

Energie- und Treibhausgas-Bilanzen Braunschweig 1990 bis 2008 Langfassung

Stand: 05.07.2010

Verfasser: GEO-NET Umweltconsulting GmbH
Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover

Hannover, Juli 2010

INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorbemerkungen.....	4
1.1	<i>Zielsetzung.....</i>	4
1.2	<i>Ausgangssituation.....</i>	5
2	Methodik	6
2.1	<i>Witterungsbereinigung.....</i>	7
2.2	<i>Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen</i>	8
2.2.1	Besonderheiten bei den Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme.....	11
2.2.2	Emissionsfaktoren für den Verkehrsbereich	13
3	Energiebilanzen und Treibhausgasemissionen	15
3.1	<i>Gesamtstadt.....</i>	15
3.1.1	Erfassung der Energieverbrauchsdaten	15
3.1.2	Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Gesamtstadt.....	15
3.1.3	Startbilanz für die Jahre 1990 bis 2007	20
3.2	<i>Private Haushalte.....</i>	22
3.2.1	Erfassung der Energieverbrauchsdaten für private Haushalte.....	22
3.2.2	Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen aus privaten Haushalten....	23
3.3	<i>Wirtschaft.....</i>	26
3.3.1	Erfassung der Energieverbrauchsdaten für die Wirtschaft	26
3.3.2	Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Wirtschaft	26
3.4	<i>Stadt und städtische Gesellschaften.....</i>	28
3.4.1	Erfassung der Energieverbrauchsdaten für Stadt und städtische Gesellschaften.....	28
3.4.2	Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Stadt.....	29
3.4.3	Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von städtischen Gesellschaften.....	34

3.5	Verkehr	36
3.5.1	Motorisierter Straßenverkehr	36
3.5.1.1	Basisdaten zum motorisierten Straßenverkehr	36
3.5.1.2	Energieverbrauch des motorisierten Straßenverkehrs	39
3.5.1.3	Treibhausgasemissionen des motorisierten Straßenverkehrs.....	40
3.5.2	Bahnverkehr der DB.....	43
3.5.2.1	Basisdaten zum Bahnverkehr der DB.....	43
3.5.2.2	Energieverbrauch des Bahnverkehrs.....	43
3.5.2.3	Treibhausgasemissionen des Bahnverkehrs	43
3.5.3	Personennahverkehr der Braunschweiger Verkehrs AG	45
3.5.3.1	Basisdaten und Energieverbrauch im Personennahverkehr	45
3.5.3.2	Treibhausgasemissionen des Personennahverkehrs.....	45
3.5.4	Binnenschifffahrt	46
3.5.4.1	Basisdaten zur Binnenschifffahrt	46
3.5.4.2	Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt	47
3.5.5	Zusammenfassung des Teilbereichs Verkehr	48
3.5.6	Flugverkehr	50
3.6	<i>Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen aller Sektoren einschließlich Verkehr</i>	52
4	Zusammenfassung	55
5	Literatur.....	58

1 VORBEMERKUNGEN

Ausgangspunkt für die vorliegende Energie- und CO₂-Bilanz ist das Vorhaben der Stadt Braunschweig, ein Klimaschutzkonzept erstellen zu lassen. Als Basis für ein solches Klimaschutzkonzept wurde für das Stadtgebiet die vorliegende regionale Energie- und CO₂-Bilanz für das Jahr 2008 erstellt. Sie soll dazu dienen, besonders klimarelevante Bereiche zu identifizieren. Dies wiederum ist die Grundlage für die Festlegung von Handlungsschwerpunkten und für alle weiteren Aktivitäten der Stadt, systematisch und zielgerichtet Klimaschutz zu betreiben.

Hauptquelle für die Emission von Kohlendioxid (CO₂) ist die Verbrennung fossiler Energieträger zur Erzeugung von Nutzenergie.

Die Bilanzierung der energiebedingten CO₂-Emissionen erfasst den Anteil der gesamten Kommune an dem Ausstoß dieses Treibhausgases. Die Berechnung der Energieverbräuche und der daraus resultierenden Emissionen an Kohlendioxid und weiterer Treibhausgase erfolgte in folgenden Teilbereichen:

- n Private Haushalte
- n Wirtschaft: Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie
- n Kommunale Einrichtungen
- n Verkehr

1.1 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden kommunalen CO₂-Bilanz ist die möglichst genaue Abschätzung der im Stadtgebiet Braunschweig emittierten Treibhausgase. Die Bilanz stellt somit eine Fortsetzung der für die EU, Deutschland und Niedersachsen vorgenommenen Erhebungen der Treibhausgase auf lokaler Ebene dar und ist Ausgangspunkt für zukünftige CO₂-Minderungsprogramme in Braunschweig.

Die ermittelten Referenzwerte bilden die Grundlage für die Festlegung von örtlich spezifischen Emissionsminderungszielen, für die Entwicklung von Strategien und Maßnahmen in den prioritären Handlungsfeldern. Zukünftig soll die CO₂-Bilanzierung außerdem in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben und bereits umgesetzte Maßnahmen auf diese Weise evaluiert werden.

Die Bilanz bietet damit auch die Basis für eine Erfolgskontrolle. Die Methodik sowie die verwendeten Datenquellen wurden daher so gewählt, dass eine möglichst einfache und stimmige Fortschreibung möglich ist.

1.2 Ausgangssituation

In den vergangenen Jahren sind in der Stadt Braunschweig bereits zahlreiche Aktivitäten zur Schonung der Umwelt und zum Schutz des Klimas umgesetzt worden. So hat beispielsweise bereits 1993 die Stadt die Studie „Energiesparpotentiale im Einflussbereich der Stadt Braunschweig“ beauftragt. Ebenso wie in dem „Energieversorgungskonzept der Stadtwerke Braunschweig“ von 1995 wurden in diesen Studien die Energieverbräuche und teilweise auch CO₂-Emissionen der Gesamtstadt erhoben.

Auch in der Studie „Ermittlung des CO₂-Äquivalents der Fernwärmelieferung der Braunschweiger Versorgungs-AG & Co. KG“ der TU Dresden aus dem Jahr 2007 wurden Teilbereiche der Energieversorgung der Stadt evaluiert. Zusammen mit dem „Luftreinhalte- und Aktionsplan Braunschweig“ aus dem gleichen Jahr wurde damit eine wertvolle Datengrundlage für die Beschäftigung mit Klimaschutz in Braunschweig geschaffen.

Die in großen Schritten fortschreitende Entwicklung im Bereich der Energiegewinnung und Energienutzung eröffnet neue Möglichkeiten und Handlungsoptionen im Bereich Klimaschutz. Auch neuere Erkenntnisse über den Klimawandel erfordern eine Aktualisierung der kommunalen Klimaschutzziele.

Um über die bereits umgesetzten Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen hinaus für ihren Bereich die Verantwortung dafür zu übernehmen, dass die von Deutschland eingegangenen internationalen Verpflichtungen zum Klimaschutz erreicht werden können, hat die Stadt im Jahr 2009 die Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes für das Stadtgebiet in Auftrag gegeben. Diese vorliegende Energie- und CO₂-Bilanz bildet die Grundlage für ein solches Konzept und dient zur aktuellen energetischen und klimaschutzpolitischen Standortbestimmung.

2 METHODIK

Die Bilanzierung erfolgt nach dem sogenannten **Territorialprinzip**, d.h. die Emissionen werden **lokal** dort bilanziert, wo sie entstehen bzw. verursacht werden. Dazu werden die CO₂-Emissionen aus den Energieverbrauchswerten der einzelnen Energieträger berechnet, die innerhalb des Stadtgebietes Braunschweigs verbraucht werden. Soweit die Energieträger fossile Brennstoffe sind, werden die Emissionen dort bilanziert wo sie freigesetzt werden, lediglich bei der Stromerzeugung werden die in den Kraftwerken entstehenden Emissionen dem Ort ihres Verbrauchs zugerechnet. Auf diese Weise werden alle Emissionen erfasst, die lokal in Braunschweig verursacht werden. Die so bilanzierten Energieverbrauchswerte und Emissionen spiegeln damit die ortsspezifischen Besonderheiten des Bilanzierungsgebietes wider. Darauf basierend können Maßnahmen ergriffen werden, welche die lokalen Verhältnisse berücksichtigen.

Im **Energiesektor** basiert die Bilanz auf Daten, die vom örtlichen Energieversorger BS|ENERGY, der Energieleitstelle der Stadt Braunschweig, den größeren städtischen Gesellschaften, dem Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim und dem Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (LSKN) zur Verfügung gestellt wurden. Für den **Verkehrssektor** wurde auf Daten von der Stadt, der Braunschweiger Verkehrs-AG, der Wasser- und Schifffahrtsdirektion und der DB zurückgegriffen.

Die CO₂-Emissionen werden nach dem „Primärenergie-Prinzip“ berechnet, d.h. es werden alle fossilen Vorkettenanteile, unabhängig davon, wo sie geografisch anfallen, bilanziert und dem Endenergieverbrauch der entsprechenden Energieträger zugerechnet. Hierdurch wird z.B. der Energieträger Strom bei der Emissionsberechnung mit den Emissionen der Stromerzeugung belastet.

Die so genannte „**Startbilanz**“ zeigt die anhand der Einwohner- und Erwerbstätigenzahlen abgeschätzten Energieverbräuche und Emissionen Braunschweigs. Als Basis der Berechnung dienen die bundesdurchschnittlichen Energieverbrauchszahlen der verschiedenen Wirtschaftssektoren und der Haushalte, diese werden über die Einwohner- und Erwerbstätigenzahlen auf die Verhältnisse in Braunschweig umgerechnet. Die Startbilanz bildet damit die Energieverbräuche und Emissionen in Braunschweig so ab, als wenn diese in den jeweiligen Wirtschaftssektoren und im Sektor Private Haushalte dem Bundesdurchschnitt entsprächen.

Die Berechnung der Startbilanz erfolgte mit Hilfe des von der Schweizer Firma Ecospeed entwickelten Programms ECO2-Region^{Smart}.

	Startbilanz	Feinbilanz
Bilanzzeitraum	1990 bis 2007	2007 und 2008
Eingangsdaten	<ul style="list-style-type: none"> · Gemeldete Einwohner am Hauptwohnsitz · Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen 	<ul style="list-style-type: none"> · Gemessene Energieverbrauchsdaten · Analysedaten zum Verkehrsaufkommen · Treibstoffverbrauch der Stadtbahnen und Linienbusse und Bahnen (DB) · u.a.
Bedeutung	Bildet die Energieverbräuche und Emissionen in Braunschweig ab, wenn die verschiedenen Verbrauchssektoren dem Bundesdurchschnitt entsprechen.	Spiegelt die tatsächlichen Verhältnisse wider.

Tabelle 2.1: Vergleich zwischen Start- und Feinbilanz

Zur **Feinbilanzierung** werden alle lokal verfügbaren Energieverbrauchsdaten eingesetzt, so dass der tatsächliche Energieverbrauch der Kommune soweit wie möglich dargestellt wird. Neben dem eigentlichen Bilanzjahr 2008 finden zum Vergleich in Braunschweig die Energieverbrauchsdaten des Jahres 2007 Berücksichtigung. Die Feinbilanz stellt damit eine detaillierte Annäherung an die regionalen Gegebenheiten dar. Nur in den Fällen, in denen für Braunschweig keine konkreten Daten vorliegen, werden bei der Berechnung der Feinbilanz die Daten der Startbilanz genutzt, so z.B. für den Flugverkehr.

Ausdrücklich sei den Datenlieferanten für ihre Kooperations- und Informationsbereitschaft gedankt, ohne deren Unterstützung die vorliegenden Bilanzen für die Stadt Braunschweig nicht hätten erstellt werden können.

2.1 Witterungsbereinigung

Die Menge an Energie, die zum Heizen aufgebracht wird, schwankt nicht nur innerhalb des Jahresverlaufs, sondern unterscheidet sich auch in Abhängigkeit vom gesamten Witterungsverlauf eines Jahres (Schwankungen bis zu 35%, so z.B. zwischen 1996 und 2000).

Um den Verbrauch unterschiedlicher Jahre miteinander vergleichen zu können, muss der Einfluss der jeweiligen Außentemperaturen also berücksichtigt werden. Hierzu werden für die einzelnen Jahre Klimakorrekturfaktoren herangezogen, mit denen der Anteil des Wärmeverbrauchs, der witterungsabhängig ist (= Heizenergieverbrauch),

multipliziert wird. Als Grundlage dienen hierzu die Gradtage¹ G20/15 der Station Braunschweig, als Referenzwert wird der Mittelwert der Jahre 2000 bis 2009 (Normperiode) herangezogen.

Jahr	Gradtage (Kd)	Vergleich zur Normperiode 2000–2009	Mittelwert der letzten 5 Jahre
1992	3494	101%	
1993	3881	112%	
1994	3496	101%	
1995	3725	107%	
1996	4440	128% max.	3807,2
1997	3704	107%	3849,2
1998	3576	103%	3788,2
1999	3341	96%	3757,0
2000	3233	93% min.	3658,6
2001	3662	106%	3503,1
2002	3525	102%	3467,2
2003	3601	104%	3472,2
2004	3633	105%	3530,8
2005	3577	103%	3599,5
2006	3382	98%	3543,5
2007	3217	93% min.	3481,9
2008	3389	98%	3439,4
2009	3461	100%	3405,0
Normperiode 2000–2009	3468		

Tabelle 2.2: Witterungsbedingter Heizbedarf für die Jahre 1992 bis 2009 der Station Braunschweig

2.2 Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen

Die Emissionsfaktoren sind die Grundlage für die Berechnung der CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch. Sie geben an, wie viel CO₂ bei der Erzeugung einer Energie-Einheit entsteht. Berücksichtigung finden dabei nicht nur die am Ort der Energieumwandlung direkt entstehenden Emissionen. In die ausgewiesenen Emissionswerte werden darüber hinaus auch die gesamten Emissionen eingerechnet, die

¹ Gradtage = Summen der Differenz zwischen täglichen Durchschnittstemperaturen < 15°C und der normalen Raumtemperatur von 20°C (in Kelvin) aufsummiert pro Jahr.

für die Primärenergiegewinnung, Aufbereitung bzw. Umwandlung und den Transport der jeweiligen Energieträger aufgewendet werden („Vorkette“).

Neben dem am häufigsten auftretenden Treibhausgas CO₂ gibt es weitere Gase, die eine klimaschädigende Wirkung haben. Dazu zählen vor allem Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Für die vollständige Berechnung der Emissionen verschiedener Energieträger müssen auch diese Treibhausgase Berücksichtigung finden und somit in die CO₂-Bilanz einfließen. Diese Vorgehensweise erfolgte auch bei der Erstellung der CO₂-Bilanzen in Hannover (2008), Frankfurt/Main (2008) und Wolfenbüttel (2008), so dass in diesem Punkt eine Vergleichbarkeit zu diesen Studien gegeben ist.

Um die verschiedenen Treibhausgase leichter untereinander vergleichen zu können, sowie im Interesse einer vereinfachten Darstellung, werden die Emissionen eines Energieträgers zu so genannten CO₂-Äquivalenten zusammengerechnet. Dazu werden die einzelnen Gasmengen mit bestimmten Gewichtungsfaktoren multipliziert, in denen das jeweilige Treibhauspotenzial berücksichtigt wird. Diese liegen beispielsweise für Methan bei 21 bis 28; 1 kg Methan hat also die gleiche Treibhauswirkung wie 21 bis 28 kg CO₂. Die Bandbreite erklärt sich durch die unterschiedliche Beständigkeit von Methan in der Atmosphäre. Üblicherweise wird ein Betrachtungszeitraum von 100 Jahren angenommen und Methan mit einem Gewichtungsfaktor von 25 berechnet, Lachgas mit 298².

Alle auf diese Weise ermittelten CO₂-Äquivalente werden addiert und finden sich im Gesamt-Emissionswert des jeweiligen Energieträgers wieder.

In Tabelle 2.3 sind die verwendeten Emissionsfaktoren für die Bilanzjahre 2007 und 2008 zusammengefasst. Neben den Werten für die Berechnung der CO₂-Äquivalente sind die Emissionsfaktoren ohne Äquivalente dargestellt, wie sie für die Berechnung der Startbilanz durch das Programm ECO-Region verwendet werden (vgl. 3.1.1). Weiterhin sind zum Vergleich die im Energieversorgungskonzept Braunschweig³ von 1995 genannten Emissionsfaktoren aufgeführt.

² IPCC (2007)

³ STADTWERKE BRAUNSCHWEIG GMBH (1995)

[g/kWh]	Verwendete Faktoren ⁴ CO _{2äq}		CO ₂ (inkl. Vorkette) nach ECO-Region			CO ₂ (nur lokal) nach Energieversorgungskonzept BS (1995)		
	2007	2008	2007	Differenz		2007	Differenz	
Energieträger	2007	2008	2007	Differenz		2007	Differenz	
Strom BS ENERGY	929	881	581	348	+60%			
Heizöl EL	321		320	1	+0%	260	61	23%
Benzin	330		302	28	+9%			
Diesel	314		292	22	+8%			
Kerosin	627		284	343	+121%			
Erdgas	252		228	24	+11%	200	52	26%
Fernwärme	180		227	-47	-21%			
Holz	24		24	0				
Braunkohle	438		438	0		400	38	10%
Steinkohle	411		365	46	+13%	330	81	25%
Kohle	420		371	49	+13%			
Umweltwärme	232		164	68	+41%			
Sonnenkollektoren	34		25	9	+36%			
Biogase	19		15	4	+27%			
Abfall	166		250	-84	-34%			
Flüssiggas	277		241	36	+15%			
Pflanzenöl	110		36	74	+205%			
Biodiesel	150		87	63	+72%			

Tabelle 2.3: Gegenüberstellung Emissionsfaktoren in g CO₂/kWh bzw. g CO_{2äq}/kWh

Beim Vergleich der Emissionsfaktoren für die verschiedenen Energieträger zeigt sich, dass diese sehr unterschiedlich ausfallen. So weist Strom mit Abstand den höchsten Wert auf, was auf den durch Umwandlungsverluste bedingten vergleichsweise hohen Energieverbrauch bei der Stromerzeugung und die Netzverluste zurückzuführen ist. Dies führt dazu, dass die Nutzung von Strom in der Treibhausgasbilanz wesentlich stärker zu Buche schlägt als die anderer Energieträger.

