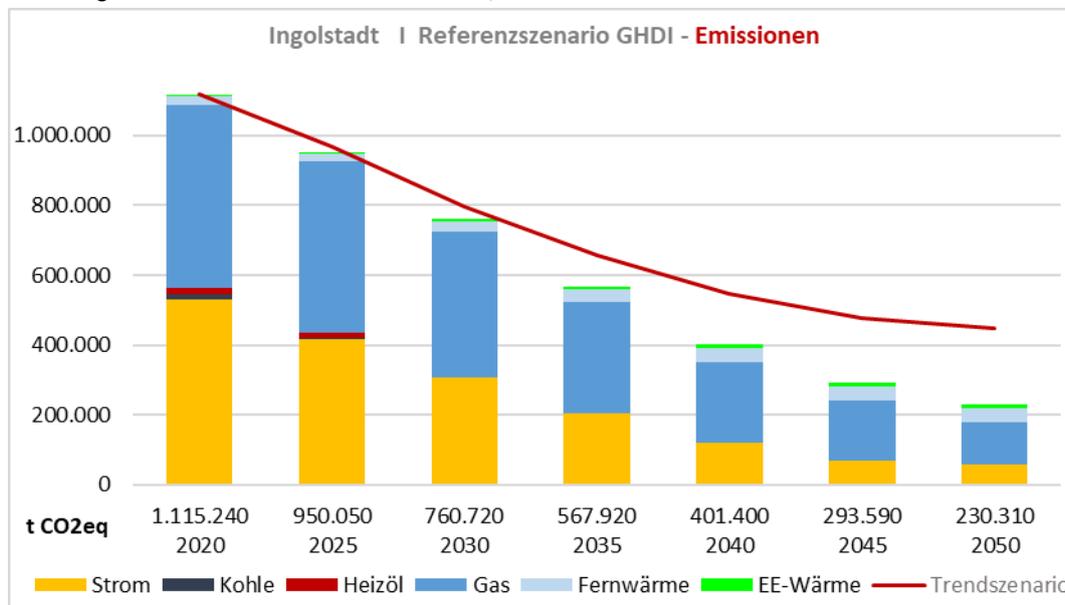


Abbildung 37 Referenzszenario GHDI Emissionen; 2020 - 2050



Im Referenzszenario für den Sektor GHDI ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 38 % und der THG-Emissionen um 79 %. Der Energiemix besteht 2035 aus 45 % fossilen Energieträgern, 35 % Strom und 21 % erneuerbarer Wärme inclusive Fernwärme, 2050 besteht der Mix aus 23 % fossilen Energieträgern (Erdgas), 43 % Strom und 34 % erneuerbarer Wärme inclusive Fernwärme.

Im Vergleich zum Trendszenario liegt der Energiebedarf deutlich höher, die THG-Emissionen unterschreiten jedoch den Vergleichswert.

Abbildung 38 Referenzszenario GHDI; Energiebedarf, Emissionen pro sozplf. Beschäftigter; 2020 – 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
sozplf. Beschäftigte	108.006	107.950	107.100	105.400	103.700	101.150	97.750
Energieverbrauch GHDI MWh/ sozBesch	32,9	31,5	29,7	27,7	25,8	24,3	22,6
THG-Emissionen t CO ₂ eq/ sozBesch	10,3	8,8	7,1	5,4	3,9	2,9	2,4

sozplf. Besch. = sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Der spezifische Energiebedarf pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigter reduziert sich bis 2050 um 31 % auf 22,6 MWh/EW. Die Emissionen reduzieren sich noch deutlicher um 77 % auf 2,4 t CO₂eq/EW.

7.1.3 Referenzszenario kommunale Verbraucher

Die Darstellung der kommunalen Verbraucher beinhaltet (aus Gründen der Datenverfügbarkeit) die Gebäude, die vom Amt für Gebäudemanagement – Energiemanagement betreut werden sowie die Straßenbeleuchtung. Im Sektor GHDI sind alle kommunalen Energiebedarfe und Emissionen enthalten.

Für die kommunalen Liegenschaften wird weiter von einem Flächenzuwachs ausgegangen, allerdings deutlich abgeschwächt im Vergleich zu den zurückliegenden Jahren. Für den spezifischen Wärmebedarf pro m² wird ein Rückgang bis 2050 um 23 % von 97 kWh/m² auf 75 kWh/m² angesetzt, beim spezifischen Strombedarf ein Rückgang um 12 % von 25 kWh/m² auf 22 kWh/m². Der Energiemix besteht 2035 aus 21 % fossilen Energieträgern, 30 % Strom und 49 % erneuerbarer Wärme inklusive Fernwärme. 2050 besteht der Mix aus 12 % fossilen Energieträgern (Erdgas), 30 % Strom und 58 % erneuerbarer Wärme inklusive Fernwärme.

Im Referenzszenario für den Sektor kommunale Verbraucher ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs von 2020 bis 2050 um 20 % und der THG-Emissionen um 70 %. Für die kommunalen Verbraucher wird vom ECOSPEED Region kein Vergleichs-Szenario angeboten.

Abbildung 39 Referenzszenario komm. Verbraucher Energiebedarf; 2020 - 2050

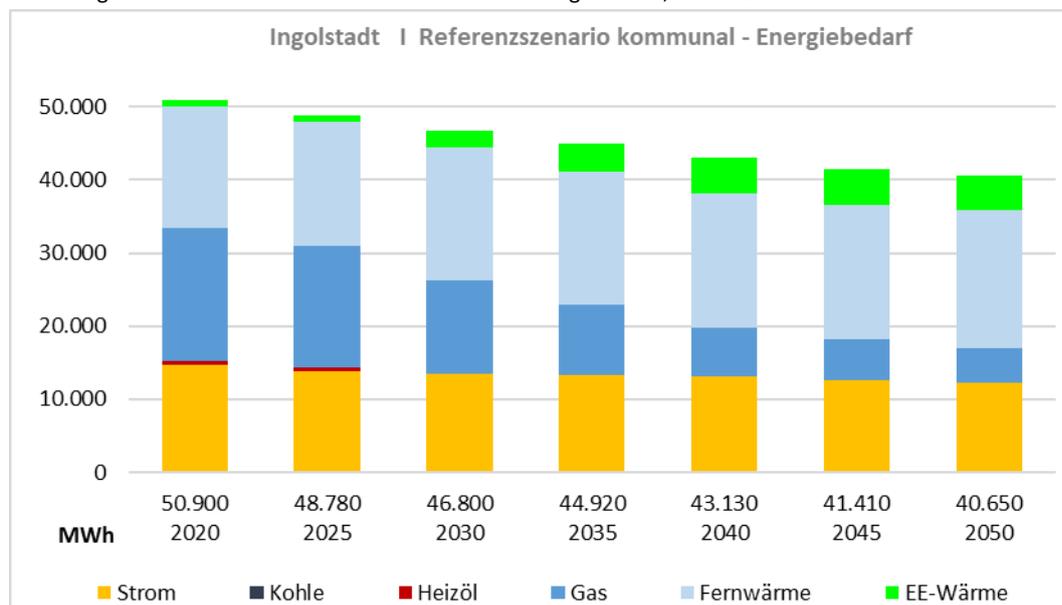
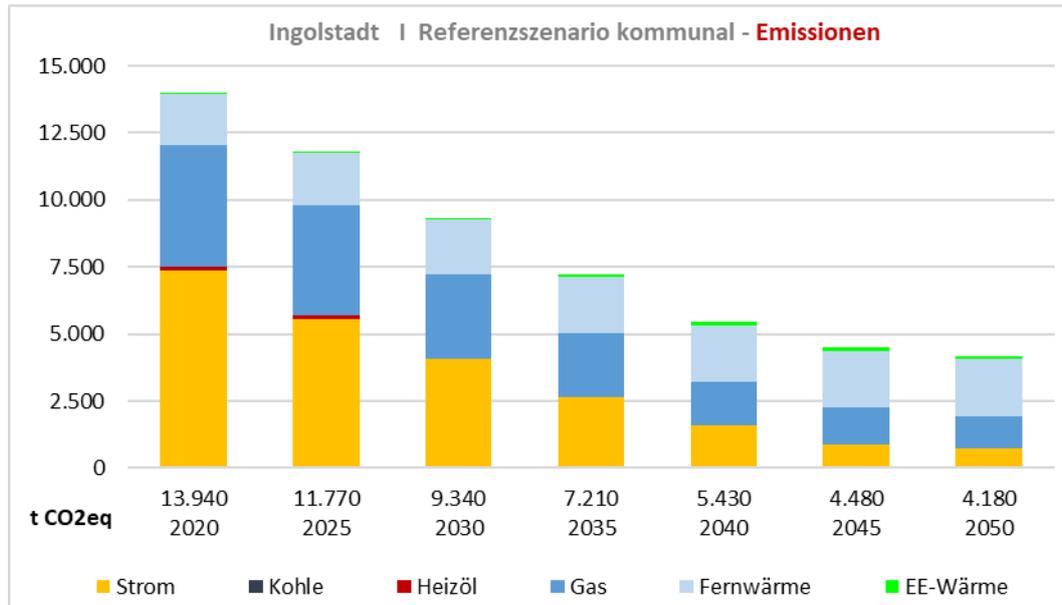


Abbildung 40 Referenzszenario komm. Verbraucher Emissionen; 2020 - 2050



7.1.4 Referenzszenario Verkehr

Im Referenzszenario wird von einem geringen Anstieg der Verkehrsleistung beim Personenverkehr pro Einwohner*in bis 2050 von 7 % (mIV) bzw. 11 % (ÖPNV und Schienenfernverkehr) ausgegangen. Beim Güterverkehr wird von einer weiteren deutlichen Steigerung der Transportleistung pro Erwerbstätiger bis 2050 um 47 % (Straßengüterverkehr) bzw. 135 % (Schienengüterverkehr) ausgegangen. Insgesamt ergibt sich beim Güterverkehr ein Zuwachs von 59 %. Diese Steigerung liegt weit unter den Zuwachsraten der letzten Jahre. Trotz Zuwächse beim Schienenverkehr bleibt der Straßenverkehr das dominierende Element. Bei der Antriebstechnik werden leichte Effizienzsteigerungen bei den Elektroantrieben angesetzt.