Erneuerbare Energien hingegen wie Sonnenenergie, Biogas, Holz etc. weisen sehr geringe CO₂-Emissionsfaktoren auf. Nicht nur der Energieverbrauch des Endverbrauchers, sondern auch die Wahl des jeweiligen Energieträgers haben daher erhebliche Auswirkungen auf die gesamtstädtische CO₂-Bilanz.

Allerdings ist bei der Berechnung der Emissionsfaktoren zu beachten, dass insbesondere die Emissionen aus Erneuerbaren Energien oft mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Dies zeigte beispielsweise die Diskussion um Pflanzenöl, Biodiesel

⁴ (<http://www.hannover.de/klimaschutzallianz/emissionen/monitor/index.html>). Ausnahmen bilden Fernwärme (noch abgeschätzt, s.u. 1.2.1.), Strom, Kerosin (abgeschätzt mit RFI-Faktor von 1,9 für Emissionen in großen Höhen), Holz, Kohle und Umweltwärme. In Wolfsburg (2009) dagegen wurde nur mit lokal emittiertem CO₂ gerechnet. Ein Vergleich der Ergebnisse mit Wolfenbüttel (2009) ist nur begrenzt möglich, da dort zwar überwiegend mit CO_{2äq}, für Strom jedoch nur mit lokalem CO₂ nach Stromkennzeichnung bilanziert wurde.

und die Lachgasemissionen bei ihrer Erzeugung. Wie groß die Unsicherheiten im Einzelnen sind, zeigt folgende Tabelle.

Emissionsfaktoren Erneuerbare Energien		Unsicherheiten
Strom	Wasserkraft	gering
	Windenergie	mittel
	Photovoltaik	mittel
	Klärgas	mittel
	Deponiegas	mittel
KWK	Biogas-BHKW	groß
	Biomasse fest – (H)KW	groß
	Biomasse flüssig – BHKW	groß
	biogener Anteil des Abfalls	mittel
	tiefe Geothermie	mittel
Wärme	Brennholz (Haushalte)	mittel
	Biomasse (Industrie)	groß
	Solarthermie	mittel
	oberflächennahe Geothermie (WP)	mittel
Verkehr	Biodiesel	groß
	Pflanzenöl	groß
	Bioethanol	groß

Tabelle 2.4: Überblick zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren erneuerbarer Energieträger (nach Memmler 2009)⁵

2.2.1 Besonderheiten bei den Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme

Lokal betrachtet verursacht die Nutzung von Strom und Fernwärme keine Emissionen, daher tauchen diese in der Studie zur Luftreinhaltung der Stadt Braunschweig⁶ nicht auf. Weil die Emissionen aus den Kraftwerken und Heizkraftwerken jedoch hauptsächlich durch Verbrauchsminderung gesenkt werden können, werden dem Strom und der Fernwärme die Emissionen aus den Erzeugungsanlagen anteilig zugerechnet. Dieses verbrauchsorientierte Territorialprinzip dient dazu, zukünftige Klimaschutzbemühungen in der Stadt Braunschweig sowohl auf der Verbrauchs- als auch auf der Erzeugungsseite der CO₂-Bilanz sichtbar zu machen.

Für die Berechnung der **Emissionen aus dem Stromverbrauch** gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten: die Verwendung des bundesdeutschen Strommixes (Energieträgermix) oder die Verwendung des örtlichen Strommixes.

⁵ MEMMLER, M. et al. (2009)

⁶ STADT BRAUNSCHWEIG (Hrsg.) (2007)

Der Strom für Haushalte und Gewerbe wird durch die Liberalisierung des Marktes vom lokalen Energieversorger BS|ENERGY und anderen Stromversorgern geliefert. Andererseits verkauft BS|ENERGY einen beträchtlichen Anteil seines Stroms auch an Kunden außerhalb des Stadtgebiets.

Der örtliche Energieversorger BS|ENERGY hat eigene Erzeugungsanlagen, kauft jedoch auch Strom zu. Nach Absprache zwischen Fachbüro, Stadt und BS|ENERGY werden die Emissionen aus den Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet in vollem Umfang der Stadt zugerechnet. Da BS|ENERGY jedoch mehr als die Hälfte seines Stroms außerhalb des Stadtgebiets verkauft, wird der Anteil von BS|ENERGY am Kohlekraftwerk Mehrum, das außerhalb des Stadtgebiets liegt, nicht berücksichtigt. Zur Berechnung des Emissionsfaktors für Strom wird für den Anteil des verbrauchten Stroms, der nicht im Stadtgebiet erzeugt wird, der Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommix verwendet.

Der Emissionsfaktor des deutschen Strom-Mix wird jedoch in der Regel nur ohne die ausländischen Vorketten⁷ berechnet, da die Regeln des Kyoto-Protokolls diese Vorgehensweise festlegen. Deshalb wurden die vollständigen Emissionen einschließlich der Vorketten mittels zwei Quellen abgeschätzt: Erstens aus der CO₂-Bilanz für 2005 für die Region Hannover, in der die Verfasser eine Zahl von 793 g CO_{2äq}/kWh⁸ für 2004 angeben, und zweitens aus der vom UBA veröffentlichten Zeitreihe⁹ ohne ausländische Vorketten.

Bei der Stromerzeugung entsteht immer auch Wärme. Diese lässt sich mittels sogenannter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auskoppeln und auf diese Weise nutzbar machen. Über kürzere Strecken lässt sich die so gewonnene Wärme zu Wärmeverbraucher hin transportieren. Die Nutzung dieser sogenannten **Fernwärme** führt zu einer besseren Brennstoffausbeute der jeweiligen Energieträger. Die Fernwärme der Stadt Braunschweig wird zu mehr als 95 Prozent in KWK erzeugt und in Zukunft durch die neue Gas- und Dampfturbinenanlage (GuD) verstärkt.

Es gibt verschiedene Methoden, die Emissionen aus der Fernwärme zu berechnen. BS|Energy nutzt seit 2007 die Exergetische Methode, um bei ihren KWK-Anlagen den Brennstoffeinsatz bzw. die CO₂-Emissionen auf die Produkte Strom und Wärme aufzuteilen.

Die Exergie ist in der Thermodynamik als der Anteil einer thermischen Energie definiert, die als Arbeit genutzt werden kann ($\eta_{\text{carnot}} = \text{Exergie} / \text{thermische Energie}$)

⁷ UBA (2006+07 vorläufig) Stand April 2009: Wie viel CO₂ verursacht eine Kilowattstunde Strom im deutschen Strommix? www.umweltbundesamt.de/energie/politik.htm

⁸ Errechnet aus der vom AK Energie (2008) S. 50 veröffentlichten Zahl von 617 g CO₂/kWh ohne Vorketten und Äquivalente für 2004

⁹ www.umweltbundesamt.de/energie/politik.htm → Wieviel CO₂ verursacht eine Kilowattstunde Strom im deutschen Strommix?

und Energie = Exergie + Anergie)¹⁰. Die Allokation (Zuteilung) des Brennstoffes wird über das Verhältnis des Exergieanteils von Strom und Wärme bestimmt, d.h. bei den Produktströmen von KWK-Anlagen werden nur die exergetischen Anteile bewertet. Da jedoch die Berechnung des Emissionsfaktors für Fernwärme nach dieser Methode bislang von BS|ENERGY noch nicht abgeschlossen ist, wurde eine vorläufige Abschätzung vorgenommen, die noch mit einer leichten Unsicherheit behaftet ist. An der Gesamt-Emission an Treibhausgasen der Stadt Braunschweig wird sich dadurch jedoch nichts ändern, da auch die strombedingten Emissionen aus den Heizkraftwerken vollständig dem Energieverbrauch von Braunschweig zugerechnet werden, wie oben beschrieben.

2.2.2 Emissionsfaktoren für den Verkehrsbereich

Die Emissionen im Bereich Verkehr werden auf Grundlage des „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“, HBEFA Version 3.1 (Umweltbundesamt 2010) berechnet. Während CO₂-Emissionen direkt proportional zum Kraftstoffverbrauch sind, sind Emissionen der Äquivalente Methan und Lachgas vom Betriebszustand abhängig und werden für die gegebene Flottenzusammensetzung für 2008 und die jeweilige Verkehrssituation berechnet. Für Methan (CH₄) wird ein Wert von 21 als Äquivalenzfaktor zu CO₂ verwendet, für Lachgas (N₂O) wird ein Äquivalenzfaktor von 310 angenommen.

Da die Emissionen des Straßenverkehrs letztlich aus Kraftstoffverbrauchswerten berechnet werden, ist die Verwendung eines kraftstoffbezogenen Emissionsfaktors sinnvoll.

Zur Abschätzung der Emissionen aus der Vorkette für die Bereitstellung frei Tankstelle wird auf die Emissionsfaktoren zurückgegriffen. Die verwendeten Emissionsfaktoren gemäß Fritsche, Öko-Institut 2007: „Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorkette“ sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Über den in GEMIS genannten Heizwert für Benzin und Diesel in Deutschland im Jahr 2005 werden die Werte auf einen kraftstoffbezogenen Emissionsfaktor umgerechnet.

¹⁰ Strom hat dabei den Faktor 1, Fernwärme von 72°C bis 130°C hat einen Exerriefaktor zwischen 0,25 und 0,4.

Energieträger	Emissionsfaktor in g CO ₂ / g Kraftstoff	Emissionsfaktor in g CO ₂ / kWh*	Heizwert in MJ / kg
Benzin	0,686	58,2	42,45
Diesel	0,512	43,3	42,6

* bezogen auf 100 % der Endenergie (Heizwert)

Tabelle 2.5: Emissionsfaktoren für die Bereitstellung von Benzin und Diesel frei Tankstelle.

Die Emissionsfaktoren für die Bereitstellung frei Tankstelle ergeben für Benzin einen Aufschlag von ca. 21 %, für Diesel einen Aufschlag von etwa 16 %. In erster Näherung wird für die CO₂-Emissionen der einzelnen Straßenabschnitte ein einheitlicher Aufschlag für die Vorkette von 19 % angenommen.

Die CO₂-Äquivalentemissionen werden ebenfalls gegliedert nach Verkehrskategorien aufgelistet.

3 ENERGIEBILANZEN UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN

3.1 Gesamtstadt

3.1.1 Erfassung der Energieverbrauchsdaten

Die Energiebilanz für Gebäude und Wirtschaft basiert teilweise auf Daten, die vom örtlichen Energieversorger BS|ENERGY, und dem Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim zur Verfügung gestellt wurden. In beiden Fällen ist, wie unten beschreiben, eine präzise Abgrenzung der einzelnen Sektoren nicht immer möglich (vgl. Kap. 3.2.1 und 3.3.1).

Eine genauere Darstellung der Erfassung der Energieverbrauchsdaten erfolgt in den Kapiteln zu den einzelnen Verbrauchssektoren.

3.1.2 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Gesamtstadt

Insgesamt ergibt sich für das Stadtgebiet Braunschweig für das Jahr 2008 ein **Endenergieverbrauch** von 4 762 GWh. In Abbildung 3.1 ist zu sehen, wie sich der Gesamtverbrauch auf die verschiedenen Verbrauchssektoren verteilt.

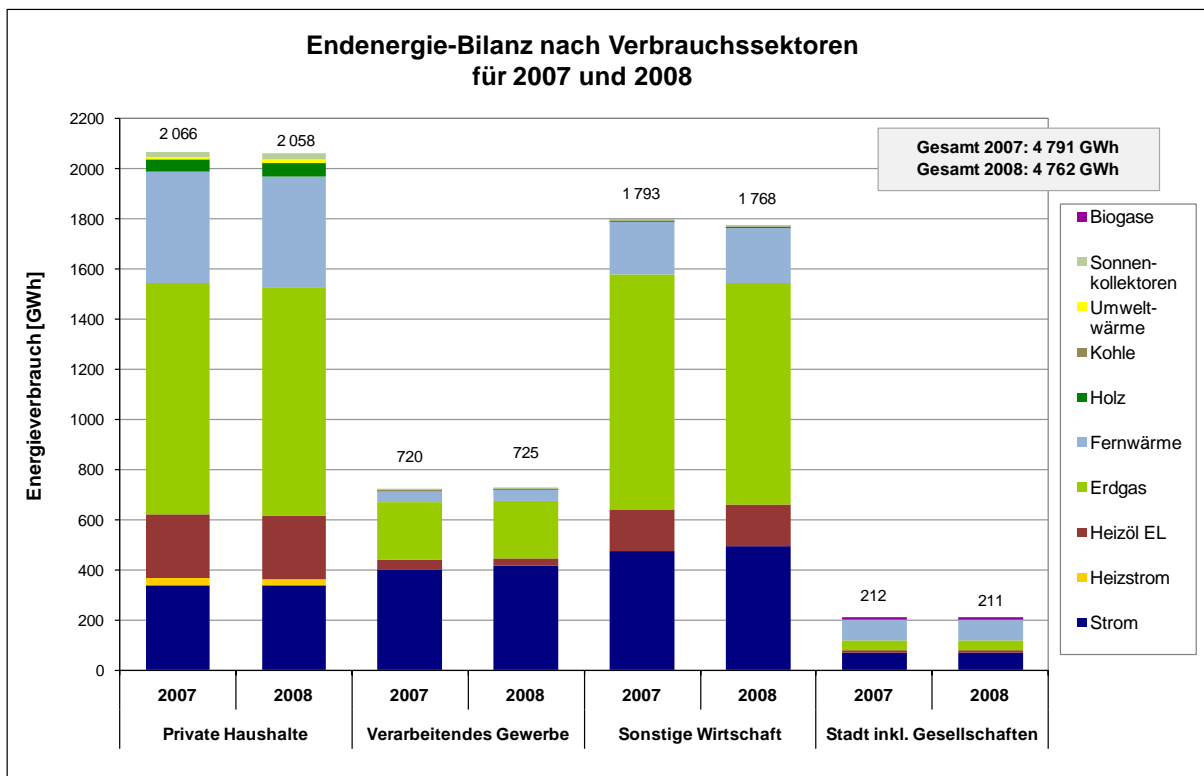


Abbildung 3.1: Endenergie-Bilanz nach Verbrauchssektoren für das Stadtgebiet Braunschweig

Damit ist der Endenergieverbrauch gegenüber dem Jahr 2007 [4 791 GWh] leicht gesunken, wobei der Verbrauch in den Sektoren Private Haushalte, Sonstige Wirtschaft und Stadt inklusive städtische Gesellschaften etwas abgenommen, sich im Sektor Verarbeitendes Gewerbe hingegen leicht erhöht hat.

Aus dem Energieverbrauch der Gesamtstadt ohne Verkehr resultieren **Treibhausgasemissionen** von 2,011 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten (s. Abb. 3.2).

Auch bei den CO₂-Emissionen ist eine geringe Abnahme gegenüber 2007 [2,055 Mio. t CO_{2äq}] zu verzeichnen. Diese bezieht sich auf alle Sektoren.

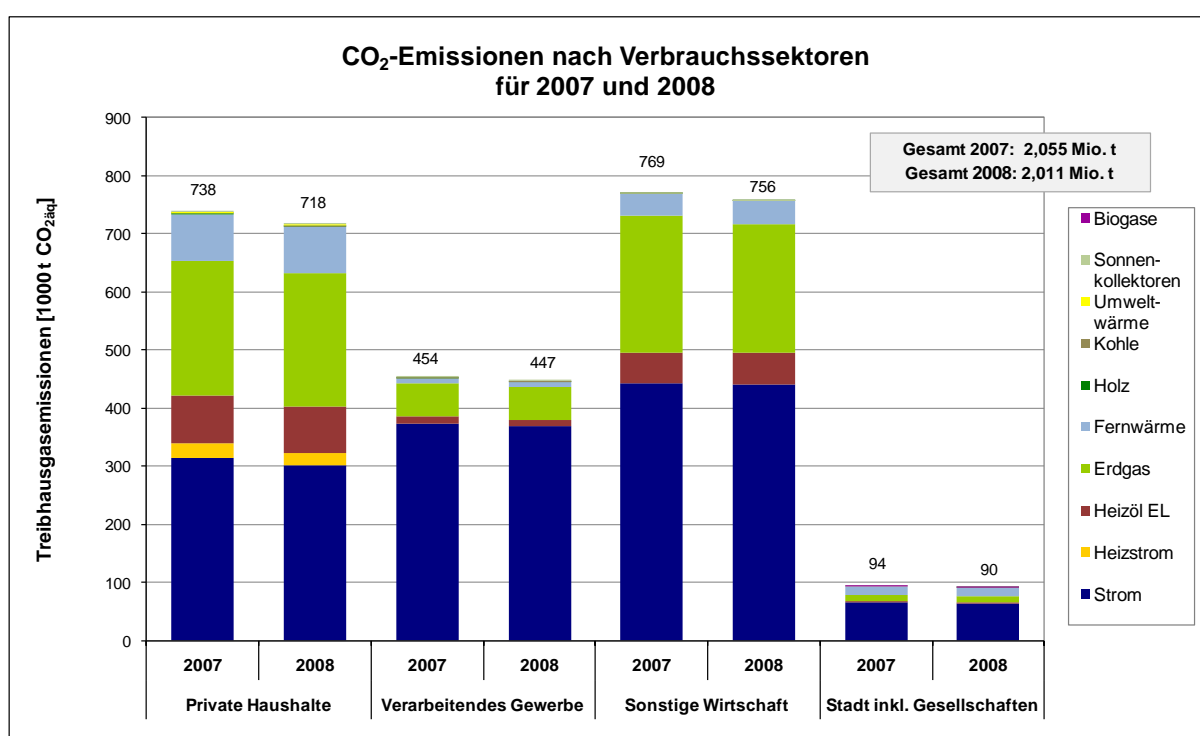


Abbildung 3.2: Treibhausgasemissionen verschiedener Verbrauchssektoren für das Stadtgebiet Braunschweig unterteilt nach Energieträgern

Umgerechnet auf eine Einwohnerzahl von 246 012 Einwohnern im Jahr 2008 (Quelle: Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen) ergibt sich ein Verbrauch an Endenergie von 19 355 kWh pro Einwohner (siehe Abb. 3.3). Dies entspricht 8,18 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Einwohner (s. Abb. 3.4).