Abbildung 41 Referenzszenario Verkehr Energiebedarf Energieträger; 2020 - 2050

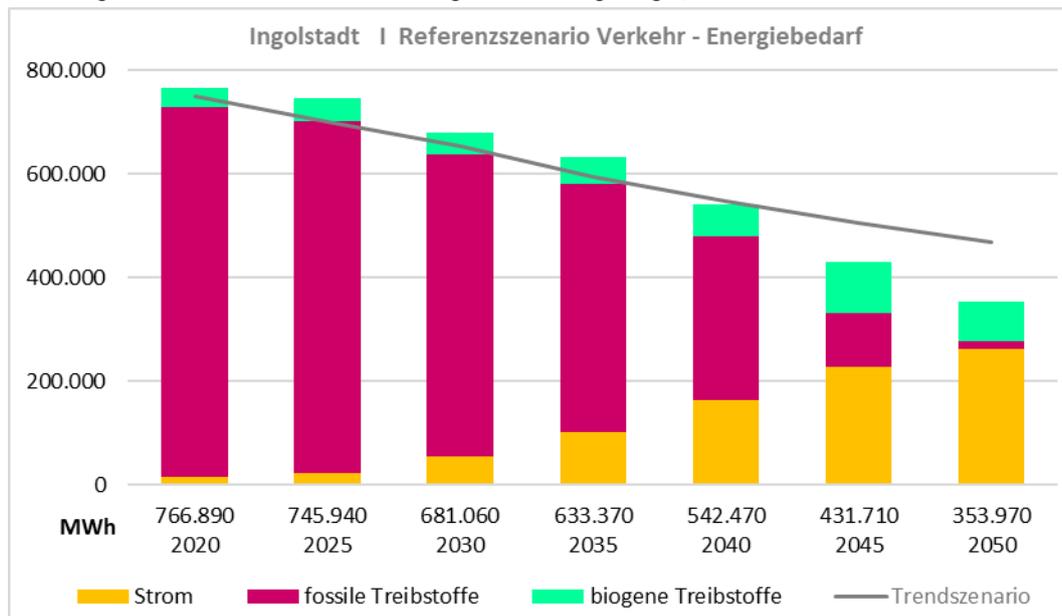
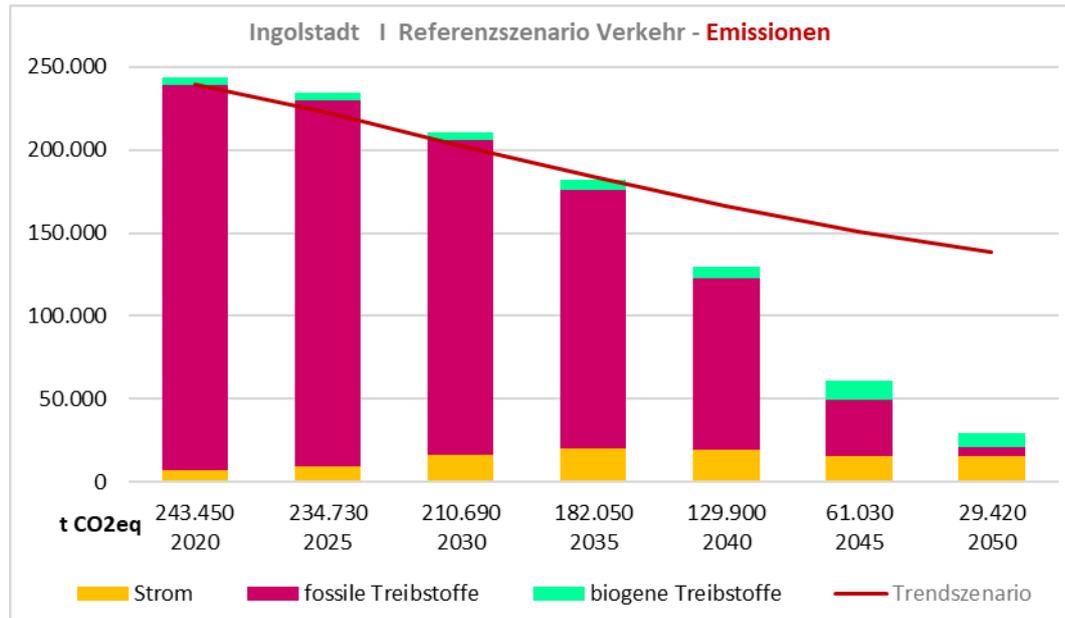


Abbildung 42 Referenzszenario Verkehr Emissionen Energieträger; 2020 - 2050



Im Referenzszenario für den Sektor Verkehr ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 45 % und der THG-Emissionen um 88 %. Die starken Reduktionen ergeben sich zum großen Teil aus der Umstellung auf Elektromobilität im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (mIV) kombiniert mit einer nahezu vollständigen regenerativen Stromerzeugung. Neben der Reduktion der Emissionen durch den zunehmenden Anteil an erneuerbarem Strom geht mit der Umstellung der Antriebstechnik durch die höhere Effizienz der Elektromotoren immer auch ein Rückgang des Energieverbrauchs einher.

Der Energiemix besteht 2035 aus 76 % fossilen Treibstoffen, 16 % Strom und 8 % biogenen Treibstoffen, 2050 besteht der Mix aus 5 % fossilen Treibstoffen, 74 % Strom und 21 % biogenen Treibstoffen.

Abbildung 43 Referenzszenario Verkehr Energiebedarf Verkehrskategorien; 2020 - 2050

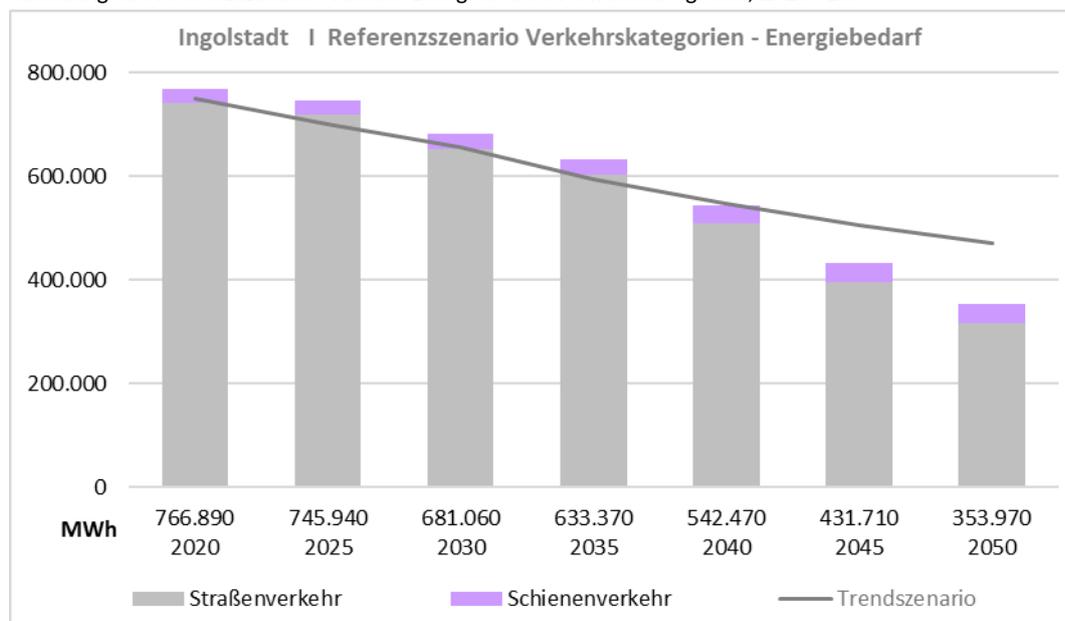
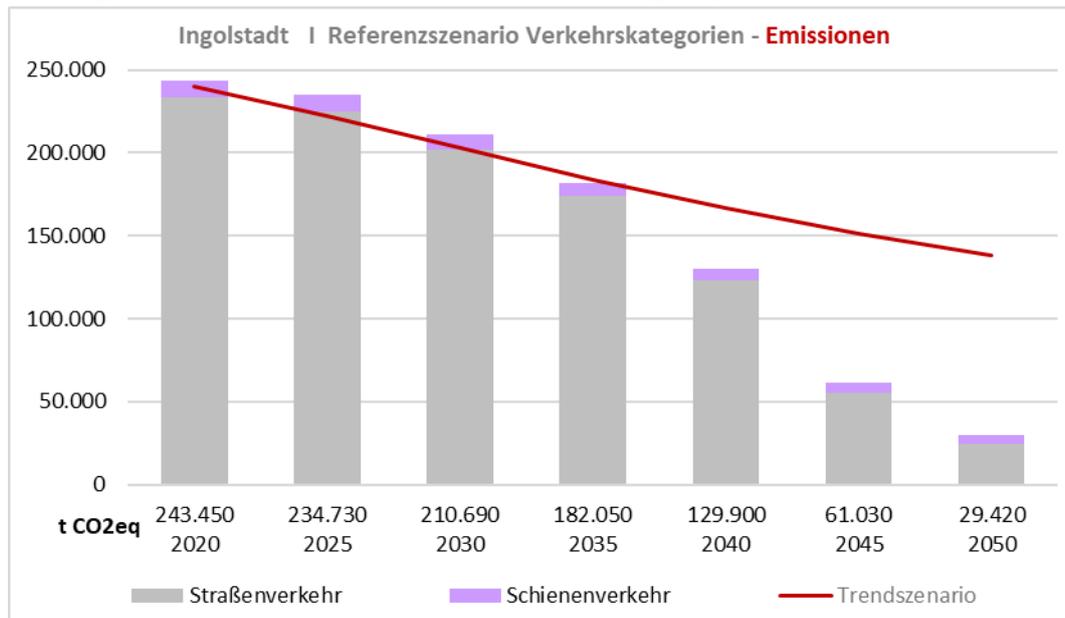


Abbildung 44 Referenzszenario Verkehr Emissionen Verkehrskategorien; 2020 - 2050



Bislang wurden im Sektor Verkehr nur geringe Effizienzpotenziale verwirklicht. Die Optimierungen in der Antriebstechnik wurden meist durch höheres Fahrzeuggewicht überkompensiert. Durch den Umstieg auf Elektromobilität ergeben sich große Einspar- und Effizienzpotenziale beim Energiebedarf und durch die erneuerbare Stromerzeugung auch große Reduktionspotenziale bei den THG-Emissionen.

Sowohl der Energiebedarf als auch die THG-Emissionen liegen unter den Ergebnissen des Trendszenarios.

7.2 Klimaschutzszenario

Im Klimaschutzszenario ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs von 2020 bis 2050 von 45 % und der THG-Emissionen von 88 %. Der Energiemix besteht 2035 aus 42 % fossilen Energieträgern, 30 % Strom und 28 % erneuerbaren Energieträgern inklusive Fernwärme, 2050 besteht der Mix aus 4 % fossilen Energieträgern, 44 % Strom und 52 % erneuerbaren Energieträgern inklusive Fernwärme.