Gegenüber dem Vorjahr bedeutet das eine leichte Abnahme des Endenergieverbrauchs [245 810 Einwohner; 19 491 kWh pro Einwohner in 2007]; die Treibhausgasemissionen sind ebenfalls geringfügig zurück gegangen [8,36 t CO_{2äq} pro Einwohner in 2007].

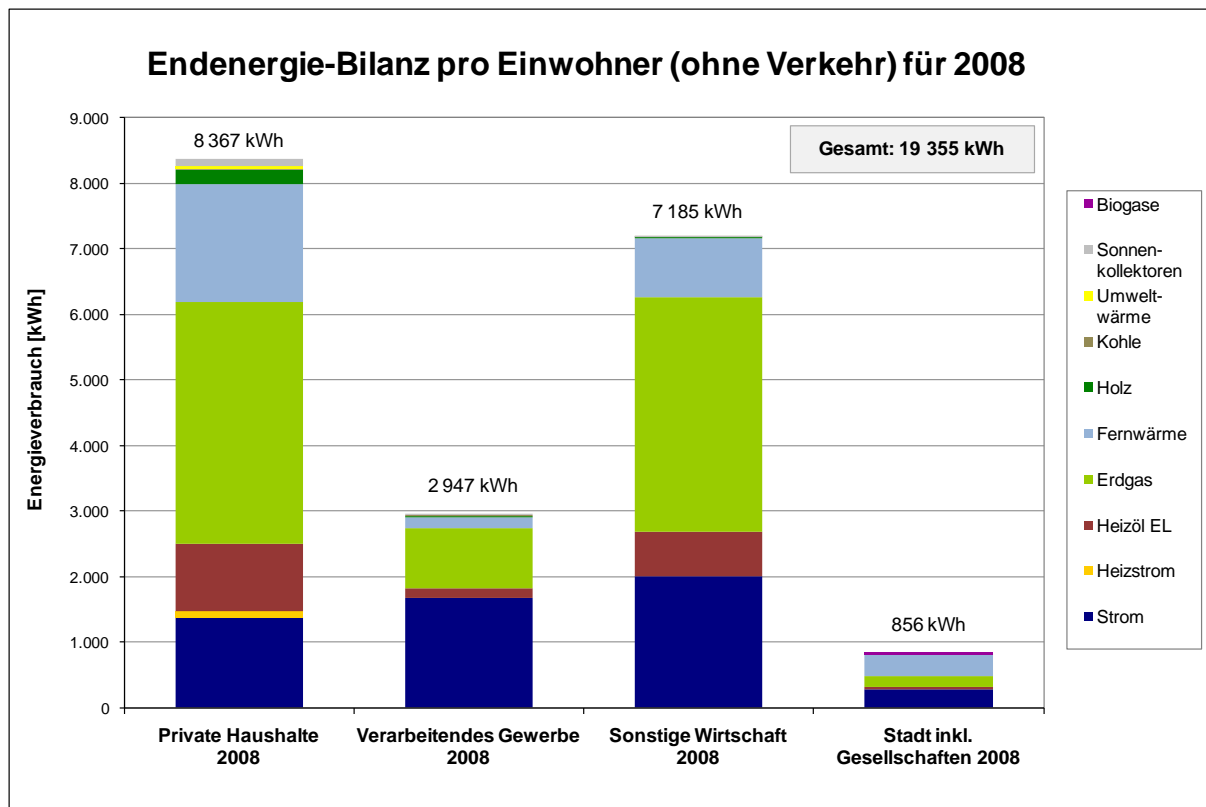


Abbildung 3.3: Endenergie-Bilanz pro Einwohner für das Stadtgebiet Braunschweig

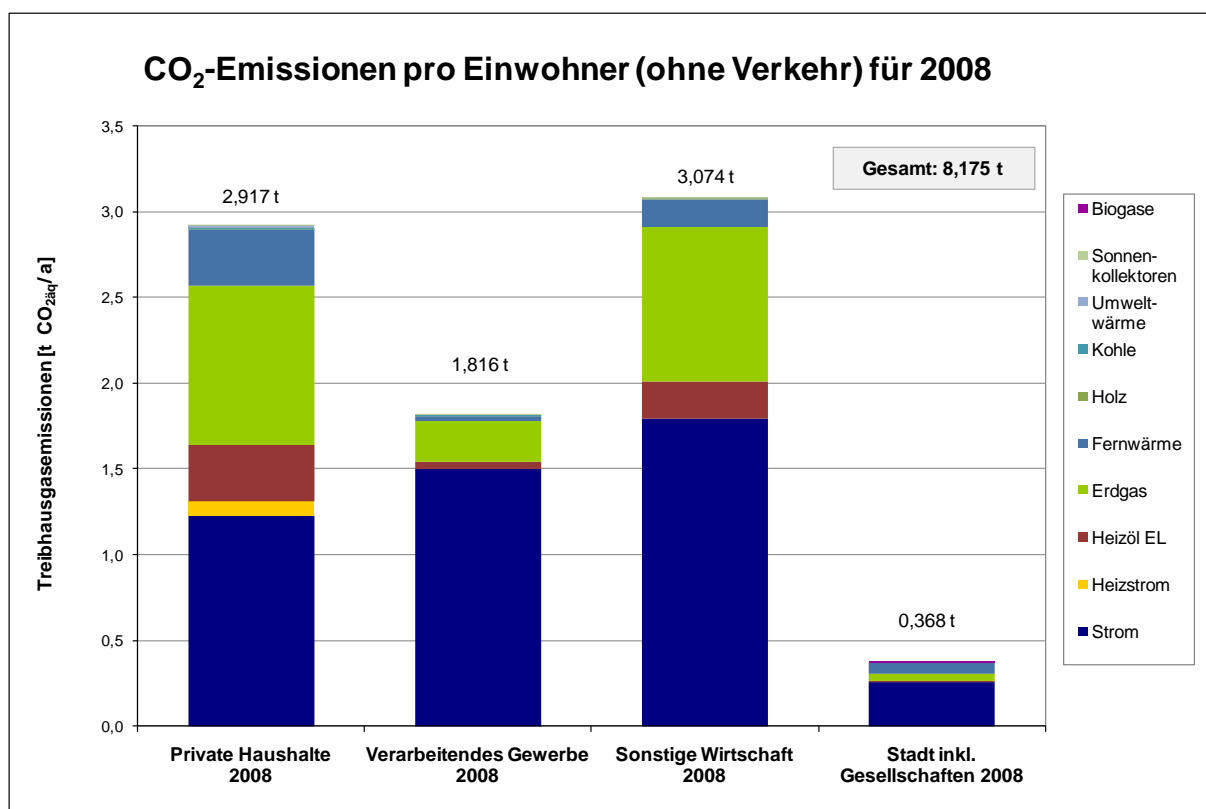


Abbildung 3.4: CO₂-Bilanz pro Einwohner für das Stadtgebiet Braunschweig

Bei einem Vergleich der Energie- und CO₂-Bilanz wird deutlich, dass Sektoren mit hohem Stromverbrauch aufgrund des gegenüber anderen Energieträgern relativ hohen Emissionsfaktors für Strom höhere Anteile an den Gesamtemissionen besitzen als bei der Endenergiebilanz.

So hat im Bilanzjahr 2008 der gesamte Sektor Wirtschaft (Sektor Verarbeitendes Gewerbe und Sektor Sonstige Wirtschaft) mit 2 493 GWh am Endenergieverbrauch im Bereich Energie den größten Anteil, dies sind 52,3% des gesamten Endenergieverbrauchs der Stadt Braunschweig (s. Abb. 3.5). Im Vergleich dazu fällt der Anteil dieser Sektoren an den CO_{2äq}-Emissionen noch größer aus. Rund 60% der Treibhausgasemissionen in Braunschweig im Bereich Energie sind auf wirtschaftliche Aktivitäten zurückzuführen, dies entspricht 1,203 Mio. Tonnen CO_{2äq}. Hier liegt ein wesentliches Einsparpotenzial für zukünftige Emissionsreduzierungen.

Auch der Sektor Private Haushalte hat mit 43,2% des Energieverbrauchs [entspricht 2 058 GWh] einen erheblichen Anteil an der endenergetischen Gesamtbilanz. Insgesamt gehen 35,7% der Treibhausgasemissionen im Bereich Energie [717 628 t CO_{2äq}] zu Lasten dieses Sektors. Diese Zahlen verdeutlichen, dass auch hier ein wesentliches Einsparpotenzial vorliegt und dieser Sektor eine Schlüsselposition bei der Umsetzung von Klimaschutzstrategien einnimmt.

Städtische Stellen weisen in der Energie-Bilanz noch einen Anteil von 4,4% auf, was 211 GWh entspricht. In der CO₂-Bilanz liegt der Anteil mit 90 464 Tonnen CO_{2äq} bei 4,5%.

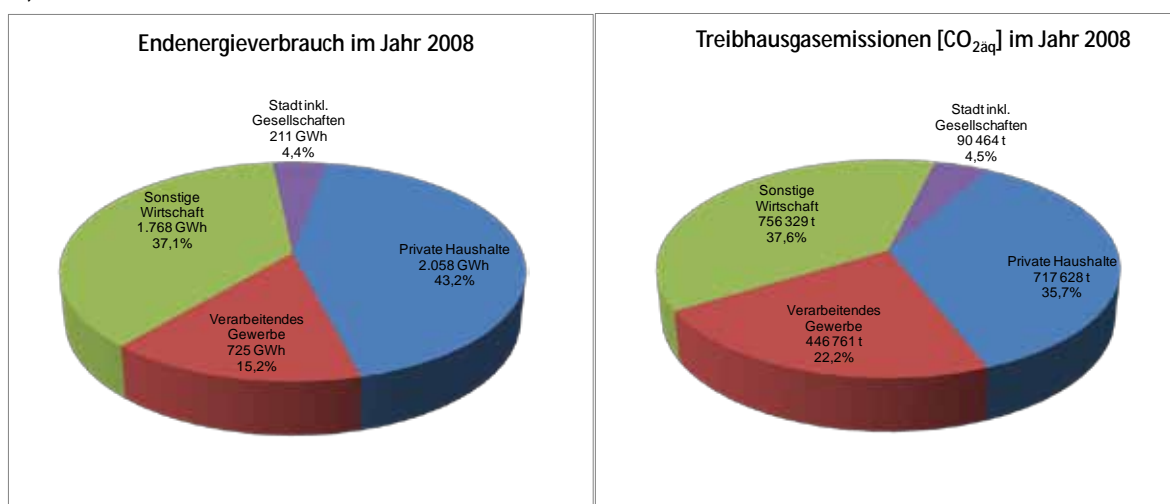


Abbildung 3.5: Verteilung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen auf die Verbrauchssektoren im Jahr 2008

Die höchsten Anteile an der Endenergiebilanz haben in Braunschweig die Energieträger Erdgas (43%), Strom (28%), Fernwärme (17%) und Heizöl (10%). Andere Energieträger werden mit etwa 2% am Endenergieverbrauch nur verhältnismäßig wenig eingesetzt. Eine Übersicht über die Verteilung gibt Abbildung 3.6.

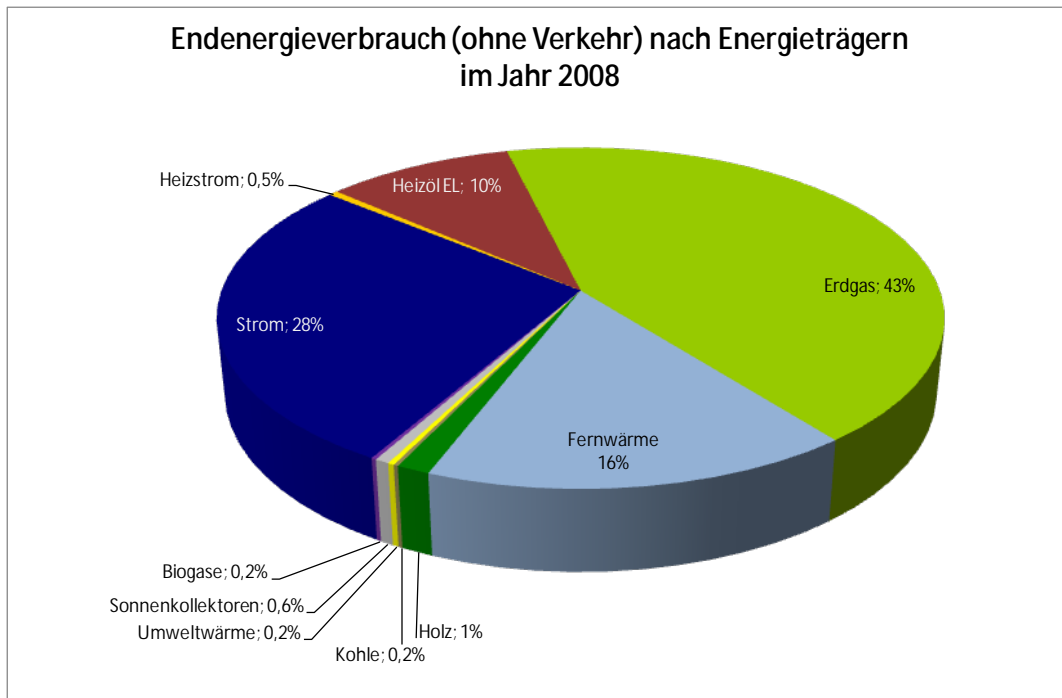


Abbildung 3.6: Anteile verschiedener Energieträger an den Treibhausgasemissionen (ohne Verkehr) im Stadtgebiet Braunschweig im Jahr 2008

Eine Betrachtung der Anteile der Energieträger an den Treibhausgasemissionen (s. Abb. 3.7) zeigt, dass im Bilanzjahr 2008 Strom mit 59% bzw. 1,194 Mio. Tonnen CO₂äq den höchsten Anteil an den Emissionen in Braunschweig besitzt.

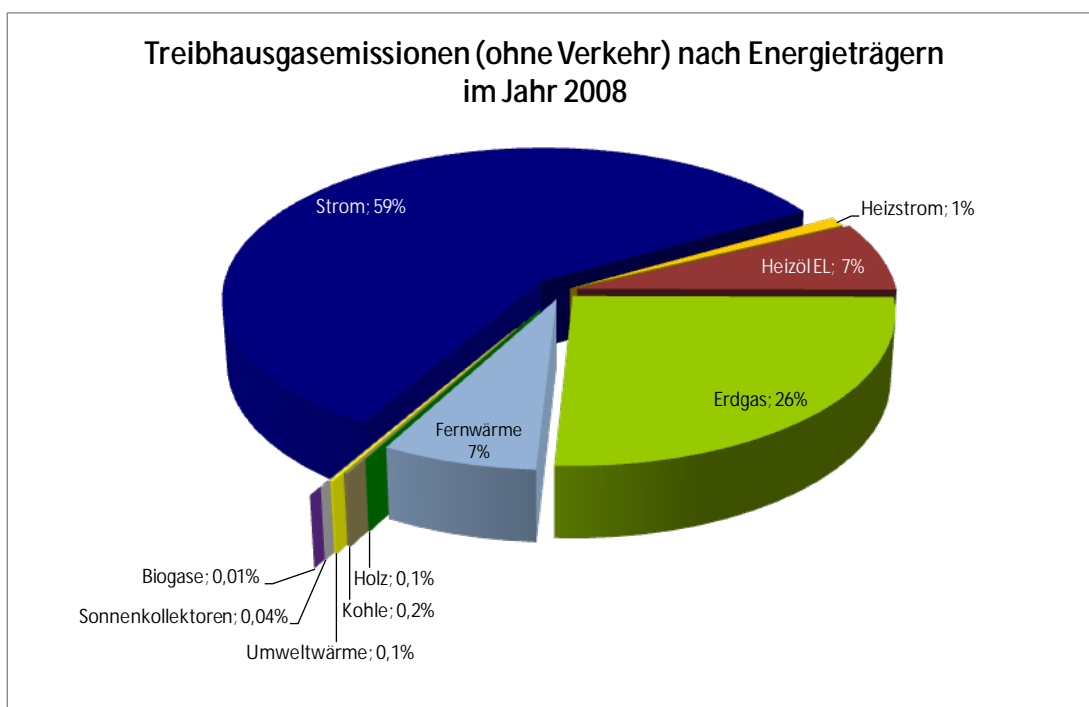


Abbildung 3.7: Anteile verschiedener Energieträger an den Treibhausgasemissionen (ohne Verkehr) im Stadtgebiet Braunschweig im Jahr 2008

Davon sind 0,02 Mio. Tonnen [1 % der Gesamtemissionen] auf den Heizenergieanteil zurückzuführen. Der in Braunschweig endenergetisch am meisten genutzte Energieträger Erdgas hat bei den CO₂-Emissionen mit 0,519 Mio. Tonnen CO_{2äq} nur noch einen Anteil von 26% an den Gesamtemissionen. Heizöl mit 0,149 Mio. Tonnen CO_{2äq} [7%] und Fernwärme mit 0,141 Mio. Tonnen CO_{2äq} [7%] spielen bei den Gesamtemissionen eine verhältnismäßig geringe Rolle. Sonstige Energieträger haben nur 0,009 Mio. Tonnen CO₂-Emissionen, was ungefähr 0,4 % der Gesamtemissionen entspricht.