Es wird davon ausgegangen, dass die Fernwärme bis 2050 vollständig durch Abwärme und erneuerbare Energien erzeugt wird. Die erneuerbaren Energieträger beinhalten Biomasse, Solarthermie, Umweltwärme und biogene Treibstoffe. Dem gegenüber stehen die fossilen Energieträger, die überwiegend aus fossilem Erdgas und in geringen Mengen aus Heizöl bestehen.

Die Anteile der einzelnen Sektoren am Energiebedarf verschieben sich teilweise stark. Während der Anteil von GHDI nur gering zurückgeht, verringert sich der Anteil des Verkehrs deutlich und der Anteil der Haushalte steigt stark. Im Verkehrssektor liegen aktuell die größten Effizienzpotenziale, bei den THG-Emissionen ist diese Entwicklung noch eindeutiger.

Abbildung 45 Klimaschutzszenario Energiebedarf, Emissionen; 2020 - 2050

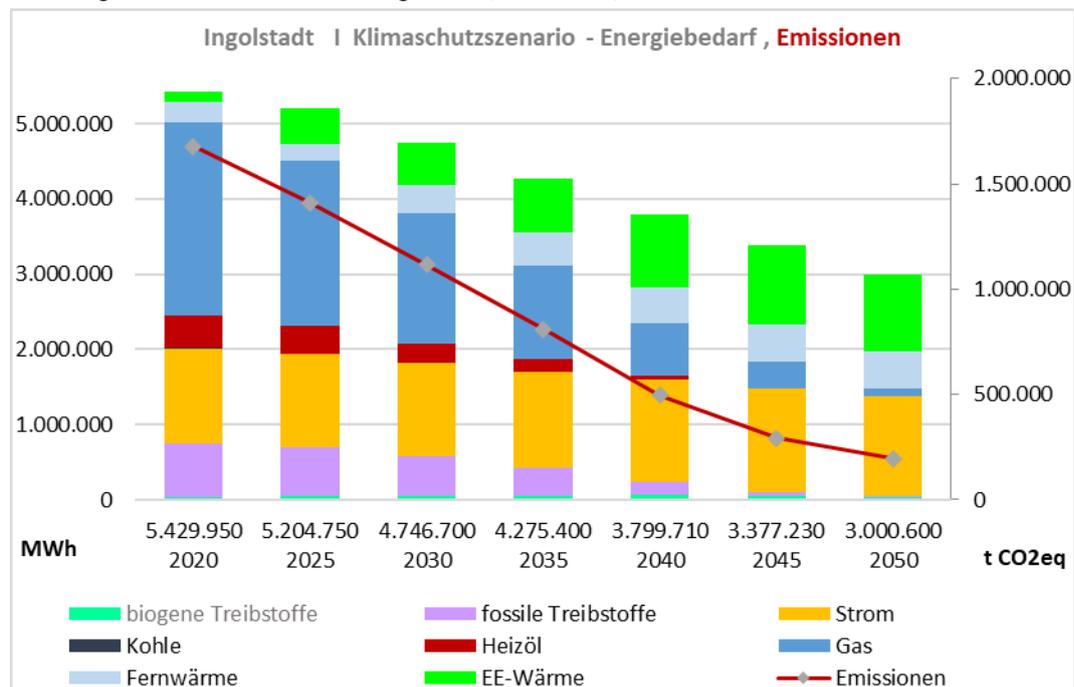


Abbildung 46 Klimaschutzszenario Energiebedarf Sektoren; 2020 – 2050

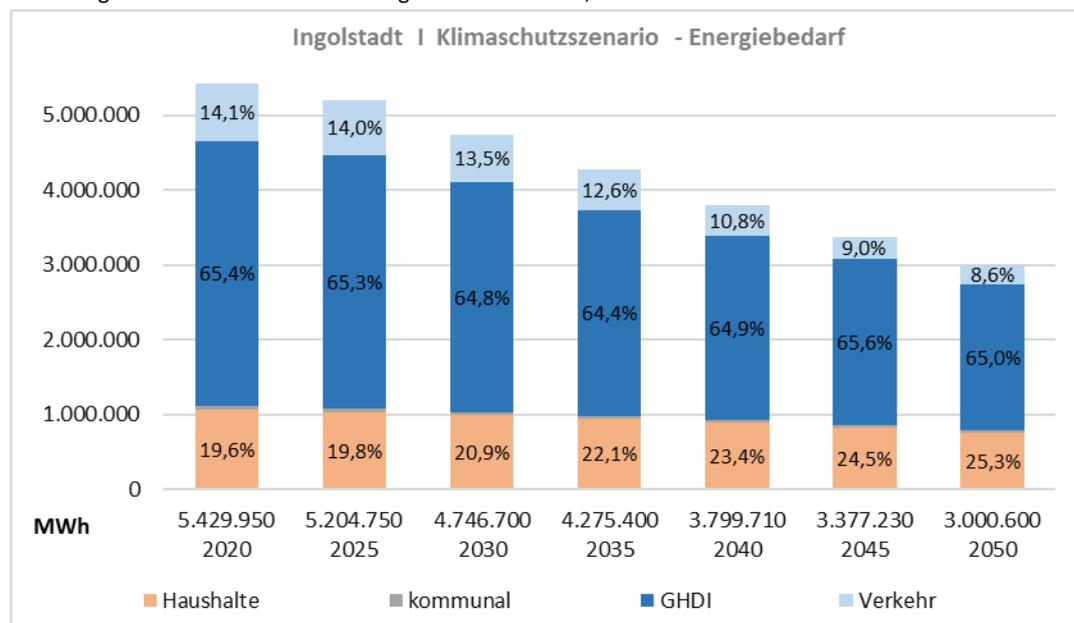


Abbildung 47 Klimaschutzszenario; Energiebedarf, Emissionen pro EW; 2020 – 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Einwohner*innen (EW)	137.800	140.300	142.300	144.000	145.400	146.300	146.800
Energiebedarf MWh /EW	39,4	37,1	33,4	29,7	26,1	23,1	20,4
THG-Emissionen t CO2eq / EW	12,2	10,1	7,8	5,6	3,4	2,0	1,3

Der spezifische Energiebedarf pro Einwohner*in reduziert sich bis 2050 um 48 % auf 20,4 MWh/EW. Die Emissionen reduzieren sich noch deutlicher um 89 % auf 1,3 t CO2eq/EW.

7.2.1 Klimaschutzszenario private Haushalte

Im Klimaschutzszenario für den Sektor private Haushalten ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 29 % und der THG-Emissionen um 86 %.

Das Klimaschutzszenario geht von einem geringeren Zuwachs beim spezifischen Wohnflächenbedarf pro Einwohner*in von aktuell 44,2 m² auf 45,1 m² im Jahr 2050 aus als das Referenzszenario. Dadurch ergibt sich auch eine etwas geringere Zunahme der Wohnfläche um 9 % auf 6.616.700 m². Für die unterschiedlichen Baualterklassen wurden verschiedene Sanierungsraten angesetzt. Resultierend für den gesamten Wohnflächenbestand ergeben sich jährliche Sanierungsraten von 1,1 % (2025), 1,3 % (2035) und 2,0 % (2050).

Der Energiemix besteht 2035 aus 52 % fossilen Energieträgern, 19 % Strom und 30 % erneuerbarer Wärme inclusive Fernwärme, 2050 besteht der Mix aus, 30 % Strom und 70 % erneuerbarer Wärme inclusive Fernwärme.

Im Vergleich zum Zielszenario der Vergleichsstudie liegt der Energiebedarf deutlich höher, die THG-Emissionen unterschreiten jedoch den Vergleichswert.

Abbildung 48 Klimaschutzszenario HH Energiebedarf; 2020 - 2050

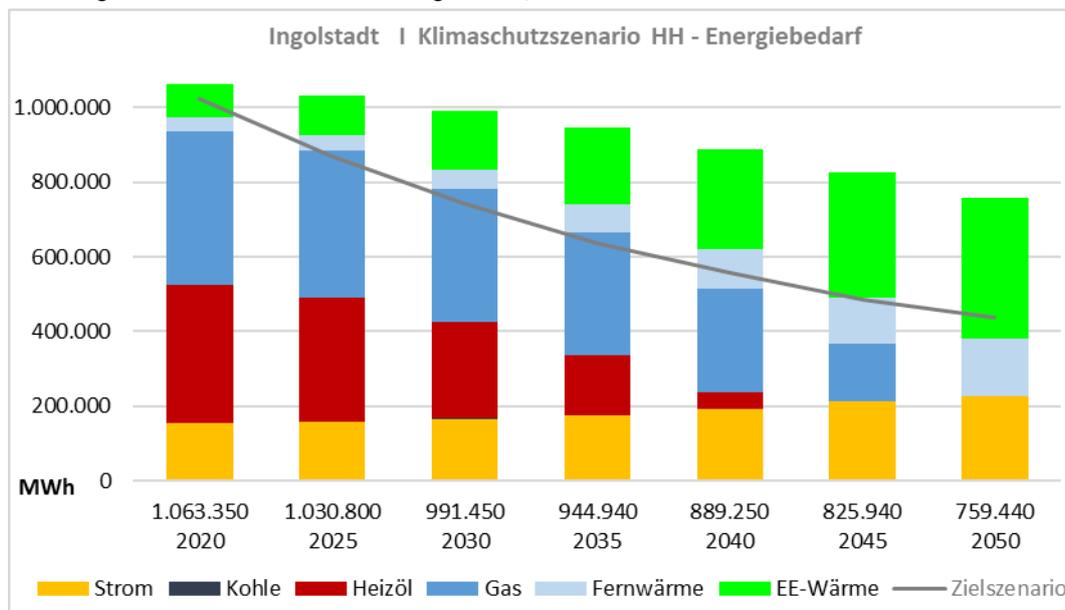


Abbildung 49 Klimaschutzscenario HH Emissionen; 2020 - 2050

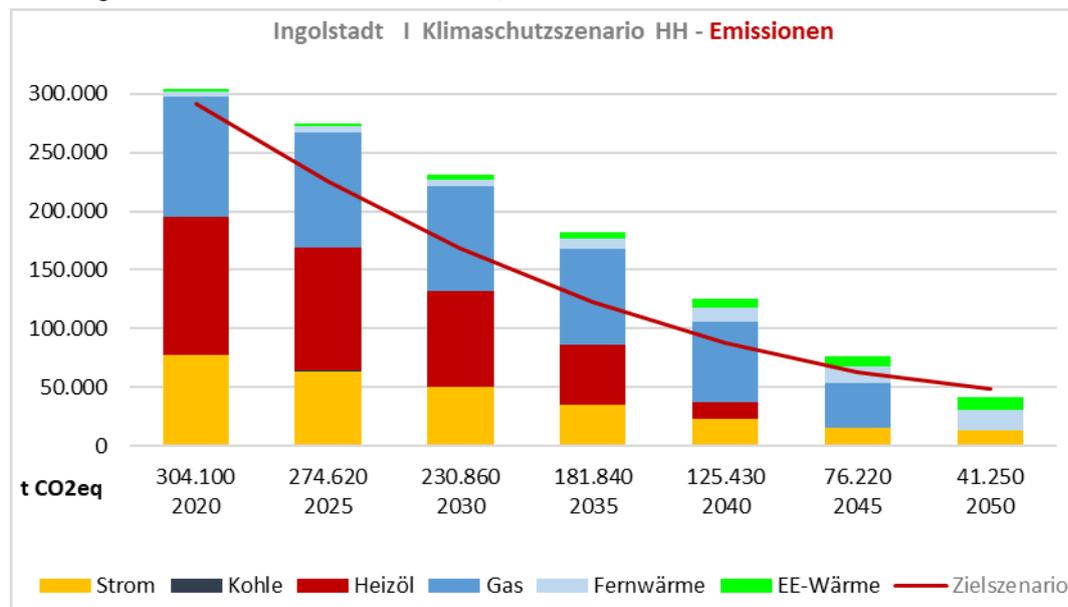


Abbildung 50 Klimaschutzscenario HH; Energiebedarf, Emissionen pro EW; 2020 – 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Einwohner*innen (EW)	137.800	140.300	142.300	144.000	145.400	146.300	146.800
Energieverbrauch HH MWh / EW	7,7	7,3	7,0	6,6	6,1	5,6	5,2
THG-Emissionen HH t CO ₂ eq / EW	2,2	2,0	1,6	1,3	0,9	0,5	0,3

Der spezifische Energiebedarf pro Einwohner*in im Sektor Haushalte reduziert sich bis 2050 um 33 % auf 5,2 MWh/EW. Die Emissionen reduzieren sich noch deutlicher um 87 % auf 0,3 t CO₂eq/EW.

7.2.2 Klimaschutzscenario GHDI

Die Sektoren Industrie und GHD werden sowohl im Referenzscenario als auch im Klimaschutzscenario gemeinsam als Sektor GHDI betrachtet. Beide Szenarien gehen von einem Rückgang der Erwerbstätigen von 127.066 im Jahr 2020 auf 115.000 im Jahr 2050 aus. Zugleich wird ein zurückgehender Anteil der Erwerbstätigen beim produzierenden Gewerbe und ein wachsender Anteil bei den Dienstleistungen angesetzt. Die jährlichen Effizienzgewinne werden deutlich höher als im Referenzscenario angesetzt.

Im Klimaschutzscenario für den Sektor GHDI ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 45 % und der THG-Emissionen um 88 %. Der Energiemix besteht 2035 aus 33 % fossilen Energieträgern, 35 % Strom und 31 % erneuerbare Wärme inclusive Fernwärme, 2050 besteht der Mix aus 5 % fossilen Energieträgern (Erdgas), 45 % Strom und 50 % erneuerbare Wärme inclusive Fernwärme.

Im Vergleich zum Zielszenario liegen sowohl Energiebedarf als auch die THG-Emissionen und diese deutlich unter den Vergleichswert.

Abbildung 51 Klimaschutzscenario GHDI Energiebedarf; 2020 - 2050

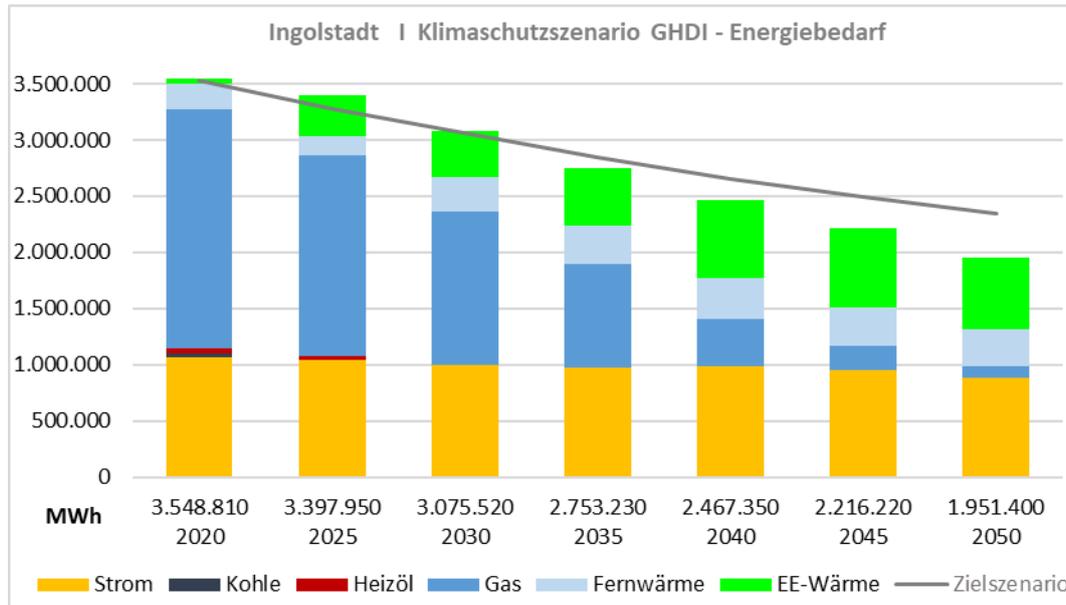


Abbildung 52 Klimaschutzscenario GHDI Emissionen; 2020 - 2050

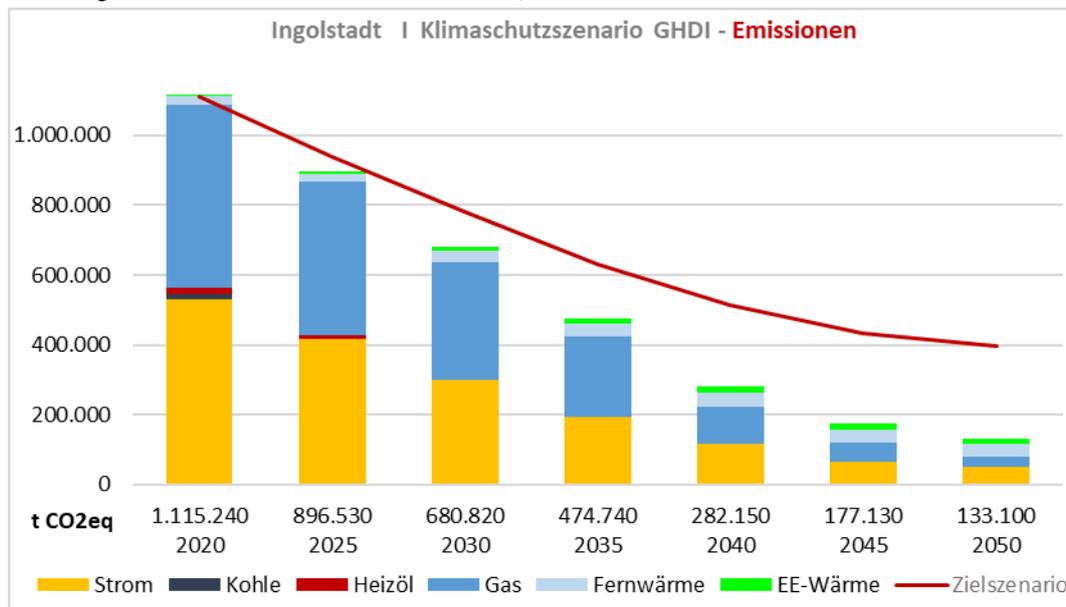


Abbildung 53 Klimaschutzscenario GHDI; Energiebedarf, Emissionen pro sozpf. Besch.; 2020 – 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
sozpf. Beschäftigte	108.006	107.950	107.100	105.400	103.700	101.150	97.750
Energieverbrauch GHDI MWh/ sozBesch	32,9	31,5	28,7	26,1	23,8	21,9	20,0
THG-Emissionen t CO ₂ eq/ sozBesch	10,3	8,3	6,4	4,5	2,7	1,8	1,4

sozpf. Besch. = sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Der spezifische Energiebedarf pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigter reduziert sich bis 2050 um 39 % auf 20,0 MWh/EW. Die Emissionen reduzieren sich noch deutlicher um 87 % auf 1,4 t CO₂eq/EW.

7.2.3 Klimaschutzszenario kommunale Verbraucher

Im Klimaschutzszenario für den Sektor kommunale Verbraucher ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 47 % und der THG-Emissionen um 80 %.

Die Reduktion des spezifischen Energiebedarfs für Wärme und Strom ist im Klimaschutzszenario höher angesetzt als im Referenzszenario. Ebenso ist der Anteil erneuerbarer Energien höher, fossile Energieträger werden ab 2040 nicht mehr eingesetzt. Für den spezifischen Wärmebedarf pro m² wird ein Rückgang bis 2050 um 42 % von 97 kWh/m² auf 56 kWh/m² angesetzt, beim spezifischen Strombedarf ein Rückgang um 20 % von 25 kWh/m² auf 20 kWh/m².

Der Energiemix besteht 2035 aus 2 % fossilen Energieträgern, 31 % Strom und 67 % erneuerbare Wärme inklusive Fernwärme, 2050 besteht der Mix aus 31 % Strom und 69 % erneuerbare Wärme inklusive Fernwärme. Fossile Energieträger werden nicht mehr eingesetzt.