3.1.3 Startbilanz für die Jahre 1990 bis 2007

Die Berechnung der Startbilanz erfolgte mit Hilfe des von der Schweizer Firma Ecospeed entwickelte Programms ECO2-Region^{Smart} auf Grundlage bundesdurchschnittlicher Energieverbrauchszahlen für die verschiedenen Wirtschaftssektoren und Haushalte. Diese werden über die Einwohner- und Erwerbstätigenzahlen auf die Verhältnisse in Braunschweig umgerechnet. Die Startbilanz bildet damit die Energieverbräuche und Emissionen von CO₂ in Braunschweig so ab, als wenn diese in den jeweiligen Wirtschaftssektoren und im Sektor Private Haushalte dem Bundesdurchschnitt entsprechen.

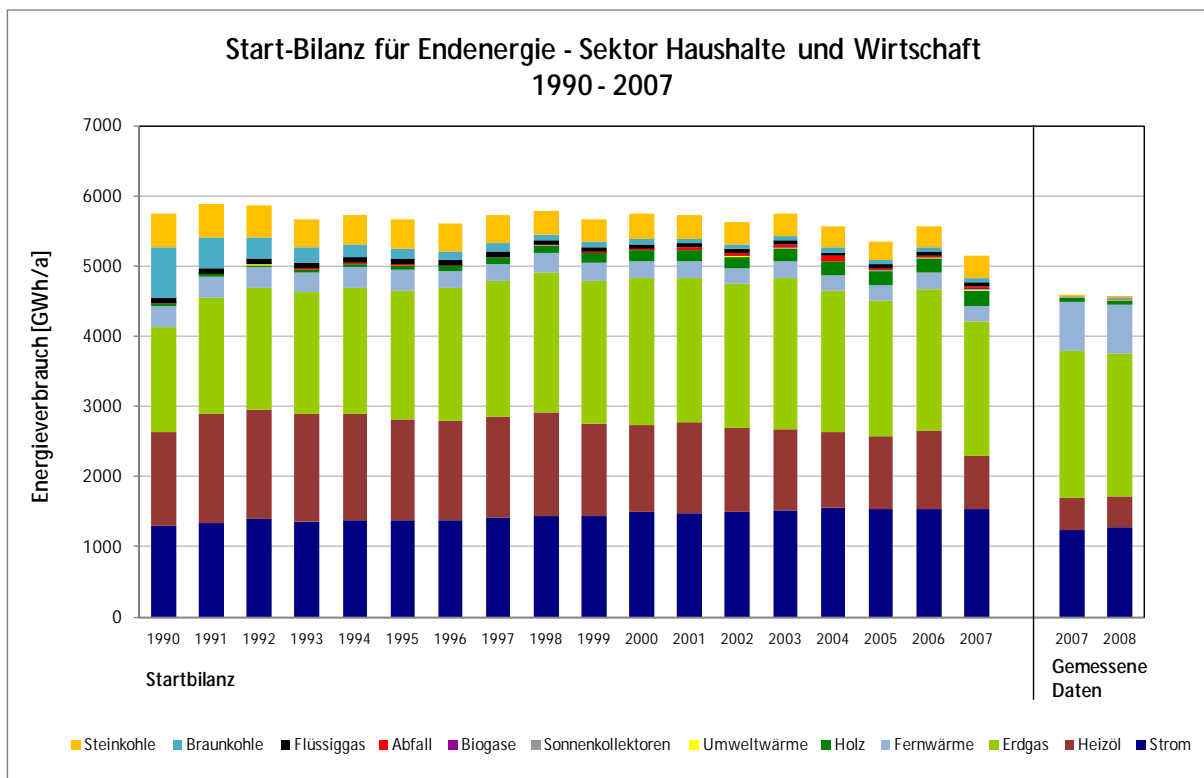


Abbildung 3.8: Gesamt-Startbilanz für Endenergie der Jahre 1990 bis 2007, Gegenüberstellung der Startbilanz aus statistischen Daten und der gemessenen Verbrauchswerte

In Abbildung 3.8 sind die so ermittelten Endenergieverbräuche der Jahre 1990 bis 2007 dargestellt. Eine Startbilanz für das Jahr 2008 konnte mit dem Programm ECO2-Region nicht berechnet werden, da zum Zeitpunkt der Erstellung der Bilanz entsprechende Grunddaten des Programms für dieses Bilanzjahr nicht vorlagen.

Dem gegenüber gestellt sind die in Kapitel 3.1 erläuterten tatsächlichen Verbrauchsdaten aus den Jahren 2007 und 2008. Der Endenergieverbrauch vermindert sich demnach zwischen 1990 und 2007 um 17% von 5 742 GWh auf 5 152 GWh.

Die endenergiebezogenen Emissionen zeigen deutlich die Abnahme der Nutzung von Heizöl, Braunkohle und Steinkohle, die durch Erdgas ersetzt werden.

Die tatsächlichen Energieverbrauchsdaten des Jahres 2007 liegen immer unter den bundesdeutschen Durchschnittswerten in der Startbilanz, für 2008 kann man von einem ähnlichen Verhältnis ausgehen. Ein in Braunschweig vergleichsweise höherer Gasverbrauch und ein niedrigerer Heizölverbrauch sind gut erkennbar, insbesondere der Anteil an Fernwärme liegt deutlich über dem Bundesdurchschnitt.

Die analog zu Abbildung 3.8 dargestellten Treibhausgasemissionen in Abbildung 3.9 weisen einen sukzessiven Rückgang von 2 699 000 Tonnen CO₂ in 1990 auf 2 149 000 Tonnen CO₂ in 2007 auf.

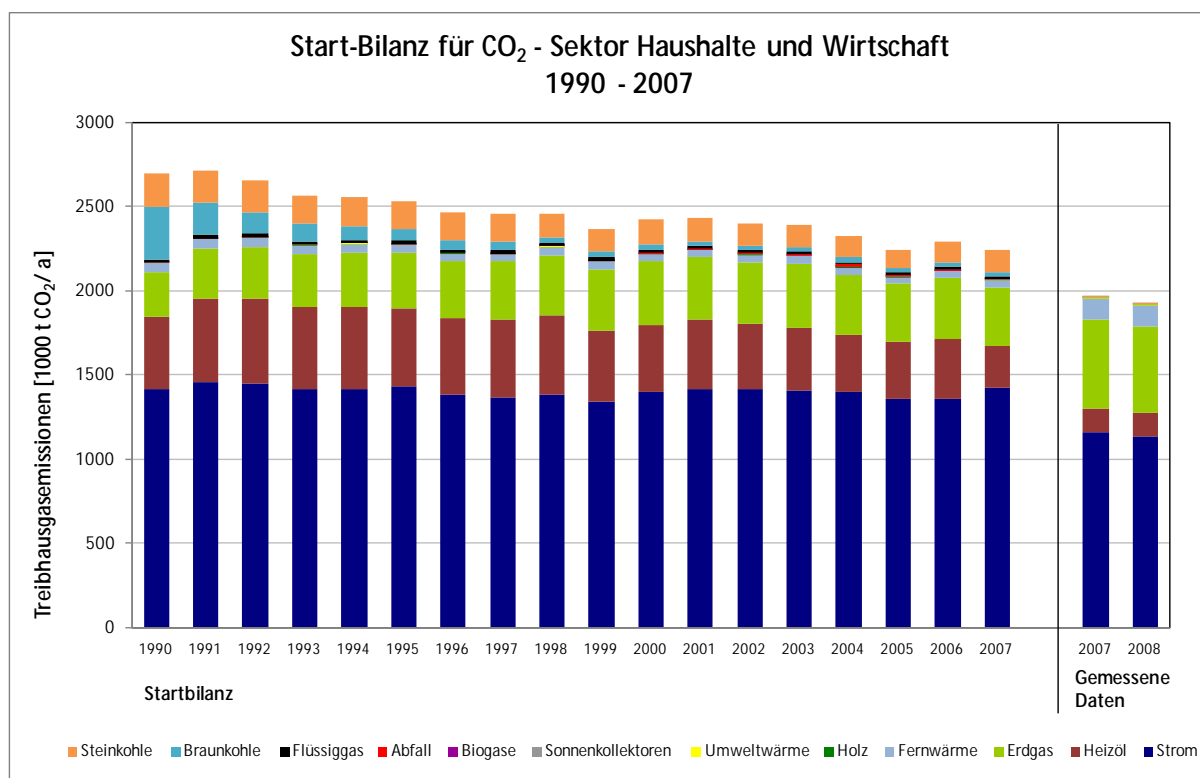


Abbildung 3.9: Gesamt-Startbilanz für Treibhausgasemissionen der Jahre 1990 bis 2007, Gegenüberstellung der Startbilanz aus statistischen Daten und der Bilanz aus gemessenen Verbrauchswerten

3.2 *Private Haushalte*

3.2.1 Erfassung der Energieverbrauchsdaten für private Haushalte

Für die netzgebundenen Energieträger **Strom, Gas und Fernwärme** stellte die BS|ENERGY Netz GmbH Daten zur Verfügung. Dabei erwies sich bei Gas und Fernwärme die Aufteilung des Verbrauchs zwischen Haushalten und dem Wirtschaftssektor Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) als schwierig.

Beim **Gasverbrauch** differenziert BS|ENERGY Netz nur nach Standard-Lastprofilen (SLP) und registrierender Lastgangmessung (RLM). Letztere gibt den Gasverbrauch von Großabnehmern, in der Regel des verarbeitenden Gewerbes¹¹ wieder. Mittels Standard-Lastprofilen (SLP) werden sowohl Haushalte als auch Kleinverbraucher wie z.B. die kommunalen Liegenschaften abgerechnet¹².

Da bei den Zahlen des Vertriebs von BS|ENERGY hingegen zwischen Haushalten und Wirtschaft differenziert wird, sind für die Berechnung der Energiebilanz für die Jahre 2007 und 2008 diese genutzt worden. Es ist anzunehmen, dass der tatsächliche Gasverbrauch der privaten Haushalte noch etwas höher anzusetzen ist, da in Braunschweig auch Gas von anderen Gasanbietern durchgeleitet und verbraucht wird. Da hierüber aber keine Daten vorliegen, wird dieser Teil hilfsweise dem Bereich der sonstigen Wirtschaft zugerechnet.

Für **Fernwärme** wird dagegen die Aufteilung nach der Startbilanz genutzt (d. h. 60% des Energieverbrauchs werden den privaten Haushalten zugerechnet, 40% den Kleinverbrauchern).

Die nicht-leitungsgebundenen Energieträger wie **Heizöl, Kohle und Holz** werden auf Basis von Daten aus dem noch unveröffentlichten Entwurf „Modellgestützte Abschätzung von Luftschadstoffkonzentrationen in Braunschweig“ des staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes (GAA) Hildesheim von 2009 abgeschätzt. Dazu wurden weitere Angaben des GAA und ein Vergleich der Werte für Gas mit den Angaben von BS|ENERGY herangezogen. Zur Abschätzung des Holzverbrauchs wurden die Daten des GAA zusätzlich mit der Feuerstättenzählung des 3N-Kompetenzzentrums Nachwachsende Rohstoffe (2009), der zentralen Anlaufstelle für Informationen über nachwachsende Rohstoffe in Niedersachsen, verglichen.

Die Basis der Emissionsberechnung des GAA und des 3N-Kompetenzzentrums sind die Daten des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger (LIV). Von den in den

¹¹ Nach Informationen größerer Netzbetreiber (KuK 2009)

¹² Der Gasverbrauch wird mittels 2 SLP für Haushalte und bis zu 11 SLP für den tertiären Wirtschaftssektor abgerechnet (KuK 2009)

‚Kehrbüchern‘ aufgezeichneten Daten wurden Informationen zu den Feuerstättenarten, zum verwendeten Brennstoff und zur Nennwärmeleistung verwendet. Dabei wurden vom GAA fehlende Gebäude (die weder in den Daten der Schornsteinfeger enthalten, noch als Fernwärme beheizt bekannt sind) nach ihrem Gebäudevolumen ergänzt und die gewonnenen Feuerstätteninformationen mit vom UBA für Deutschland ermittelten mittleren Wärmeleistungen und Jahresverbrauchsstunden kombiniert.

Die Zahlen der vom 3N-Kompetenzzentrums erfassten Holzfeuerstätten wurden überwiegend mit den von 3N zur Abschätzung des niedersächsischen Holzverbrauchs verwendeten Faktoren¹³ multipliziert. Für die relativ hohe Anzahl von Scheitholz-Einzelöfen wurde jedoch eine geringere Vollbenutzungsstunden-Zahl angenommen, da diese in städtischen Gebieten deutlich seltener genutzt werden als in ländlichen Gegenden mit preiswerterem Holzangebot. So stimmen die Angaben aus beiden Quellen in etwa überein. Da die Feuerstättenzählung jährlich durchgeführt wird, sind diese Zahlen fortschreibbar und werden zur Bilanzierung verwendet.

3.2.2 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen aus privaten Haushalten

Im Jahr 2007 liegt der tatsächliche Endenergieverbrauch im Bereich der privaten Haushalte höher als der bundesdeutsche Durchschnitt in der Startbilanz.

Der Endenergieverbrauch des Sektors Private Haushalte beträgt im Bilanzjahr 2008 2 058 GWh, dies entspricht Treibhausgasemissionen in Höhe von 717 628 t CO_{2äq}. Erdgas hat sowohl endenergetisch als auch bei den CO₂-Emissionen den größten Anteil (44% bzw. 32%). Strom (inkl. Heizstrom) hat noch einen endenergetischen Anteil von 18% bzw. 45% bei den Äquivalentemissionen. Der Anteil der Fernwärme im Sektor Private Haushalte ist mit 22% des Endenergieverbrauchs im Vergleich zu anderen Kommunen relativ hoch. Dies entspricht 11% der in diesem Sektor emittierten CO₂-Äquivalente. Heizöl hat 2008 in Braunschweig einen Anteil von 12% bei der Endenergie und 11% bei den CO₂-Emissionen. Sonstige Energieträger spielen mit knapp 5% bei der Endenergie und 0,8% bei den CO₂-Emissionen im Haushaltssektor bisher eine untergeordnete Rolle.

Auffällig ist auch, dass der Verbrauch an Heizöl und auch Holz, Steinkohle und Braunkohle niedriger ist als im deutschen Durchschnitt (vgl. Abb. 3.1 und 3.10). Höher ist im Sektor Private Haushalte in Braunschweig hingegen der Verbrauch an Fernwärme. Auch Energie, die mit Hilfe von Sonnenkollektoren gewonnen wird, wird in Braunschweig häufiger genutzt als im bundesdeutschen Mittel.

Der gemessene Energieverbrauch der Haushalte ist von 2007 auf 2008 nur geringfügig gesunken, der Anteil erneuerbarer Energieträger wie Solarwärme und Holzener-

¹³ 3N, Herr Udo Jakobs (mündlich)

gie ist jedoch leicht gestiegen. Dies und der Rückgang des Verbrauchs von Heizstrom um 13% führten zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen aus der Wärmenutzung (vgl. Abb. 3.2).

Auch der Verbrauch von Strom im normalen Haushaltstarif blieb in etwa gleich, die Verminderung des Emissionsfaktors für Strom u.a. durch die Inbetriebnahme des Biogas-Blockheizkraftwerks in Ölper trägt jedoch ca. zur Hälfte der (geringen) Verminderung der Treibhausgasemissionen bei.

Die (geschätzte) Wärmemenge aus elektrischen Wärmepumpen („Umweltwärme“) ist 2008 angestiegen, diese Form der Wärme ist jedoch mit höheren Treibhausgas-Emissionen verbunden als die Nutzung von Fernwärme (vgl. Tab. 2.3).