Abbildung 54 Klimaschutzszenario komm. Verbraucher Energiebedarf; 2020 - 2050

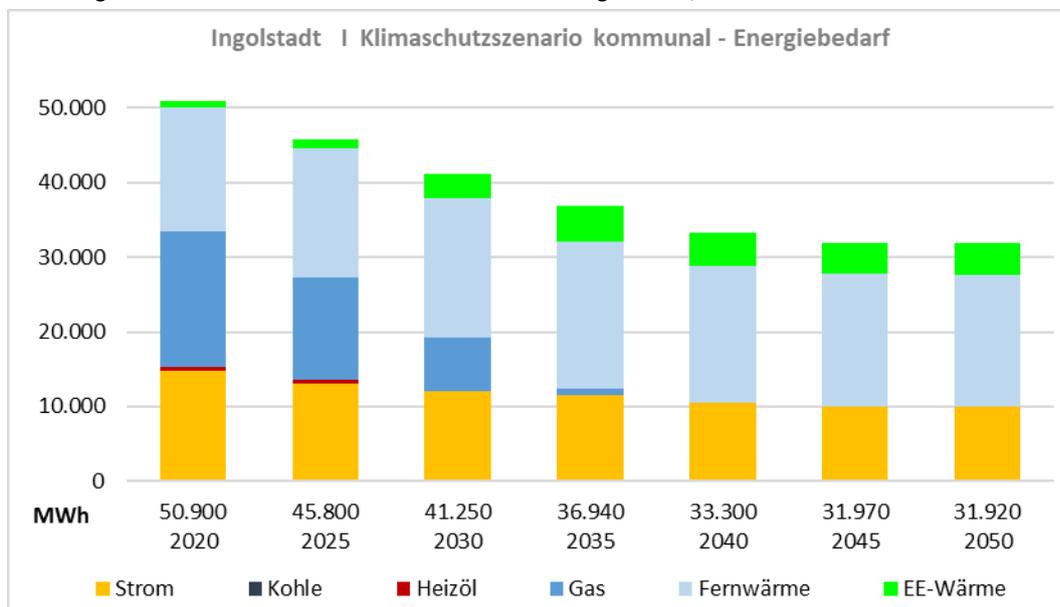
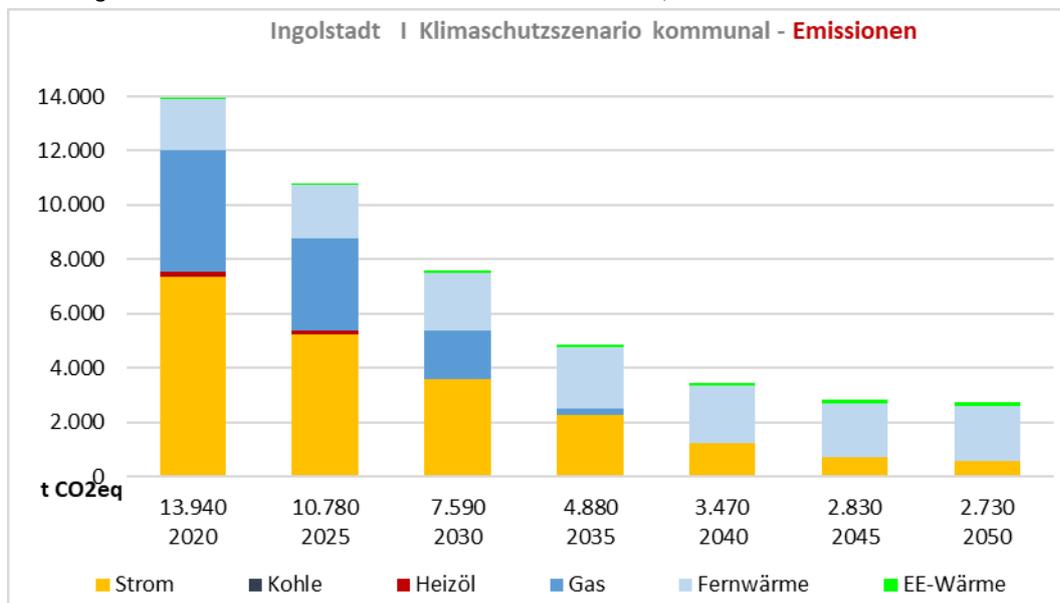


Abbildung 55 Klimaschutzszenario komm. Verbraucher Emissionen; 2020 - 2050



7.2.4 Klimaschutzszenario Verkehr

Im Klimaschutzszenario für den Sektor Verkehr ergibt sich ein Rückgang des Energiebedarfs um 76 % und der THG-Emissionen um 92 %. Die starke Reduktion ergeben sich zum großen Teil aus der Umstellung auf Elektromobilität im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (mIV) kombiniert mit einer nahezu vollständigen regenerativen Stromerzeugung. Neben der Reduktion der Emissionen durch den zunehmenden Anteil an erneuerbarem Strom geht mit der Umstellung der Antriebstechnik, durch deren höhere Effizienz, immer auch ein Rückgang des Energieverbrauchs einher. Allein durch den Umstieg von fossilen Treibstoffen auf regenerativen Strom verringern sich die Emissionen, bei gleichem Energiebedarf um über 80 %.

Im Klimaschutzszenario wird von einem Rückgang der Verkehrsleistung bis 2050 beim Personenverkehr von 21 % (mIV) und einem Anstieg von 63 % (ÖPNV und Schienenfernverkehr) ausgegangen, dies ergibt insgesamt einen Rückgang von 11 %. Beim Güterverkehr wird nur noch eine geringe Steigerung der Transportleistung pro Erwerbstätigen hinterlegt. Bis 2050 wird der Straßengüterverkehr um 10 % wachsen und der Schienengüterverkehr um 77 %. Insgesamt ergibt sich ein Zuwachs von 19 %. Diese Steigerung liegt weit unter den Zuwachsraten der letzten Jahre. Trotz Zuwächse beim Schienenverkehr bleibt der Straßenverkehr das dominierende Element.

Bei der Antriebstechnik werden etwas größere Effizienzsteigerungen bei den Elektroantrieben angesetzt als im Referenzszenario.

Abbildung 56 Klimaschutzszenario Verkehr Energiebedarf Energieträger; 2020 - 2050

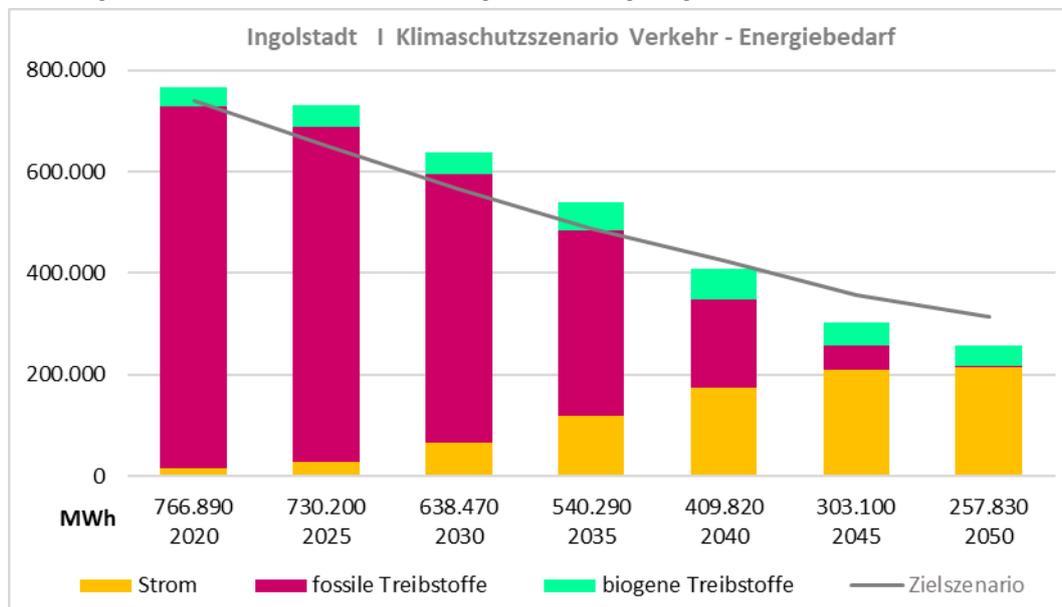
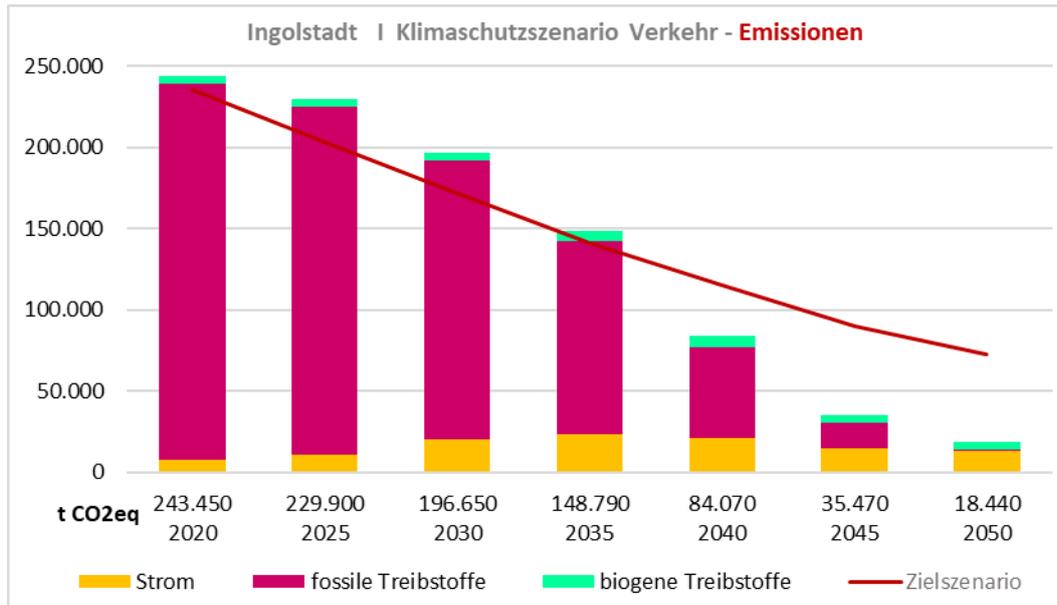


Abbildung 57 Klimaschutzszenario Verkehr Emissionen Energieträger; 2020 - 2050



Sowohl der Energiebedarf als auch die THG-Emissionen liegen unter den Ergebnissen des Zielszenarios.

Der Energiemix besteht 2035 aus 68 % fossilen Treibstoffen, 22 % Strom und 10 % biogenen Treibstoffen, 2050 besteht der Mix aus 1 % fossilen Treibstoffen, 83 % Strom und 16 % biogenen Treibstoffen.