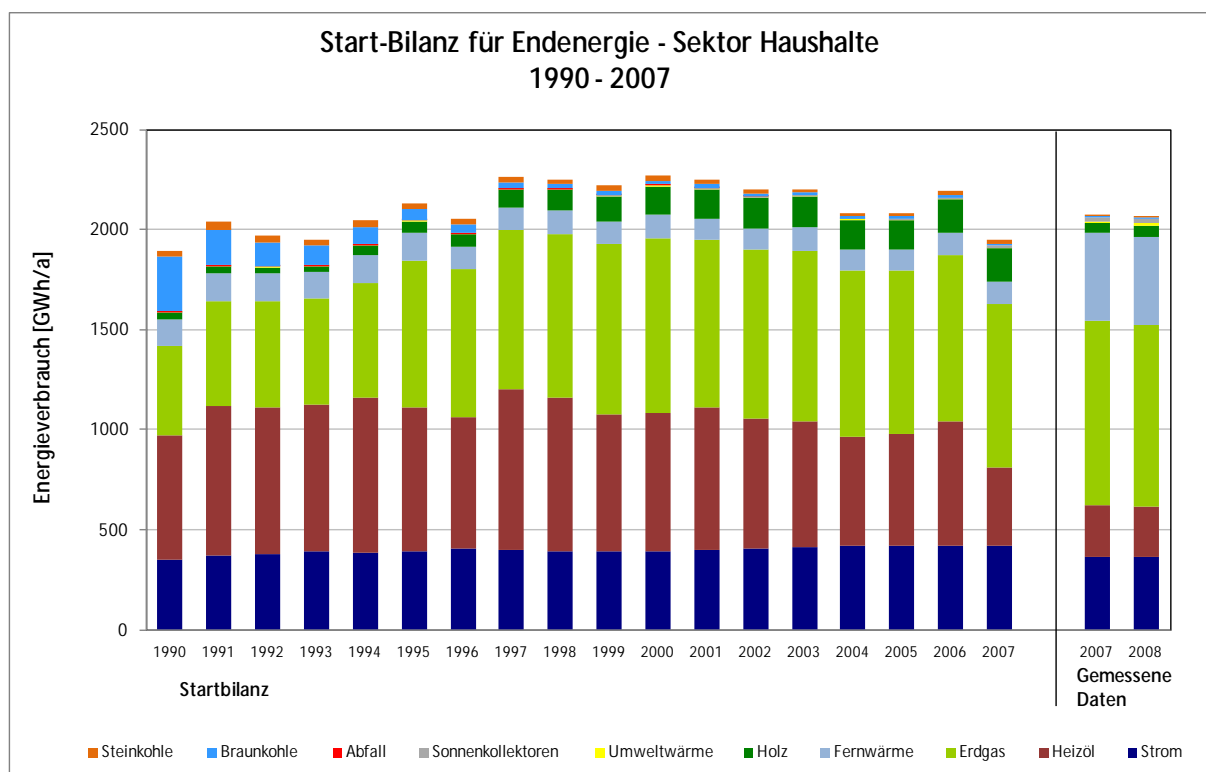


Abbildung 3.10: Startbilanz für Endenergieverbrauch der privaten Haushalte zwischen 1990 und 2007, Gegenüberstellung der Startbilanz aus statistischen Daten und der Bilanz aus gemessenen Verbrauchswerten

Der Stromverbrauch der privaten Haushalte hat deutschlandweit seit 1990 trotz steigender Energieeffizienz um 19,3% zugenommen. Gründe dafür sind vor allem die Zunahme der Wohnfläche, u. a. bedingt durch eine steigende Zahl an 1- und 2-Personen-Haushalten und die zunehmende Ausstattung mit elektrischen Geräten. Über die letzten zehn Jahre fand bei der Anschaffung von Computern eine Steigerungsrate von 194 % statt. Die Anzahl an Wäschetrocknern, Spülmaschinen oder Mikrowellen hat jeweils ungefähr um die Hälfte zugenommen¹⁴. In Braunschweig ist

¹⁴ STATISTISCHES BUNDESAMT (2008)

der Stromverbrauch etwas niedriger als im Bundesdurchschnitt, was dazu beiträgt, dass die Gesamtsumme der Treibhausgasemissionen im Gegensatz zum gesamten Energieverbrauch der Haushalte unter dem statistischen Wert liegt. Ein weiterer Grund ist der geringe Anteil klimaschädlicher Energieträger wie Öl und Kohle und der hohe Fernwärmeanteil.

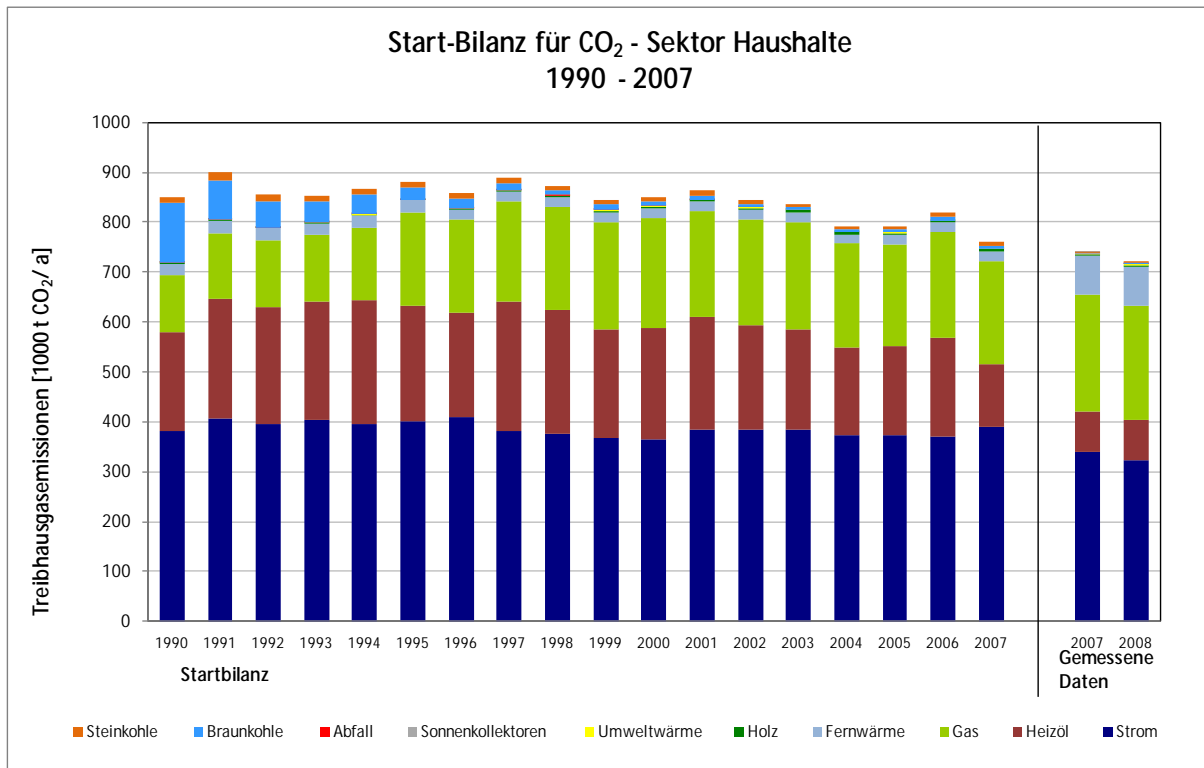


Abbildung 3.11: Startbilanz für Treibhausgasemissionen der privaten Haushalte zwischen 1990 und 2007, Gegenüberstellung der Startbilanz aus statistischen Daten und der Bilanz aus gemessenen Verbrauchswerten

3.3 Wirtschaft

3.3.1 Erfassung der Energieverbrauchsdaten für die Wirtschaft

Für das verarbeitende Gewerbe stehen Daten des Landesbetriebs für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (LSKN) zur Verfügung¹⁵. Weitere Daten von Strom, Gas und Fernwärme wurden, wie unter 2.2.1 beschrieben, vom örtlichen Energieversorger bereitgestellt.

Die Daten des LSKN für den Gasverbrauch des verarbeitenden Gewerbes sind erheblich niedriger (230 GWh) als die Daten von BS|ENERGY für den nach der registrierenden Lastgangmessung (RLM) abgerechneten Gasverbrauch (973 GWh), der nach Informationen von Netzbetreibern aus Niedersachsen dem Verbrauch des sekundären Wirtschaftssektors entsprechen soll. Auch ist der Verbrauch des sekundären Wirtschaftssektors nach der Startbilanz dreimal so hoch wie die Angaben des LSKN. Letzteres könnte darin begründet sein, dass in Braunschweig viele Erwerbstätige des verarbeitenden Gewerbes entweder in der Verwaltung oder in arbeitsintensiven Produktionen oder in kleinen Betrieben, die vom LSKN nicht erfasst werden, beschäftigt sind.

Da für das verarbeitende Gewerbe bezüglich der anderen Energieträger nur die Daten des LSKN verfügbar sind, wird auch für den Gasverbrauch die Zahl aus dieser Quelle verwendet. Die Differenz wird der sonstigen Wirtschaft zugerechnet.

Für die weiteren Wirtschaftssektoren stehen keine separaten Daten zur Verfügung. Da der primäre Sektor in Braunschweig jedoch insgesamt sehr klein ist, wird er mit dem tertiären Sektor unter „Sonstige Wirtschaft“ zusammengefasst.

Für die sonstige Wirtschaft werden die Daten für Öl und Kohle der noch unveröffentlichten Studie des GAA zur Luftreinhaltung entnommen. Für Holz werden Daten aus der Feuerstättenzählung 2008 des 3N-Kompetenzzentrums verwendet.

3.3.2 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Wirtschaft

Der Sektor Wirtschaft (Sektor Verarbeitendes Gewerbe und Sektor Sonstige Wirtschaft) hat im Bilanzjahr 2008 einen Endenergieverbrauch von 2 493 GWh und Emissionen von 1,2 Mio. Tonnen CO_{2äq}. Dies entspricht Emissionen von 4,890 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Braunschweiger Einwohner für den Bereich Wirtschaft.

¹⁵ Diese liegen als Summe für Betriebe des verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden vor. Aufgrund der Beschäftigtenzahlen dieser drei Wirtschaftszweige können die beiden letzteren jedoch im Vergleich zum verarbeitenden Gewerbe (= Industrie, sekundärer Wirtschaftssektor) vernachlässigt werden.

Strom hat in diesem Sektor sowohl endenergetisch mit 36% als auch bei den CO₂-Emissionen mit 67% als Energieträger die größten Anteile. Endenergetisch hat Erdgas einen Anteil von 45%. Der Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch ist mit 11% niedriger als in den übrigen Sektoren. Bei den CO₂-Emissionen liegt der Anteil von Erdgas nur noch bei 23%, bei Fernwärme nur noch bei etwa 4%. Heizöl hat einen endenergetischen Anteil von 8%, dies entspricht 5% der CO₂-Emissionen. Kohle hat nur noch Anteile von jeweils 0,2%. Sonstige Energieträger spielen in diesem Sektor kaum eine Rolle.

Abbildung 3.12 und 3.13 zeigen die ermittelten Endenergieverbräuche und Treibhausgasemissionen im Bereich der Wirtschaft, differenziert nach den Sektoren Verarbeitendes Gewerbe und Sonstige Wirtschaft. Während die erhobenen Parameter zum Energieverbrauch im verarbeitenden Gewerbe bei geringfügig verringerten Treibhausgasemissionen von 2007 auf 2008 leicht gestiegen sind, ist im Bereich der sonstigen Wirtschaft sowohl bei dem Energieverbrauch als auch den Emissionen in diesem Zeitraum ein geringer Rückgang zu verzeichnen. Dieser ist in erster Linie auf einen niedrigeren Gasverbrauch zurückzuführen.

Der Verbrauch von Strom ist bei der Wirtschaft insgesamt ebenfalls leicht angestiegen, die damit verbundenen Treibhausgas-Emissionen sind jedoch annähernd konstant geblieben. Dies ist auf die Verbesserung des Emissionsfaktors für Strom u.a. durch die Inbetriebnahme des Biogas-Blockheizkraftwerk in Ölper zurückzuführen. Weitere Anstrengungen zur Energieeinsparung sind sowohl im Wärmebereich (Dämmung, Einsatz erneuerbarer Energieträger, z.B. in Kraft-Wärme-Kopplung) als auch im Strombereich erfolgversprechend.

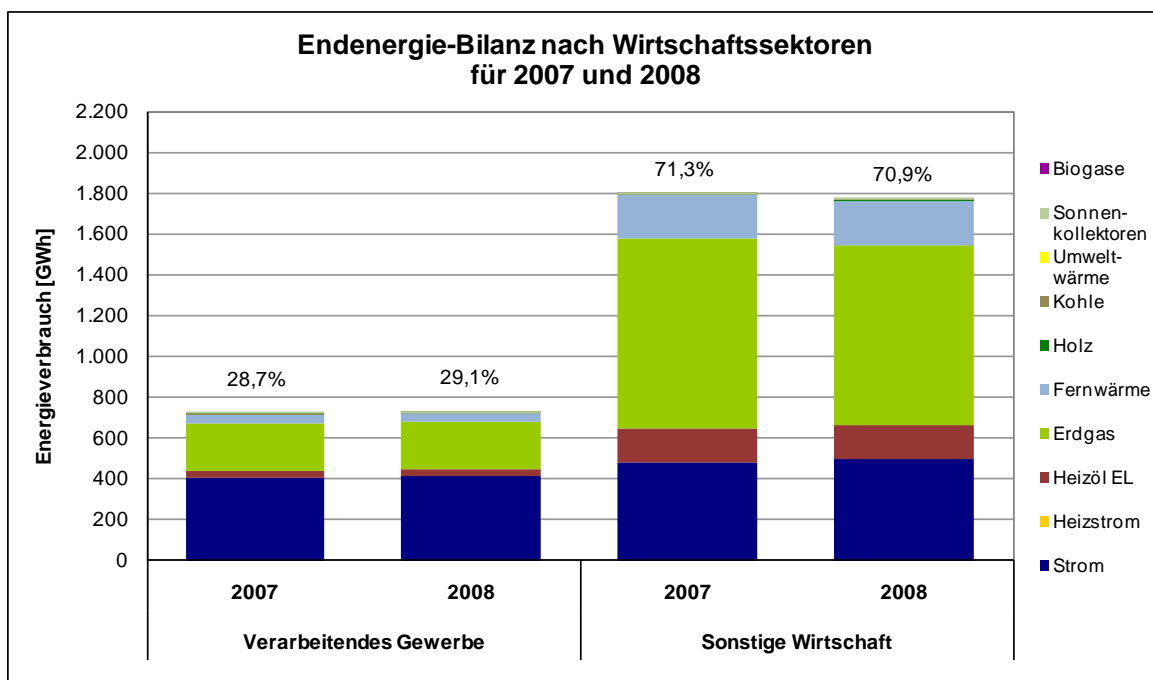


Abbildung 3.12: Endenergie-Bilanz für den Sektor Wirtschaft

Auffallend ist, dass das verarbeitende Gewerbe in 2008 mit 22,2% einen sehr geringen Anteil an den Gesamtemissionen hat (vgl. Abb. 3.5). Damit stellen sich die tatsächlichen Verhältnisse in Braunschweig auch anders dar, als in der Startbilanz, die anhand der Erwerbstätigenzahlen sehr viel höhere Energieverbräuche des sekundären Wirtschaftssektors errechnet. Als Erklärung könnte die Tatsache dienen, dass in Braunschweig überwiegend arbeitsintensive Branchen, wie z. B. Hersteller von Sonnenkollektoren sowie größere Verwaltungen des verarbeitenden Gewerbes angesiedelt sind.

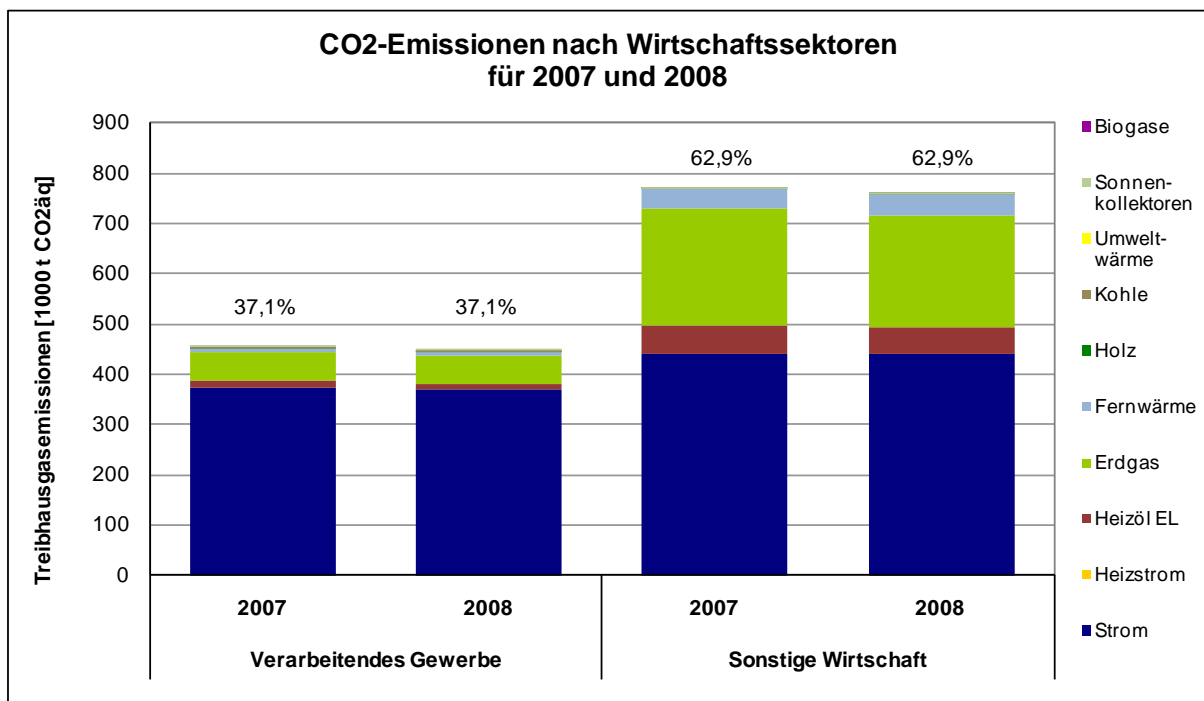


Abbildung 3.13: Treibhausgasemissionen im Sektor Wirtschaft

3.4 Stadt und städtische Gesellschaften

3.4.1 Erfassung der Energieverbrauchsdaten für Stadt und städtische Gesellschaften

Über die Verbrauchsdaten der mehr als 600 Gebäude der Stadt führt die Energieleitstelle ein Controlling durch, ebenso über den Energieverbrauch angemieteter Gebäude, soweit dieser direkt mit dem Versorger abgerechnet wird (in der Regel der Stromverbrauch). Zur Berechnung des Wärmeverbrauchs werden zudem angemietete Gebäude über 550 m² Nutzfläche, die mit dem Vermieter abgerechnet werden, mit einbezogen. Hier wurden Abschätzungen anhand der Heizkostenabrechnung vorgenommen.

Zusätzlich wurden die größeren städtischen Gesellschaften (s. Tabelle. 3.1) nach Daten zum Energieverbrauch befragt. Die überlassenen Daten wurden auf Wunsch einzelner Gesellschaften vertraulich behandelt und nur als Summe aller städtischen Gesellschaften ausgewertet.

Für die Bilanzierung standen Verbrauchsdaten der folgenden städtischen Gesellschaften zur Verfügung:

Städt. Gesellschaften
Stadtbad Braunschweig S+F GmbH
Städtisches Klinikum Braunschweig gGmbH
Volkshochschule Braunschweig GmbH
KOSYNUS GmbH
BELLIS GmbH
Stadtentwässerung Braunschweig GmbH (SE BS)
Stadthalle Braunschweig Betriebs-GmbH

Tab. 3.1: Städtische Gesellschaften, von denen Daten erhoben wurden

Die Verbrauchsdaten der Stadt werden nach Abrechnungsjahr¹⁶ dokumentiert, die der städtischen Gesellschaften teilweise auch tagesgenau (Stadtbad).