Abbildung 58 Klimaschutzszenario Verkehr Energiebedarf, Verkehrskategorien; 2020 – 2050

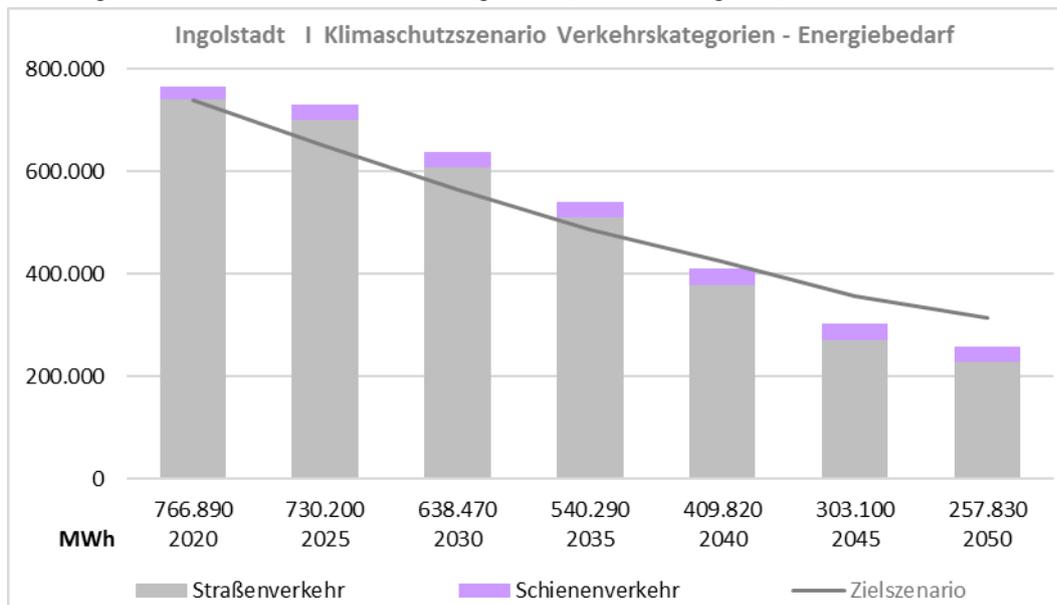
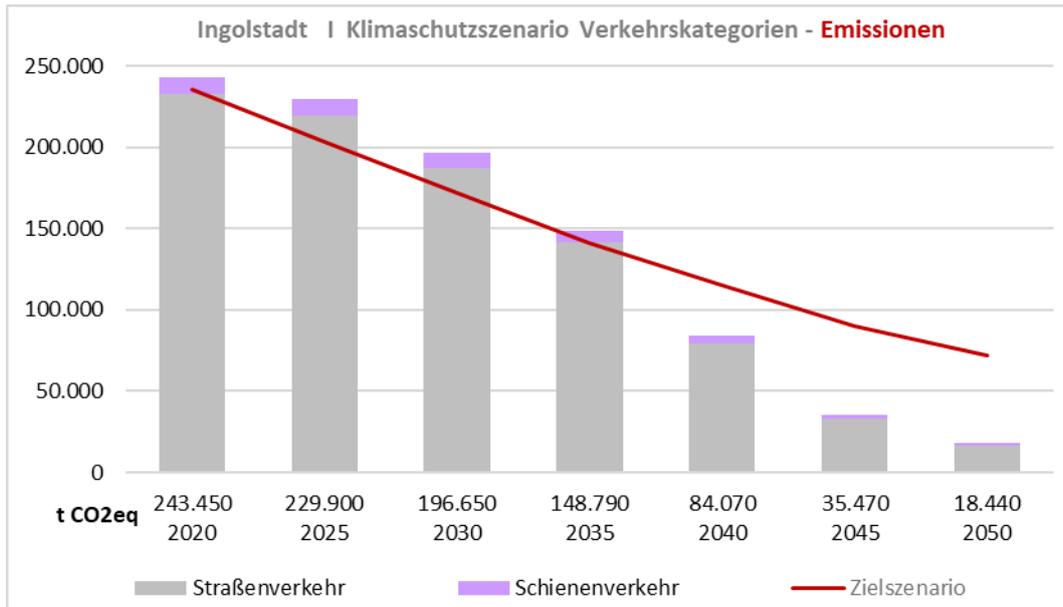


Abbildung 59 Klimaschutzscenario Verkehr Emissionen, Verkehrskategorien; 2020 - 2050



Trotz einem Zuwachs beim Schienenverkehr bleibt der Straßenverkehr das dominierende Element.

8 Handlungsstrategien

Die Strategien zur Reduktion der THG-Emissionen gliedern sich grundsätzlich in zwei Bereiche. Einerseits Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs durch Effizienzsteigerung, Einsparung und/ oder Suffizienz und andererseits Maßnahmen zum Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger. Hier kommt der regenerativen Stromerzeugung aufgrund des größten vorhandenen Potenzials eine entscheidende Rolle zu. Auch wenn die Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energieträger oft ein deutlich günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen, ist die Reduktion des Energiebedarfs unumgänglich, da erneuerbare Energien nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen.

Die direkten Einflussmöglichkeiten einer Kommune beschränken sich auf den Bereich der kommunalen Verbraucher, teilweise auch auf Kommunalunternehmen und Beteiligungen. Dennoch kann die Kommune durch Vorbildfunktion, Beratungs- und Förderangebote oder regulatorische Vorgaben weitere Akteure zu Maßnahmen anregen oder verpflichten.

Die folgenden Handlungsstrategien beschreiben Maßnahmen haben eine besondere Gewichtung, da sie, für die kommunale Verwaltung einfach umzusetzen sind, nur innerhalb eines bestimmten Zeitfenster umzusetzen sind oder aufgrund ihres hohen THG-Reduktionpotenzials eine große Bedeutung erlangen.

8.1 Kommunales Energiemanagement

Dem kommunalen Energiemanagement kommt bei der Reduktion der THG-Emissionen eine große Bedeutung zu, da die Kommune hier direkten Einfluss auf Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien hat. Das kommunale Energiemanagement ist, wenn möglich, zu verstärken und auszubauen.

8.2 Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED-Technik

Die Umstellung auf LED-Beleuchtung bei der Straßenbeleuchtung ist eine höchst wirtschaftliche Maßnahme. Die aktuelle Norm zur Straßenbeleuchtung DIN EN 13201 gibt ein relativ hohes Beleuchtungsniveau vor. Werden diese Vorgaben umgesetzt, können sich mögliche Effizienzgewinne eventuell deutlich verringern. Eine Verpflichtung zur Einhaltung dieser Norm gibt es nicht, sodass bei Sanierung und Neubau der Straßenbeleuchtung auch Lösungen gefunden werden können, die der Verkehrssicherungspflicht auch mit geringeren Beleuchtungsniveaus Genüge tun.

8.3 Höchstes Effizienzniveau bei Neubau und Sanierung

Alle kommunalen Gebäude sollten in einem möglichst hohen Effizienzstandard errichtet werden. Bei der Betrachtung der jährliche Gesamtkosten stellt sich dies oft, trotz höherer Investitionen als kostengünstigste Lösung dar. Eine nachträgliche energetische Sanierung der Gebäudehülle, nur aus energetischen Aspekten, ist oft nicht wirtschaftlich. Energetische Sanierungen sind dann an sinnvollsten, wenn sowieso Maßnahmen zum Gebäudeunterhalt anstehen. Die energetischen Mehrkosten sind dann überschaubar. Auch hier sollte ein möglichst hohes Effizienzniveau angestrebt werden. Eine zweite energetische Sanierung lässt sich nicht wirtschaftlich darstellen.

8.4 Vorgaben zum Energiestandard beim Neubau

Beim Verkauf kommunaler Grundstücke und in städtebaulichen Verträgen können Vorgaben zu einem höheren Energiestandard gemacht werden. Die Regelungen des GEG bleiben deutlich hinter den notwendigen Effizienzstandards zur Erreichung der Klimaziele zurück. Beim Neubau sind hohe Effizienzstandards, auch aufgrund der vorhandenen Fördermöglichkeiten ohne oder nur mit sehr geringen Mehrinvestitionen umsetzbar.

8.5 Energieeffizienz Wohnungsbau

Trotz vielfältiger Anstrengungen und Förderprogramme zur Effizienzsteigerung im Wohnungsbau bleiben die Einsparungen teilweise weit hinter den Erwartungen zurück. Dies liegt auch an dem immer größer werdenden Bedarf an Wohnfläche pro Person. Eine Reduktion der genutzten Wohnfläche pro Person führt automatisch zu einer Reduktion des Energieverbrauchs und der Emissionen. Viele Bürger*innen in zu großen Wohnungen würden gerne in kleinere Wohnungen umziehen, wenn diese zur Verfügung stünden und/oder sie die Möglichkeit hätten, die Wohnung unter (finanziell) akzeptablen Bedingungen zu wechseln. Im österreichischen Mietrechtsgesetz ist z.B. das Recht auf Wohnungstausch¹³ verankert, nach dem Mieter im selben Gemeindegebiet unter bestimmten Voraussetzungen ihre Wohnung ohne finanzielle Nachteile tauschen können.

Durch Vorgaben in Bebauungsplänen und städtebaulichen Verträgen können energieeffiziente Gebäudetypen (Mehrfamilienhaus, Reihenhaus) mit kleineren Wohnungsgrößen gefördert werden.

8.6 Solare Nutzung von Dächern/ PV-Pflicht

Die Erzeugung regenerativen Stroms ist das Kernelement der Energiewende. Hier kommt der Nutzung bereits versiegelter Flächen (Dächer, Parkplätze, ...) eine besondere Bedeutung zu.

Alle kommunalen Dächer sollten, soweit keine gewichtigen Gründe (Denkmalschutz, Verschattung, geplante Sanierung, etc.) dagegenstehen, großflächig mit PV-Anlagen (gegebenenfalls Solarthermieanlagen) ausgestattet werden. Parkplätzen oder sonstige befestigte Flächen können mit PV-Anlagen überdacht werden.

Die PV-Pflicht bei Neubauten wurde in einigen bayerischen Kommunen bereits eingeführt und ist in manchen Bundesländern beschlossen. Solange es noch keine entsprechenden Regelungen in Bayern gibt, können bei Grundstücksverkäufen, in städtebaulichen Verträgen oder Bebauungsplänen Vorgaben zur Errichtung von PV-Anlagen gemacht werden.

8.7 Ausbau Fernwärme/ Wärmenetze

Fernwärme auf Basis erneuerbarer Energien und/ oder Abwärme ist ein zentraler Baustein der Energiewende. In Wärmenetzen können unterschiedliche Energieträger leichter und kostengünstiger integriert

¹³ Österreichisches Mietrechtsgesetz; §13 MRG Wohnungstausch

werden als bei Einzelversorgungen. So kann z.B. bei einem Überschuss an erneuerbarem Strom die Wärmeerzeugung über Wärmepumpen erfolgen und bei einem geringen Angebot von erneuerbarem Strom die Wärmeerzeugung über Biomasse. Bei einer Einzelversorgung ist eine zweifache Versorgungsstruktur wirtschaftlich deutlich schwieriger darstellbar. Der Ausbau der Fernwärme/ Nahwärme sollte höchste Priorität haben.