3.4.2 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Stadt

Insgesamt ergibt sich für das Jahr 2008 für die Stadtverwaltung ohne die städtischen Gesellschaften ein Endenergieverbrauch von 95,0 GWh. Dieser Wert liegt damit rund 1,6% höher als im Vorjahr [93,5 GWh] (s. Abb. 3.14). Dagegen verringerten sich die Treibhausgasemissionen im selben Zeitraum von 32 727 auf 32 382 Tonnen CO_{2äq} (s. Abb. 3.15; weitere Erläuterungen zu Abb. 3.14 und 3.15 siehe Kap. 3.4.3).

¹⁶ Also z.B. bei Abrechnung im Februar 2008 von Februar 2007 bis Februar 2008 als „Verbrauch 2008“.

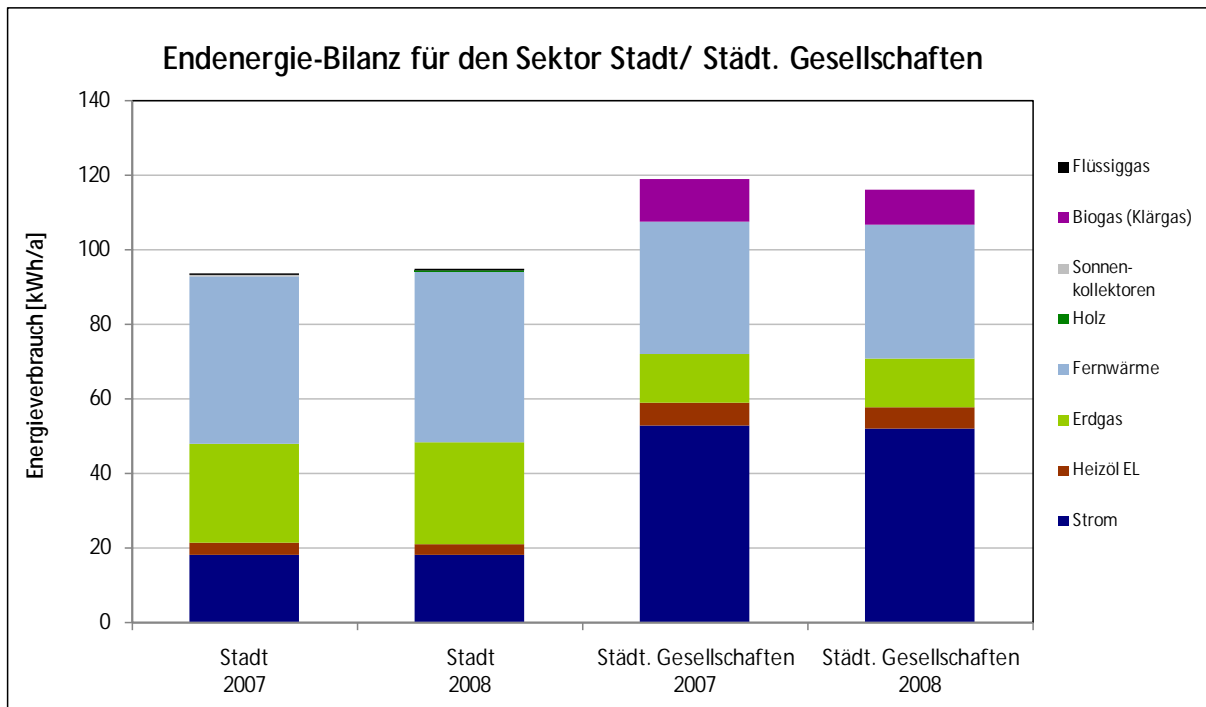


Abbildung 3.14: Endenergie-Bilanz für die Stadt und die größten städtischen Gesellschaften

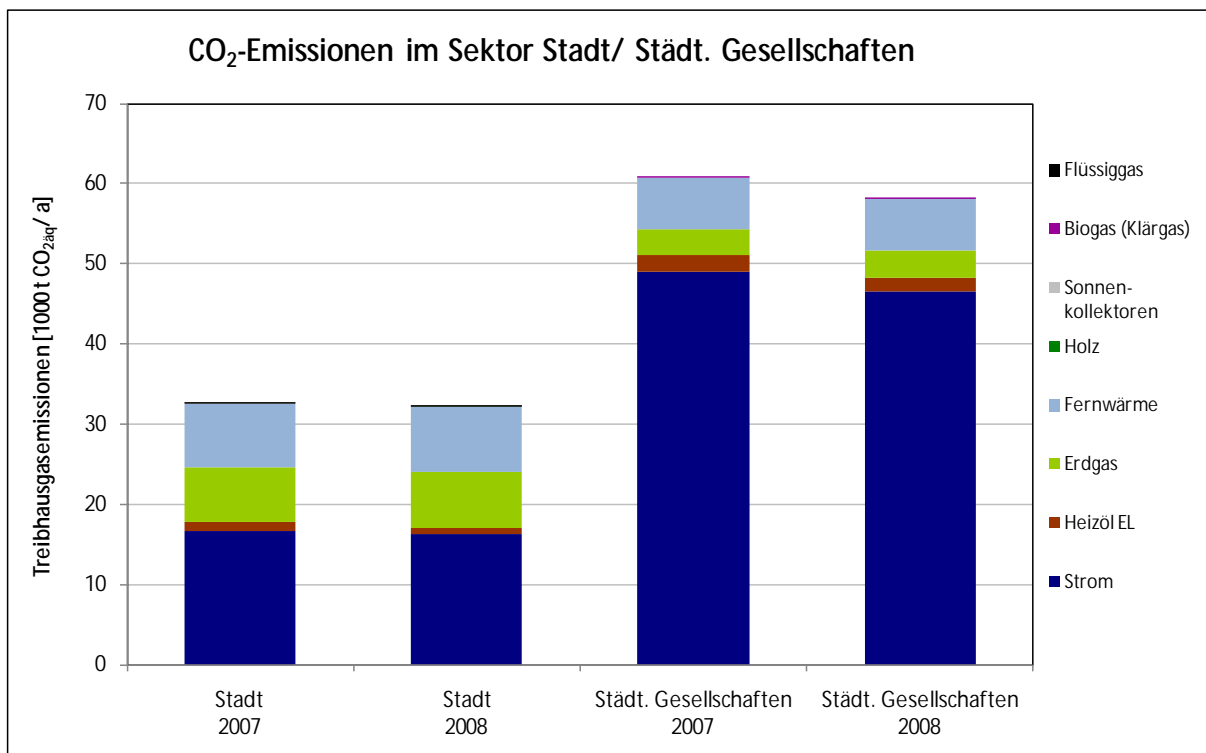


Abbildung 3.15: Treibhausgasemissionen im Sektor Stadt und städtischen Gesellschaften

Der am meisten genutzte Energieträger ist bei der Stadt mit einem Anteil von 48% am Endenergieverbrauch die Fernwärme (entspricht 25% der Emissionen dieses

Sektors). Weiterhin spielt Erdgas mit einem endenergetischen Anteil von 29% bzw. 22% der Emissionen eine Rolle. Der Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch (19%) macht bei den CO₂-Emissionen mit 50 % den größten Anteil aus. Heizöl hingegen wird bei der Stadt wenig genutzt (nur jeweils 3% Anteil). Als regenerativer Energieträger hat Holz einen Anteil von knapp 0,4%, dieser macht nur 0,03% der Treibhausgasemissionen aus.

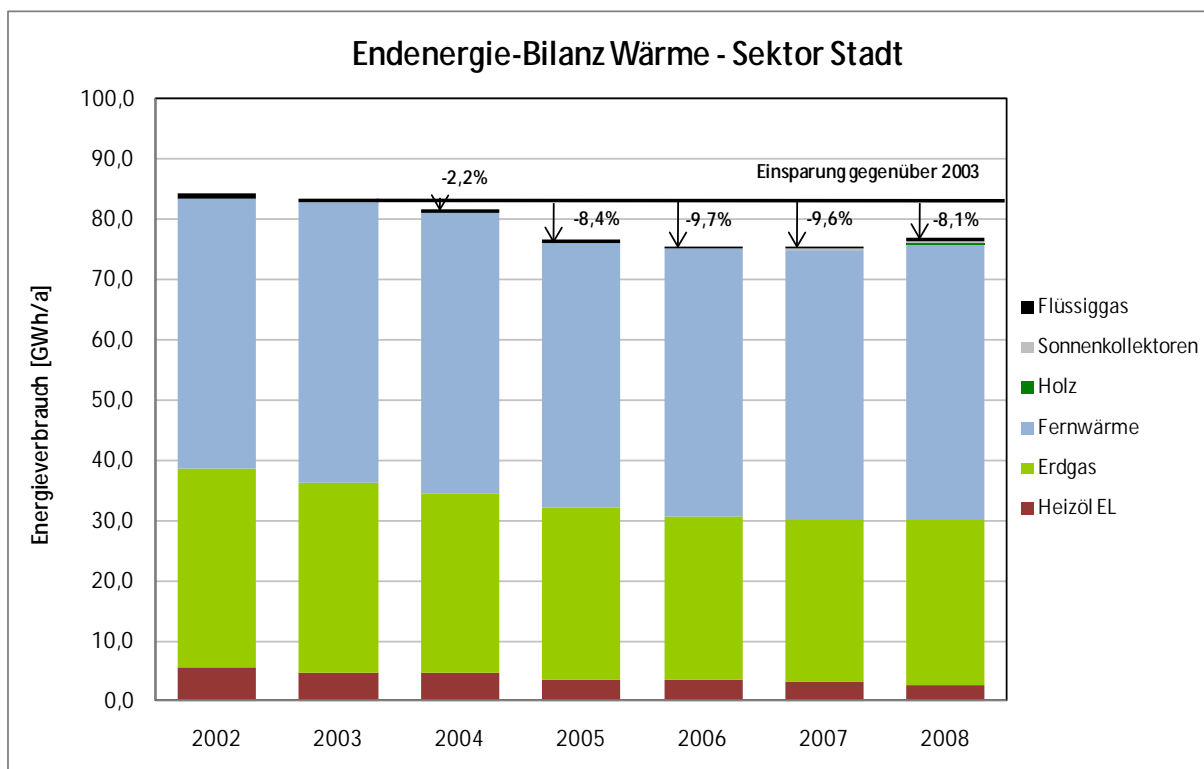


Abbildung 3.16: Endenergieverbrauch im Bereich Wärmenutzung der Stadt in den Jahren 2002 bis 2008

Bei getrennter Betrachtung von Strom- und Wärmeverbrauch wird deutlich, dass die Stadt im Bereich des Wärmeverbrauchs seit 2003 rund 8% Endenergie einsparen konnte (vgl. Abbildung 3.16). Bezieht man den Flächenzuwachs von etwa 3% im selben Zeitraum mit ein, so sind die Einsparungen pro Quadratmeter noch höher. Zugleich ist der Stromverbrauch deutlich angestiegen (s. Abbildung 3.17); seit 2006 verursacht er mehr als die Hälfte der kommunalen Treibhausgasemissionen (vgl. Abbildung 3.15). Insgesamt ist die Bezugsfläche für den Stromverbrauch in den fünf Jahren um 8,8% gewachsen. Von 2005 auf 2006 ist die Größe der Bezugsfläche allerdings nur um 1,3% angestiegen, so dass sich hierdurch die deutliche Zunahme des Stromverbrauchs zwischen diesen Jahren nicht erklären lässt. Die Energieleitstelle erklärt, dass ca. 0,4 GWh des Anstiegs von 2005 auf 2006 dem Bürogebäude des Instituts für Angewandte Mikro-Elektronik (IAM) als Mehrverbrauch zuzuschreiben seien. Die übrigen ca. 1,6 zusätzlich verbrauchten GWh sind über veränderte

Nutzerprofile in den Liegenschaften der Stadt Braunschweig zu erklären. In einigen Schulen wurde z.B. der Halbtagsunterricht auf Ganztagsunterricht umgestellt. Zusätzlich kommen Neuanschaffungen von elektronischen Geräten (PCs) hinzu, die ebenfalls für den erhöhten elektrischen Energieverbrauch im Jahr 2006 verantwortlich sind.

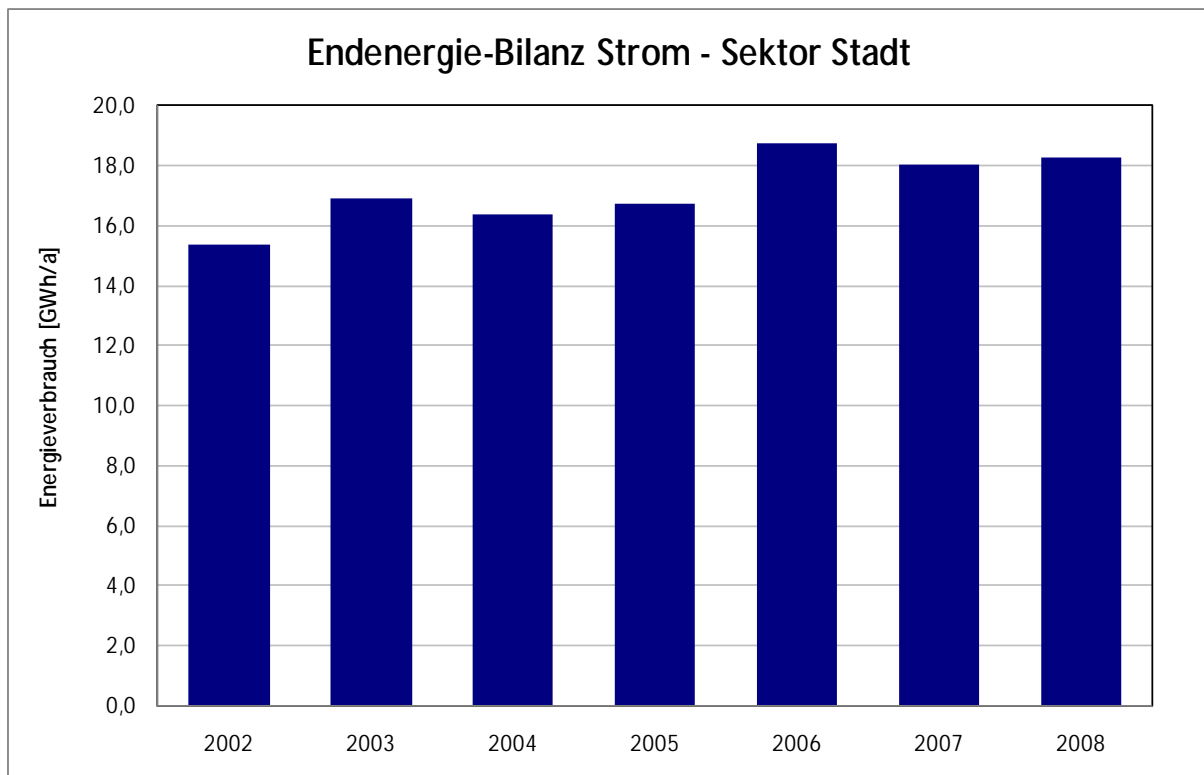


Abbildung 3.17: Endenergieverbrauch im Bereich Stromnutzung der Stadt in den Jahren 2002 bis 2008

Im Bereich der Wärmenutzung sind kontinuierliche Fortschritte im Klimaschutz erkennbar.

Bei den Schulen sind ähnliche Tendenzen zu erkennen wie für die übrigen städtischen Stellen. Auch hier konnten im Bereich der Nutzung von Wärmeenergie deutliche Einsparungen verzeichnet werden (s. Abb. 3.18), während die Verbrauchswerte bei der Stromnutzung angestiegen sind (s. Abb. 3.19). Trotz Ausweitung des schulischen Angebots in den Nachmittagsstunden konnten auch die Schulen im Wärmebereich erhebliche Einsparungen realisieren (8,1% in 2008 gegenüber 2003). Dem gegenüber macht sich das verstärkte Nachmittagsangebot beim Stromverbrauch bemerkbar (etwa durch Schulkantinen), zusätzlich steigt der Strombedarf durch vermehrten Computereinsatz. Einsparungen sind in gewissem Rahmen möglich, wenn bei der Beschaffung von Technik konsequent auf sparsamen Stromverbrauch geachtet wird.