8.8 Nachhaltige Mobilität

Wichtige Felder einer nachhaltigen Mobilität, wie die Energieeffizienz von Fahrzeugen oder der Ausbau der Elektromobilität kann durch die kommunale Verwaltung bestenfalls mittelbar (Ausbau Ladeinfrastruktur) beeinflusst werden. Für andere wichtige Felder, wie ÖPNV oder Modal-Split stehen sehr wohl Handlungsoptionen zur Verfügung. Dazu muss der politische Wille für Entscheidungen zugunsten des nicht-emittierenden Verkehrs (Fuß-, Fahrradverkehr) bzw. des Umweltverbands (Fuß-, Fahrrad- und öffentlicher Personennahverkehr) gestärkt werden. Eine Reduktion der THG-Emissionen erfolgt jedoch nur, wenn in gleichem Maß der motorisierte Individualverkehr zurückgeht. Die Förderung des ÖPNV, Fuß- und Radverkehrs muss mit Einschränkungen beim mIV einhergehen.

8.9 Energieeffizienz private Haushalte

Der Energieverbrauch der Haushalte wird überwiegend bestimmt vom Energiebedarf für Gebäudebeheizung und Warmwassererzeugung. Für den energieeffizienten Neubau und die Sanierung stehen Förderprogramme zur Verfügung. Dennoch werden oftmals Sanierungsmaßnahmen oder Neubauten ohne Inanspruchnahme dieser Fördermöglichkeiten auf einem geringen Effizienzniveau durchgeführt. Die Forcierung von Beratungsmöglichkeiten für private Bauherren und Hausbesitzer ist eine notwendige Aufgabe.

Aktuell ist die Versorgung von privaten Haushalten mit Fernwärme in Ingolstadt nicht sehr ausgeprägt. Die Ausweitung der Fernwärme- bzw. Nahwärmeversorgung auf den Sektor private Haushalte kann dort langfristig eine nachhaltige Wärmeversorgung gewährleisten.

8.10 Energieeffizienz GHD

Bei der Industrie werden in der Regel wirtschaftliche Effizienzmaßnahmen umgesetzt. Wobei in diesem Sektor andere Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit gestellt werden als bei kommunalen Maßnahmen oder bei Maßnahmen der privaten Haushalte. Unternehmen, die am Emissionshandel teilnehmen, sind allein aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten bemüht, die anfallenden Emissionen zu verringern.

Bei kleineren Betrieben aus dem Sektor GHD fehlen jedoch oftmals personelle Kapazitäten und Fachkenntnis, um dem Thema Energieeffizienz die notwendige Aufmerksamkeit zukommen zu lassen. Zudem verursachen die Energiekosten bei vielen Unternehmen im Vergleich zu Rohstoffkosten oder Personalkosten nur einen sehr kleinen Teil der anfallenden Kosten.

Energieeffizienzberatungen für Unternehmen aus dem Sektor GHD könnten ein Impulsgeber zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen sein. Der weitere Ausbau der Fernwärme könnte zudem den Umstieg auf eine nachhaltige Energieversorgung befördern.

8.11 Sonstige Emissionen

Es gibt eine Vielzahl von weiteren Handlungsfeldern, die zwar nicht direkt die Emissionen durch die Verwendung fossiler Energieträger auf dem Stadtgebiet von Ingolstadt verringern, die aber dennoch von großer Bedeutung für die Reduktion von THG-Emissionen sind. Dazu gehören u. a. das Konsumverhalten und die Ernährung der Bürger*innen, sowie die stoffliche Nutzung von Holz.

Jedes konsumierte Produkt hat einen Rucksack aus grauer Energie (und somit auch aus Emissionen), die für Herstellung, Transport, Lagerung und Verkauf, eventuell auch Entsorgung benötigt wird. Neben den verwendeten Ausgangsstoffen, Art und Ort der Herstellung, ist auch die Länge der Nutzungsdauer und die Möglichkeit von Reparaturen entscheidend für die Nachhaltigkeit von Produkten. Eine lange Nutzungsdauer kann den Einfluss der anderen Parameter oft übersteigen.

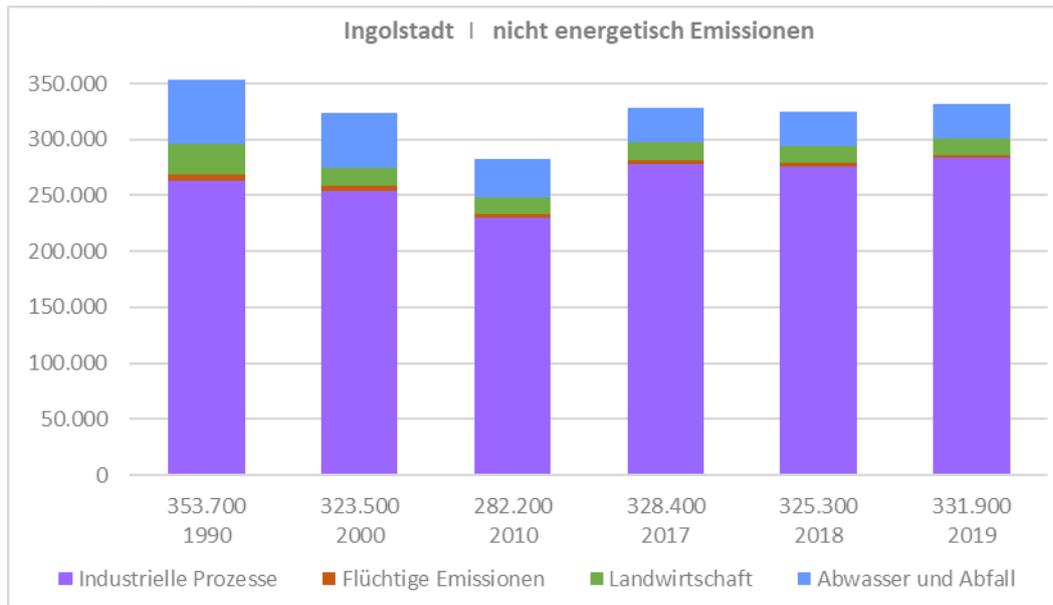
Die Lebensmittelproduktion ist verantwortlich für einen bedeutenden Anteil der weltweiten THG-Emissionen. Neben einem eingeschränkten (oder keinem) Fleischkonsum sind eine Ernährung, die zum großen Teil aus regionalen und saisonalen Produkten besteht, sowie die Reduktion bzw. Vermeidung von Lebensmittelverschwendung weitere wichtige Stellschrauben.

Holz spielt als Energieträger im Energiemix mit der volatilen Erzeugung von Strom aus solarer Strahlung und Windkraft eine wichtige Rolle. Bei einer stofflichen Nutzung von Holz als Baustoff werden jedoch nicht nur die Emissionen eingespart, die für die Herstellung der Baumaterialien anfallen würden, die ersetzt werden (z.B. Beton), sondern es wird gleichzeitig für die Nutzungsdauer des Bauteils der Atmosphäre die Menge CO₂ entzogen, die im Holz gespeichert ist. Während bei Holz als Energieträger das CO₂, das während der Wachstumsphase eingelagert wurde, wieder frei wird, wird bei einer stofflichen Nutzung das CO₂ dem Kreislauf für die Nutzungsdauer entzogen.

9 Nicht energetische Emissionen

Neben den THG-Emissionen aus der Nutzung fossiler Brennstoffe gibt es auch Emissionen, die keine Verbrennungsprozesse als Ursache haben. Diese nicht-energetischen Emissionen im Stadtgebiet von Ingolstadt entstehen in den Bereichen industrielle Prozesse, flüchtige Emissionen (d.h. Emissionen aus der Verwendung von Lacken oder chemischen Produkten), Emissionen aus der Landwirtschaft (Einsatz von Wirtschaftsdünger und Fermentation bei der Verdauung von Tieren) und Emissionen aus Abfall und Abwasser.

Abbildung 60 nicht energetische Emissionen; 2020 - 2050



Die nicht-energetischen Emissionen haben sich seit 1990 um 6 % reduziert. Sie betragen knapp 20 % der energetischen Emissionen. Den dominierenden Anteil haben die Emissionen aus industriellen Prozessen mit einem Anteil von 85 %. Alle anderen Bereiche, auch die Landwirtschaft, die sonst oft den größten Anteil hat, sind nachgeordnet.

10 Spezifische Kennwerte

Energieverbrauch und Emissionen einer Kommune werden maßgeblich bestimmt von den spezifischen Bezugsgrößen wie Bevölkerung, Erwerbstätige bzw. sozialpflichtig Beschäftigte oder der Wohnfläche. Große Zuwächse bei diesen Parametern können vorhandene Effizienzgewinne oftmals überkompensieren, sodass sich bei den absoluten Zahlen Steigerungen ergeben, obwohl die Energieeffizienz und der Einsatz erneuerbarer Energien deutlich gestiegen sind. Deshalb werden Energieverbrauch und THG-Emissionen auch als spezifische Angaben pro Bezugseinheit angegeben. Neben dem Vergleich der absoluten Werte bietet die Analyse der spezifischen Verbrauchswerte und Emissionen eine Möglichkeit zur Bewertung von Effizienzgewinnen und der Wirksamkeit von Maßnahmen.

Kennwerte Bilanz 1990 - 2019

Abbildung 61 spezifische Verbrauchswerte und Emissionen 1990 – 2019

		1990	2000	2010	2017	2018	2019
	Einwohner*innen (EW)	105.489	115.722	125.088	135.244	136.981	137.400
	sozBesch	68.637	79.331	88.980	107.168	107.336	107.531
	m2 Wohnfläche	3.558.213	4.387.328	4.992.087	5.750.810	5.853.704	5.934.727
Bilanz		1990	2000	2010	2017	2018	2019
gesamt	MWh/EW	42,5	42,1	41,5	39,5	39,0	39,4
	t CO2eq/ EW	16,4	15,0	13,8	12,9	12,7	12,4
Haushalte	MWh HH/EW	8,3	8,7	9,1	8,1	7,7	7,7
	t CO2eq HH/ EW	3,0	2,9	2,8	2,4	2,3	2,2
	kWh/ m2 Wohnfläche	246	230	228	191	180	179
GHDI	MWh GHDI/sozBesch	42,9	39,2	37,2	32,4	32,8	33,3
	t CO2eq GHDI/ sozBesch	17,4	14,5	12,8	11,0	11,1	10,7
Verkehr	MWh mIV/ EW	4,2	4,4	3,9	3,6	3,6	3,6
	t CO2eq mIV/ EW	1,4	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1
	MWh EE Strom/ MWh Strom	0,0%	0,0%	1,6%	2,7%	3,0%	3,0%
	MWh EE Wärme/ MWh Wärme	0,6%	1,3%	2,7%	3,9%	3,9%	4,0%
	MWh KWK Wärme/ MWh Wärme	8,4%	10,7%	11,6%	11,0%	11,2%	11,1%

sozBesch = sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

Kennwerte Szenarien 2020-2050

Etliche Kennwerte für den Zeitraum 1990 – 2019 stehen für die Szenarien 2020-2050 nicht zur Verfügung. So bietet der ECOSPEED Region für die Szenarien beim Verkehr lediglich eine Aufteilung in Verkehrsarten an, nicht jedoch in Fahrzeugkategorien. Bedarfswerte für den motorisierten Individualverkehr (mIV) können somit nicht ausgewiesen werden.

Die Emissionen des Stroms werden nach dem deutschen Strommix bilanziert, für diese Entwicklung wurden Annahmen getroffen. Für die erneuerbare Stromerzeugung in Ingolstadt und den Einsatz von KWK im Zeitraum 2020-2050 stehen keine Annahmen zur Verfügung.

Abbildung 62 Szenarien spezifische Bedarfswerte und Emissionen 2020 - 2050

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Einwohner*innen (EW)	137.800	140.300	142.300	144.000	145.400	146.300	146.800
sozBesch	108.006	107.950	107.100	105.400	103.700	101.150	97.750
Wohnfläche (Referenz)	6.094.300	6.387.600	6.644.000	6.706.500	6.736.900	6.726.500	6.701.800
Wohnfläche (Klimaschutz)	6.094.300	6.387.600	6.644.000	6.644.600	6.648.500	6.606.900	6.616.700

Referenzszenario		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
gesamt	MWh/EW	39,4	37,3	34,5	31,7	28,9	26,1	23,5
	t CO2eq/ EW	12,2	10,5	8,6	6,6	4,7	3,2	2,3
Haushalte	MWh HH/EW	7,7	7,4	7,0	6,7	6,4	6,1	5,8
	t CO2eq HH/ EW	2,2	2,0	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5
	kWh HH/m2	174	162	151	144	138	133	127
GHDI	MWh GHDI/sozBesch	32,9	31,5	29,7	27,7	25,8	24,3	22,6
	t CO2eq GHDI/ sozBesch	10,3	8,8	7,1	5,4	3,9	2,9	2,4

Klimaschutzszenario		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
gesamt	MWh/EW	39,4	37,1	33,4	29,7	26,1	23,1	20,4
	t CO2eq/ EW	12,2	10,1	7,8	5,6	3,4	2,0	1,3
Haushalte	MWh HH/EW	7,7	7,3	7,0	6,6	6,1	5,6	5,2
	t CO2eq HH/ EW	2,2	2,0	1,6	1,3	0,9	0,5	0,3
	kWh HH/m2	174	161	149	142	134	125	115
GHDI	MWh GHDI/sozBesch	32,9	31,5	28,7	26,1	23,8	21,9	20,0
	t CO2eq GHDI/ sozBesch	10,3	8,3	6,4	4,5	2,7	1,8	1,4

sozBesch = sozialversicherungspflichtig Beschäftigte

11 Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BISKO	Bilanzierungssystematik Kommunal
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalente
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EW	Einwohner*in
Erwerbs	Erwerbstätige
GEG	Gebäude-Energie-Gesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GHDI	Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie
HH	Haushalte
I	Industrie
KV	kommunale Verbraucher
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kW	Kilowatt (Leistung)
kWh	Kilowattstunde (Energie)
mIV	motorisierter Individualverkehr (Zweiräder, PKW)
Modal Split	Verteilung des Transportaufkommens (Güterverkehr) bzw. der Verkehrsleistung (Personenverkehr) auf verschiedene Verkehrsträger
MW	Megawatt (Leistung)
MWh	Megawattstunde (Energie)
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
PV	Photovoltaik
SGV	Straßengüterverkehr
sozBesch	sozialpflichtig Beschäftigte
T	Tonnen
THG	Treibhausgas
TRIMODE	Transport integrated Model of Europe

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Ingolstadt; Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	11
Abbildung 2	Ingolstadt; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger, 1990 – 2019.....	11
Abbildung 3	Ingolstadt; Energieverbrauch, Emissionen pro EW; 1990 – 2019.....	12
Abbildung 4	Ingolstadt; Energieverbrauch Sektoren Anteile; 1990 – 2019.....	12
Abbildung 5	Ingolstadt; Emissionen Sektoren Anteile; 1990 – 2019.....	13
Abbildung 6	private Haushalte, Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	13
Abbildung 7	private Haushalte; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger, 1990 - 2019.....	14
Abbildung 8	private Haushalte, Energieverbrauch, Emissionen pro EW, pro m ² ; 1990 – 2019.....	14
Abbildung 9	GHDI; Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	15
Abbildung 10	GHDI; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger; 1990 – 2019.....	15
Abbildung 11	GHDI; Energieverbrauch, Emissionen pro sozpl. Beschäftigte; 1990 – 2019.....	15
Abbildung 12	GHD, Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	16
Abbildung 13	GHD; Energieverbrauch, Emissionen Energieträger; 1990 – 2019.....	16
Abbildung 14	Industrie; Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	17
Abbildung 15	Industrie; Energieverbrauch Energieträger, Emissionen; 1990 – 2019.....	17
Abbildung 16	kommunale Verbraucher (KV); Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	18
Abbildung 17	kommunale Verbraucher (KV); Energieverbrauch Energieträger, Emissionen; 1990 – 2019.....	18
Abbildung 18	kommunale Liegenschaften; Energieverbrauch, Emissionen pro m ² Fläche; 1990 – 2019.....	19
Abbildung 19	Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen; 1990 – 2019.....	19
Abbildung 20	Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen Energieträger; 1990 - 2019.....	19
Abbildung 21	Verkehr (VE); Energieverbrauch, Verkehrsarten; 1990 - 2019.....	20
Abbildung 22	Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen mIV pro EW; 1990 – 2019.....	20
Abbildung 23	Verkehr (VE); Energieverbrauch, Emissionen SGV pro sozBesch; 1990 – 2019.....	20
Abbildung 24	Effizienzpotenziale Haushalte; 2020 – 2050.....	22
Abbildung 25	Effizienzpotenziale Wirtschaft; 2020 – 2050.....	23
Abbildung 26	Effizienzpotenziale kommunale Verbraucher; 2020 – 2050.....	24
Abbildung 27	Effizienzpotenziale Verkehr; 2020 – 2050.....	26
Abbildung 28	erneuerbare Wärmeverbrauch, Anteil am Wärmeverbrauch; 1990 – 2020.....	27
Abbildung 29	EEG-Stromerzeugung, Anteil am Stromverbrauch; 2010 – 2020.....	28
Abbildung 30	Referenzszenario Energiebedarf, Emissionen; 2020 – 2050.....	31
Abbildung 31	Referenzszenario Emissionen Sektoren; 2020 – 2050.....	32
Abbildung 32	Referenzszenario; Energieverbrauch, Emissionen pro EW; 2020 – 2050.....	32
Abbildung 33	Referenzszenario HH Energiebedarf; 2020 - 2050.....	33
Abbildung 34	Referenzszenario HH Emissionen; 2020 - 2050.....	33
Abbildung 35	Referenzszenario HH; Energieverbrauch, Emissionen pro EW; 2020 – 2050.....	33
Abbildung 36	Referenzszenario GHDI Energiebedarf; 2020 - 2050.....	34
Abbildung 37	Referenzszenario GHDI Emissionen; 2020 - 2050.....	34
Abbildung 38	Referenzszenario GHDI; Energieverbrauch, Emissionen pro sozpl. Beschäftigte; 2020 – 2050.....	35
Abbildung 39	Referenzszenario komm. Verbraucher Energiebedarf; 2020 - 2050.....	35
Abbildung 40	Referenzszenario komm. Verbraucher Emissionen; 2020 - 2050.....	36
Abbildung 41	Referenzszenario Verkehr Energiebedarf Energieträger; 2020 - 2050.....	36
Abbildung 42	Referenzszenario Verkehr Emissionen Energieträger; 2020 - 2050.....	37
Abbildung 43	Referenzszenario Verkehr Energiebedarf Verkehrskategorien; 2020 - 2050.....	37
Abbildung 44	Referenzszenario Verkehr Emissionen Verkehrskategorien; 2020 - 2050.....	38
Abbildung 45	Klimaschutzszenario Energiebedarf, Emissionen; 2020 - 2050.....	39
Abbildung 46	Klimaschutzszenario Energiebedarf Sektoren; 2020 – 2050.....	39
Abbildung 47	Klimaschutzszenario; Energieverbrauch, Emissionen pro EW; 2020 – 2050.....	39
Abbildung 48	Klimaschutzszenario HH Energiebedarf; 2020 - 2050.....	40

Abbildung 49	Klimaschutzszenario HH Emissionen; 2020 - 2050	41
Abbildung 50	Klimaschutzszenario HH; Energieverbrauch, Emissionen pro EW; 2020 – 2050	41
Abbildung 51	Klimaschutzszenario GHDI Energiebedarf; 2020 - 2050	42
Abbildung 52	Klimaschutzszenario GHDI Emissionen; 2020 - 2050	42
Abbildung 53	Klimaschutzszenario GHDI; Energieverbrauch, Emissionen pro sozpl. Besch.; 2020 – 2050.....	42
Abbildung 54	Klimaschutzszenario komm. Verbraucher Energiebedarf; 2020 - 2050	43
Abbildung 55	Klimaschutzszenario komm. Verbraucher Emissionen; 2020 - 2050	43
Abbildung 56	Klimaschutzszenario Verkehr Energiebedarf Energieträger; 2020 - 2050	44
Abbildung 57	Klimaschutzszenario Verkehr Emissionen Energieträger; 2020 - 2050.....	45
Abbildung 58	Klimaschutzszenario Verkehr Energiebedarf, Verkehrskategorien; 2020 – 2050.....	45
Abbildung 59	Klimaschutzszenario Verkehr Emissionen, Verkehrskategorien; 2020 - 2050.....	46
Abbildung 60	nicht energetische Emissionen; 2020 - 2050	51
Abbildung 61	spezifische Verbrauchswerte und Emissionen 1990 – 2019.....	52
Abbildung 62	Szenarien spezifische Bedarfswerte und Emissionen 2020 - 2050	53