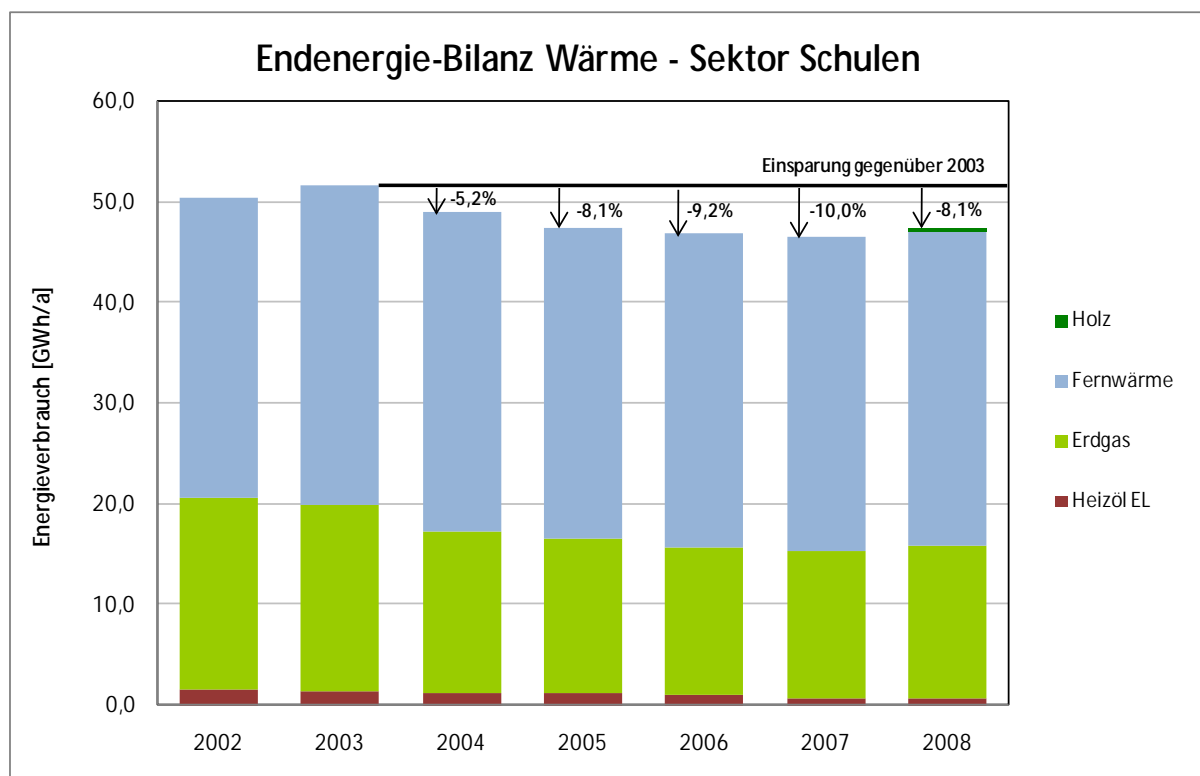


Abbildung 3.18: Endenergieverbrauch der Schulen im Stadtgebiet Braunschweig im Bereich Wärmenutzung in den Jahren 2002 bis 2008

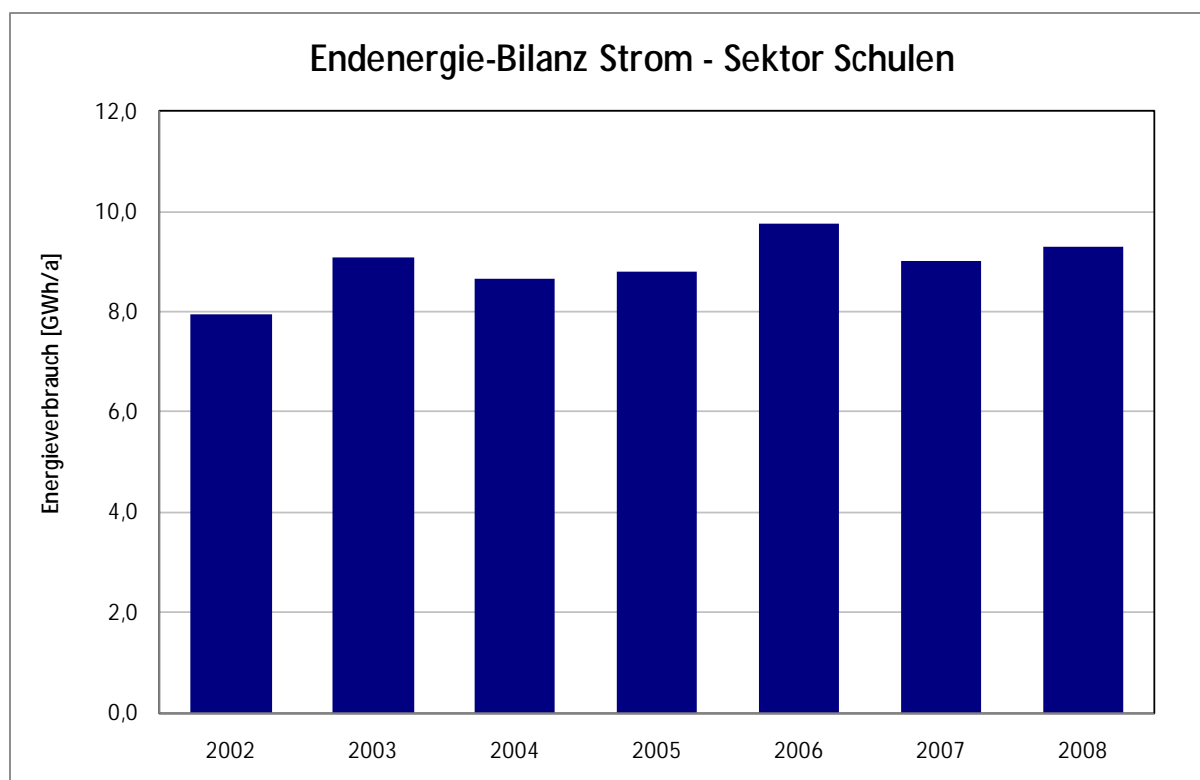


Abbildung 3.19: Endenergieverbrauch der Schulen im Stadtgebiet Braunschweig im Bereich Stromnutzung in den Jahren 2002 bis 2008

Im Bereich der Nutzung erneuerbaren Energien für die Wärmeerzeugung ist nur eine Schule bekannt, die seit 2008 mit Holzpellets im Contracting beheizt wird. Die Energieverbrauchswerte beruhen auf einer Abschätzung aufgrund der beheizten Fläche (vgl. Säule für 2008 in Abbildung 3.18).

3.4.3 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von städtischen Gesellschaften

Der Energieverbrauch der städtischen Gesellschaften in Braunschweig übersteigt im Jahr 2008 mit 116 GWh den Endenergieverbrauch der Liegenschaften der Stadt (vgl. Abb. 3.14), noch größer ist aufgrund des hohen Stromanteils mit 58 218 Tonnen CO_{2äq} der Abstand bei den Treibhausgasemissionen (vgl. Abb. 3.15).

Mit einem Anteil von 45% am Endenergieverbrauch ist Strom bei den städtischen Gesellschaften der am meisten genutzte Energieträger, dies entspricht mit 80% dem Großteil der Emissionen. 31% der Endenergie entfallen auf die Nutzung von Fernwärme, dies sind 11% der Treibhausgasemissionen. Weiterhin spielt Erdgas mit einem endenergetischen Anteil von 11% bzw. 6% der Emissionen eine gewisse Rolle. Immerhin wird ein nennenswerter Anteil der Energieversorgung (8%) über den klimaneutralen Energieträger Klärgas abgedeckt, dieser hat einen Anteil von 0,3% an den CO₂-Emissionen. Außerdem sind im Bereich der Bäder Sonnenkollektoren mit 800 m² Absorberfläche¹⁷ bekannt. Angaben über weitere Nutzungen erneuerbarer Energieträger liegen nicht vor.

Den größten Anteil am Stromverbrauch haben Krankenhaus, Stadtentwässerung und Straßenbeleuchtung. Bei der Stadtentwässerung ist der Stromverbrauch leicht gesunken, was eventuell auch auf niedrigere Niederschlagsmengen zurückzuführen ist, da ein Großteil des Stroms für die Pumpen aufgewendet werden muss. Bei der Straßenbeleuchtung ist ein Anstieg zu verzeichnen, weil einzelne Straßenzüge 2007 im Zuge der Einsparbemühungen der Bellis GmbH zu schlecht ausgeleuchtet worden waren und im Folgejahr nachgerüstet wurden. In Zukunft soll veraltete Technik durch moderne Lampen ersetzt und auf diese Weise wieder Einsparungen erzielt werden. Eine Beschleunigung dieser Maßnahmen wäre sinnvoll.

Auch im Bereich des Krankenhauses ist der Stromverbrauch gegenüber 2007 leicht angestiegen, was sicherlich durch den vermehrten Einsatz energieintensiver Technologien in Kliniken begründet ist. Dennoch sind auch hier Einsparungsmöglichkeiten, z.B. durch effiziente Leuchten (mit Reflektoren) und Energiesparlampen zu überprüfen.

¹⁷ Umweltatlas von 2000

Bei den Lichtsignalanlagen hat sich der Energiebedarf von 2005 bis 2009 durch den Einsatz von LED-Technik fast halbiert. Der Austausch soll fortgesetzt werden.

Im Bereich der Wärmenutzung hat erwartungsgemäß das Klinikum den höchsten Anteil. Davon wird allerdings weit über die Hälfte mit umweltfreundlicher Fernwärme abgedeckt, deren Treibhausgasemissionen ab Ende 2010 durch das neue GuD-Heizkraftwerk weiter sinken werden.

Die städtischen Bäder hatten 2008 den zweithöchsten Anteil. Hier wird mit Einsparungen durch den Bau der neuen Bäderlandschaft anstelle der alten Schwimmbäder gerechnet.

Die Stadtentwässerung meldete für 2008 bereits deutliche Einsparungen gegenüber 2007.

3.5 Verkehr

Die CO₂-Emissionen aus dem Teilbereich Verkehr werden soweit möglich nach dem sogenannten Territorialprinzip bilanziert. Das heißt, es werden alle CO₂-Emissionen aufsummiert, die innerhalb der Stadt Braunschweig, z. B. auf dem Straßen- oder Schienennetz freigesetzt bzw. verursacht wurden. Gerade im Teilbereich Verkehr werden dabei vielfach Emissionen bilanziert, die von Personen verursacht werden, die nicht im Stadtgebiet von Braunschweig wohnen. Solange mit Diesel oder Benzin betriebene Fahrzeuge betrachtet werden, werden die Emissionen auch tatsächlich vor Ort freigesetzt. Bei den elektrisch betriebenen Zugfahrzeugen der Deutschen Bahn und der Braunschweiger Verkehrs-AG wird angenommen, dass die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung proportional dem Stromverbrauch auf dem betrachteten Schienenabschnitt dort freigesetzt werden.

Lediglich der Flugverkehr innerhalb des Stadtgebietes wird durch die gegebene Datenlage nach dem Verursacherprinzip bilanziert. Die hieraus ermittelten CO₂ Emissionen sind damit nicht unmittelbar mit den übrigen Emissionen des Verkehrssektors vergleichbar.

3.5.1 Motorisierter Straßenverkehr

3.5.1.1 Basisdaten zum motorisierten Straßenverkehr

Die Berechnung der Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs basieren auf aktuellen Daten zum Verkehrsaufkommen für das Jahr 2008, die von der Stadt Braunschweig bereit gestellt wurden. Die Daten beinhalten neben der räumlichen Lage der Straßenabschnitte und dem mittleren täglichen Verkehrsaufkommen (DTV: daily traffic value) auch Informationen zu den Verkehrssituationen. Das zur Verfügung gestellte Verkehrsnetz unterscheidet zwischen dem Hauptstraßennetz und einem Nebenstraßennetz, welches vornehmlich kleinere Straßen in Wohngebieten umfasst. Für die Verkehrsbelastung auf diesen Nebenstraßen wurde einheitlich ein DTV von 600 Kraftfahrzeugen mit einem Lkw-Anteil von 1 % vorgegeben.

Insgesamt werden in den Daten 15 verschiedene Verkehrssituationen unterschieden, die sich im Wesentlichen an den Vorgaben im Handbuch Emissionsfaktoren von 2004 (HBEFA Version 2.1, Umweltbundesamt 2004) orientieren. Da die Bilanzierung auf Grundlage des aktuellen Handbuch Emissionsfaktoren HBEFA 3.1 vom Januar 2010 (Umweltbundesamt 2010) durchgeführt wird, werden die vorgegebenen Verkehrssituationen auf Situationen im HBEFA 3.1 übertragen.

Mit den vorliegenden mittleren Verkehrsbelastungen (DTV) und den Informationen zur Verkehrssituation der einzelnen Straßenabschnitte können durchschnittliche tägliche CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen auf Grundlage des Handbuches Emissionsfaktoren 3.1 für jeden Abschnitt für das Bezugsjahr 2008 berechnet werden. Die Emissionen des Handbuches entsprechen den tatsächlich am Ort freigesetzten Emissionen der Fahrzeuge und werden als derzeitiger Stand der Technik auch für die Bewertungen von verkehrsbedingten Immissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren verwendet. Zur Bestimmung der Gesamtemissionen des motorisierten Straßenverkehrs werden alle Emissionen aufsummiert und auf eine Jahresfracht an CO₂-Äquivalenten hochgerechnet.

Die zur Verfügung gestellten Datensätze beinhalten ebenfalls Informationen zur Lage bzw. Funktion der Straßen, um Emissionen aus Kaltstarts abschätzen zu können. Hierbei werden vier verschiedene Straßenkategorien unterschieden, wobei für die Kategorien Geschäftsstraße, Wohnstraße sowie Einfallstraße Zuschläge durch Kaltstarts einzelner Fahrzeuge zu berücksichtigen sind. Der Prozentsatz der Fahrzeuge, die sich in dem jeweiligen Straßentyp im Kaltstartmodus befindet, wird in Anlehnung an die Berechnungsverfahren in dem Programmsystem IMMIS (IVU, 2008) abgeschätzt. Als Emissionsfaktoren für Kaltstarts werden Durchschnittswerte für Deutschland gemäß dem Handbuch Emissionsfaktoren 3.1 angenommen.

In den folgenden Tabellen sind die wesentlichen Eingangsdaten zusammengefasst. Tabelle 3.2 listet die berücksichtigten Verkehrssituationen gemäß HBEFA 3.1 auf, in Tabelle 3.3 sind für zusammengefasste Verkehrssituation die aufsummierten Streckenlängen sowie die dazugehörigen Fahrleistungen (Kraftfahrzeuge pro Tag x Streckenlänge) im Bezugsjahr 2008 aufgeführt. In dem in der Tabelle aufgeführten Lkw-Anteil am Kfz-Aufkommen sind schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse zusammengefasst. Der Linienbusverkehr innerhalb des Stadtgebietes, wie auch z. B. Fahrten von Müllfahrzeugen, ist in den Daten enthalten.

Verkehrssituation	Beschreibung
Land/AB/100/flüssig	Autobahn, >= 2x2 Fahrstreifen, Tempolimit 100 km/h, Flottenmix: Autobahn
Agglo/AB-Nat./120/flüssig	Autobahn, überregionaler Verkehr in städtischem Bereich, Tempolimit 120 km/h, Flottenmix: Autobahn
Agglo/AB-City/60/flüssig	Stadtautobahn, Tempolimit 60 km/h, Flottenmix: städtisch
Agglo/AB-City/80/flüssig	Stadtautobahn, Tempolimit 80 km/h, Flottenmix: städtisch
Land/HVS/90/flüssig	Hauptverkehrsstraße / Landstraße, mittlere Kapazität mit überregionalem Verkehr, Tempolimit 90 km/h, Flottenmix: ländlich
Land/HVS-kurv./80/flüssig	Hauptverkehrsstraße / Landstraße, mit Kurven, mittlere Kapazität mit überregionalem Verkehr, Tempolimit 80 km/h, Flottenmix: ländlich
Land/Sammel/80/flüssig	Sammelstraße: Verbindungsstraße zwischen Ortschaften, mit Kurven, Tempolimit 80 km/h, Flottenmix: ländlich
Agglo/FernStr-City/60/flüssig	Fernstraße, regionaler Verkehr Tempolimit 60 km/h, Flottenmix: städtisch
Agglo/HVS/50/flüssig	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Flottenmix: städtisch, flüssiger Verkehr: Anteil Stopps: 2%
Agglo/HVS/50/dicht	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Flottenmix: städtisch, dichter Verkehr: Anteil Stopps: 7%
Agglo/HVS/50/gesättigt	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Flottenmix: städtisch, gesättigter Verkehr: Anteil Stopps: 16%
Agglo/HVS/50/stop+go	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Flottenmix: städtisch, Verkehr mit Staus: Anteil Stopps: 27%
Agglo/Erschliessung/30/dicht	Erschließungsstraße, Tempolimit 30 km/h, Flottenmix: städtisch, dichter Verkehr: Anteil Stopps: 11%
Agglo/Erschliessung/30/gesättigt	Erschließungsstraße, Tempolimit 30 km/h, Flottenmix: städtisch, gesättigter Verkehr: Anteil Stopps: 18%
Agglo/Erschliessung/40/flüssig	Erschließungsstraße, Tempolimit 40 km/h, Flottenmix: städtisch, flüssiger Verkehr: Anteil Stopps: 4%

Tabelle 3.2: In der Bilanzierung berücksichtigte Verkehrssituationen, Bezeichnungen gemäß HBEFA-3.1

Straßenkategorie / Fahrsituationen	Streckenlänge Summe in km	Fahrleistung in Mio. km/a	Lkw Anteil an Fahrleistungen in %
A2	9,0	301,94	24,8
Stadtautobahnen (alle Autobahnsituationen ohne A2)	40,5	586,33	8,1
Summe alle Autobahnabschnitte	49,5	888,3	13,8
Hauptverkehrsnetz außerort (ohne Autobahnen)	67,9	167,6	4,8
Hauptverkehrsnetz innerort (ohne Autobahnen)	274,5	806,9	3,7
Nebennetz innerort	473,7	103,7	1,0
Summe Stadt Braunschweig	865,5	1 966,5	8,2

Tabelle 3.3: Fahrleistungen und Streckenlängen zusammengefasster Verkehrssituationen in Braunschweig

Die höchsten Fahrleistungen werden auf den Autobahnabschnitten erbracht. Diese insgesamt nur knapp 50 km langen Straßenabschnitte weisen eine Fahrleistung von insgesamt etwa 888 Mio. Kilometern pro Jahr auf, entsprechend einem Anteil von etwa 45 % der gesamten Fahrleistung im Stadtgebiet von Braunschweig. Mit einem Anteil von 41 % werden vergleichbare Fahrleistungen auf dem Hauptverkehrsnetz mit innerörtlichen Fahrsituationen erbracht. Das innerörtliche Hauptverkehrsnetz umfasst dabei allerdings eine Streckenlänge von etwa 275 km.

Die größten Streckenlängen weist das Nebenstraßennetz auf, welches vornehmlich Nebenstraßen in Wohngebieten umfasst. Durch ein insgesamt geringes Verkehrsaufkommen werden hier aber die geringsten Fahrleistungen erbracht.

3.5.1.2 Energieverbrauch des motorisierten Straßenverkehrs

Emissionen von Kraftfahrzeugen hängen vom Kraftstoffverbrauch und Betriebszustand des Motors ab. Die Berechnung der Emissionen durch das Handbuch Emissionsfaktoren beruht letztlich auf durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchsdaten von Lkw und Pkw in definierten Verkehrssituationen. Die Verbrauchsdaten unterscheiden sich dabei deutlich für einzelne Verkehrssituationen, wobei die höchsten Verbräuche beispielsweise für Autobahnfahrten oder Stop-and-Go-Verkehr im Innenstadtbereich zu verzeichnen sind. In der nachfolgenden Tabelle sind Kraftstoffverbrauchswerte innerhalb des Stadtgebietes von Braunschweig für einzelne Straßenkategorien aufgeführt. Bei der Auflistung der verbrauchten Kraftstoffmengen wird nicht zwischen Ben-

zin und Diesel unterschieden, der Auswertung liegen aber charakteristische Benzin- und Dieselverbräuche der Fahrzeuge in Deutschland für das Jahr 2008 zugrunde.

Straßenkategorie	Streckenlänge Summe in km	Fahrleistung in Mio. km/Jahr	Kraftstoffverbrauch in t/Jahr	Kraftstoffverbrauch in t/km pro Jahr
A2	9,0	301,94	26 187,8	2 905,3
Stadtautobahnen (alle Autobahnsituationen ohne A2)	40,5	586,33	37 039,8	915,1
alle Autobahnabschnitte	49,5	888,3	63 227,6	1 277,6
Hauptverkehrsnetz außerort (ohne Autobahnen)	67,9	167,63	9 125,8	134,5
Hauptverkehrsnetz innerort (ohne Autobahnen)	274,5	806,9	85 533,4	311,6
Nebennetz innerort	473,7	103,73	13 274,8	28,0
Summe Stadt Braunschweig	865,5	1 966,49	171 161,7	197,8

Tabelle 3.4: Summe des Kraftstoffverbrauchs und Kraftstoffverbrauch pro Strecke im Jahr 2008 für die verschiedenen Straßenkategorien

3.5.1.3 Treibhausgasemissionen des motorisierten Straßenverkehrs

Die Emissionen werden auf Grundlage des „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“, HBEFA Version 3.1 (Umweltbundesamt 2010) berechnet. Während CO₂-Emissionen direkt proportional zum Kraftstoffverbrauch sind, sind Emissionen der Äquivalente Methan und Lachgas vom Betriebszustand abhängig und werden für die gegebene Flottenzusammensetzung für 2008 und die jeweilige Verkehrssituation berechnet. Für Methan (CH₄) wird ein Wert von 21 als Äquivalenzfaktor zu CO₂ verwendet, für Lachgas (N₂O) wird ein Äquivalenzfaktor von 310 angenommen.

Da die Emissionen des Straßenverkehrs letztlich aus Kraftstoffverbrauchswerten berechnet werden, ist die Verwendung kraftstoffbezogener Emissionsfaktors sinnvoll. Die Flottenzusammensetzung basiert auch auf dem Handbuch Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes. Demnach sind im Bezugsjahr 2008 bei den Pkw rund 67% mit Benzin- und 33% mit Dieselmotoren ausgestattet. Bei den leichten Nutzfahrzeu-

gen bis 3,5 t sind es 11% Benziner und 89% Diesel-Fahrzeuge. Schwere Nutzfahrzeuge und Busse sind zu 100% Diesel-Fahrzeuge.

Zur Abschätzung der Emissionen aus der Vorkette für die Bereitstellung frei Tankstelle wird auf die Emissionsfaktoren (vgl. Kapitel 2.2) zurückgegriffen.

Die Emissionsfaktoren für die Bereitstellung frei Tankstelle ergeben für Benzin einen Aufschlag von ca. 21 %, für Diesel einen Aufschlag von etwa 16 %. In erster Näherung wird für die CO₂-Emissionen der einzelnen Straßenabschnitte ein einheitlicher Aufschlag für die Vorkette von 19 % angenommen.

Die CO₂-Äquivalentemissionen werden hier ebenfalls gegliedert nach Verkehrskategorien aufgelistet.

Straßenkategorie	Kraftstoffverbrauch in t/Jahr	CO _{2äq} -Emissionen in t/a	CO _{2äq} -Emissionen inkl. Vorkette in t/a	Lkw-Anteil an den CO ₂ -Emissionen
A2	26 187,8	83 661,2	99 556,8	58,2 %
Stadtautobahnen (alle Autobahnsituationen ohne A2)	37 039,8	117 735,5	140 105,3	25,9 %
alle Autobahnabschnitte	63 227,6	201 396,7	239 662,1	39,4 %
Hauptverkehrsnetz außerort (ohne Autobahnen)	9 125,8	28 987,9	34 495,6	17,7 %
Hauptverkehrsnetz innerort (ohne Autobahnen)	85 533,4	270 934,7	322 412,3	7,5 %
Nebennetz innerort	13 274,8	41 919,6	49 884,3	2,0 %
Summe Stadt Braunschweig	171 161,7	543 238,9	646 454,3	19,4 %

Tabelle 3.5: Anteil zusammengefasster Verkehrssituationen/ Straßenkategorien an CO₂-Äquivalentemissionen und Kraftstoffverbrauch

Die höchsten Kraftstoffverbrauchswerte und CO₂-Emissionen ergeben sich für die innerörtlichen Abschnitte des Hauptverkehrsnetzes. Auf diesen etwa 275 km langen Straßenabschnitten werden ca. 50 % der CO₂-Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs freigesetzt.

37 % der Emissionen werden auf den Autobahnabschnitten verursacht, wovon allein 15,4 % auf dem nur 9 km langen Abschnitt der A2 freigesetzt werden. Die hohen Emissionen dieses Abschnittes liegen neben einer starken Verkehrsbelastung an dem sehr hohen Lkw-Anteil. Auf diesem Autobahnabschnitt werden etwa 25 % der

Fahrleistungen durch Lkw erbracht und etwa 58 % der CO₂-Emissionen durch Lkw Fahrten verursacht.

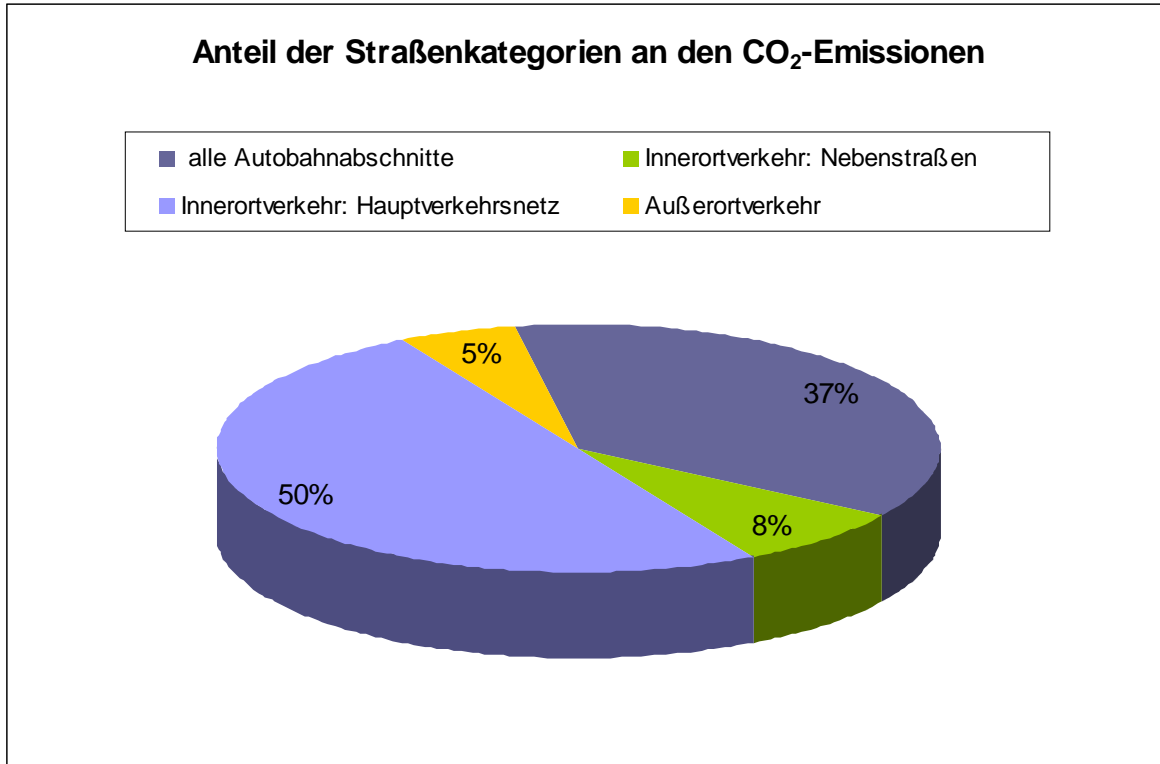


Abbildung 3.20: Anteil einzelner Straßenkategorien an den CO₂-Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs

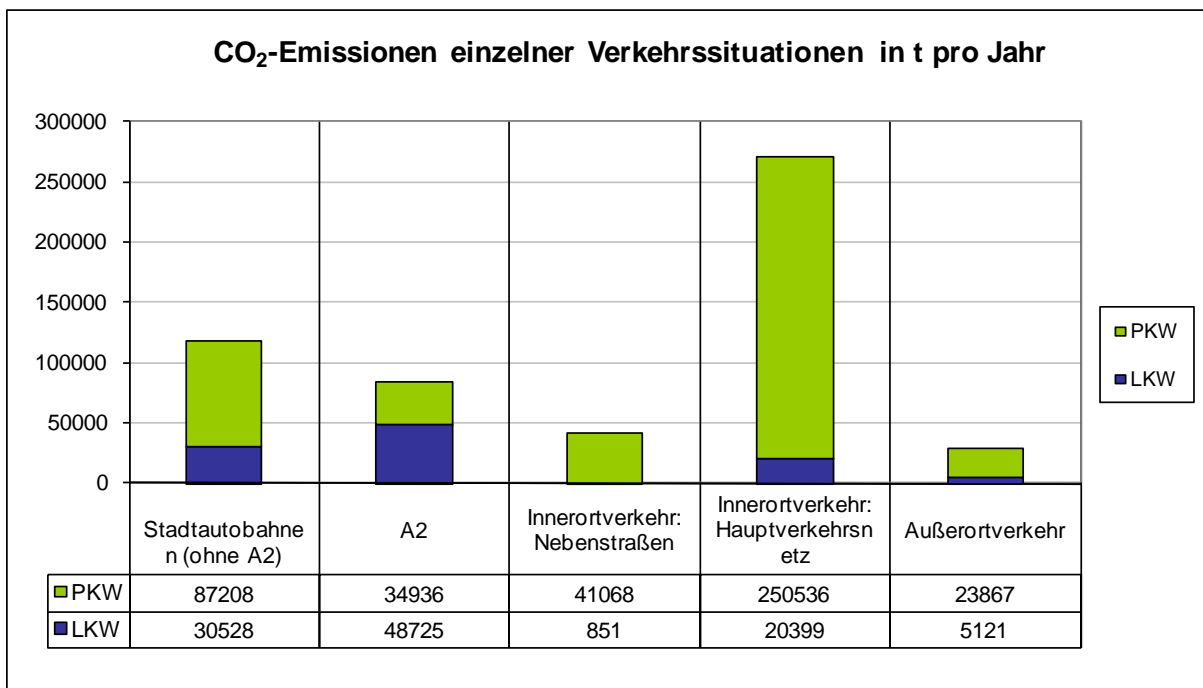


Abbildung 3.21: CO₂-Äquivalentmissionen einzelner Straßenkategorien in Tonnen pro Jahr

In der Summe ergeben sich, inkl. Vorkette, insgesamt 646 454 t CO_{2äq}. Davon entfallen 19,4 % auf den Lkw-Verkehr.

3.5.2 Bahnverkehr der DB

3.5.2.1 Basisdaten zum Bahnverkehr der DB

Das Streckennetz der Deutschen Bahn innerhalb des Stadtgebietes von Braunschweig umfasst eine Länge von ca. 67 km. Von der Deutschen Bahn AG wurden Daten zum Strom- und Dieserverbrauch im Jahr 2008 auf einzelnen Streckenabschnitten innerhalb der Stadt Braunschweig bereitgestellt. Bei den Verbrauchswerten wird zwischen Güter- und Personenverkehr unterschieden. Berücksichtigt wurden ausschließlich fahrplanmäßige Fahrten.

Von der Stadt Braunschweig wurden für das Jahr 2008 auch die Anzahl der Zugfahrten im Personennahverkehr der Deutschen Bahn (RE und RB) zur Verfügung gestellt¹⁸. Im Bereich öffentlicher Personennahverkehr wurden demnach von der Deutschen Bahn im Jahr 2008 etwa 0,8 Mio. Zugkilometer innerhalb des Stadtgebiets von Braunschweig zurückgelegt.

3.5.2.2 Energieverbrauch des Bahnverkehrs

Der höchste Stromverbrauch innerhalb des Stadtgebietes von Braunschweig entfällt auf einen Streckenabschnitt westlich des Hauptbahnhofes mit etwa 138 MWh pro km für das Jahr 2008, der höchste Dieserverbrauch mit etwa 42 Tonnen pro km und Jahr zwischen Braunschweig Hauptbahnhof und Leiferde. Insgesamt wurden für Fahrten der Deutschen Bahn innerhalb des Stadtgebietes von Braunschweig im Jahr 2008 etwa 16 608 MWh Strom und 824 Tonnen Diesel verbraucht.

3.5.2.3 Treibhausgasemissionen des Bahnverkehrs

Das Stromnetz der DB ist eigenständig, daher können die sonst verwendeten Emissionsfaktoren für Strom für den Schienenverkehr der DB nicht herangezogen werden. Nach Angaben der Deutschen Bahn AG kann ein Emissionsfaktor für CO₂ von 605 g CO₂ pro kWh für den Fahrstrom angenommen werden, der Emissionen der Vorkette einschließt. Zur Berücksichtigung von CO₂-Äquivalenten ist nach Angaben

¹⁸ ZWECKVERBAND GROSSRAUM BRAUNSCHWEIG (2008)

der Bahn für 2007 mit einem Aufschlag von 9 % zu rechnen, Emissionen aus der Vorkette betragen etwa 42,35 g/kWh. Daraus berechnet sich ein Faktor von 562,65 g CO₂ pro kWh ohne Berücksichtigung von Emissionen aus der Vorkette und ein Faktor von gerundet 614 g CO₂-Äquivalentemissionen pro kWh ohne Berücksichtigung der Vorkette. Unter Verwendung dieser Emissionsfaktoren errechnen sich CO₂-Emissionen für den Zugbetrieb mit Elektroantrieb unter Berücksichtigung von Äquivalenten und Vorkette von etwa 10.944 Tonnen für das Jahr 2008.

Unter Annahme eines Emissionsfaktors von 3,179 kg CO₂ pro kg Dieselkraftstoff (HBEFA 3.1) und einem Aufschlag von 427 g CO₂/ kg Diesel zur Berücksichtigung der Vorkette (gemäß Angaben der Bahn), errechnen sich daraus CO₂-Äquivalentemissionen durch Fahrten auf dem Streckennetz von ca. 2 970 Tonnen im Jahr 2008.

Die folgende Tabelle fasst Verbrauchswerte und CO₂-Emissionen aus dem Bahnverkehr zusammen.

		Verbrauchswerte 2008	CO ₂ -Emissionen in t	CO ₂ -Emissionen in t inkl. Vorkette
Personenverkehr	Dieselantrieb	407,3 t Diesel	1 294,7	1 468,6
	Elektroantrieb	9 378,9 MWh	5 758,7	6 180,7
Summe Personenverkehr			7 053	7 649
Güterverkehr	Dieselantrieb	416,4 t Diesel	1 323,6	1 501,4
	Elektroantrieb	7 228,7 MWh	4 438,4	4 763,7
Summe Güterverkehr			5 762	6 265
Summe Stadt Braunschweig	Dieselantrieb	823,6	2 618	2 970
	Elektroantrieb	16 607,6	10 197	10 944
Summe CO₂-Emissionen			12 815	13914

Tabelle 3.6: CO₂-Äquivalentemissionen durch den Verkehr der Deutschen Bahn in der Stadt Braunschweig im Jahr 2008

3.5.3 Personennahverkehr der Braunschweiger Verkehrs AG

3.5.3.1 Basisdaten und Energieverbrauch im Personennahverkehr

Von der Stadt Braunschweig wurden Daten zur räumlichen Lage des Stadtbahnnetzes und zu dem Teil des Busliniennetzes der Verkehrs AG innerhalb des Stadtgebiets von Braunschweig zur Verfügung gestellt. Von der Braunschweiger Verkehrs AG wurden Energieverbrauchswerte sowie Fahrzeugkilometer der Bus- und Straßenbahnflotte für das Jahr 2008 bekannt gegeben.

Das Straßenbahn-Liniennetz umfasst eine Länge von ca. 80 km. Nach Angaben der Verkehrs AG wurden von den Stadtbahnen im Jahr 2008 knapp 2,5 Mio. Zugkilometer zurückgelegt. Von den Bussen der Verkehrs AG wurden 2008 mehr als 6,6 Mio. Nutzwagenkilometer zurückgelegt, wobei allerdings das Busnetz teilweise über die Grenzen der Stadt Braunschweig hinausgeht. Zu beachten ist, dass die aufgeführten Fahrleistungen von Straßenbahnen und Bussen nicht direkt miteinander zu vergleichen sind, da ein Straßenbahnzug häufig aus zwei Wagen besteht, bzw. ein Straßenbahnfahrzeug auch ohne Anhänger mit zwei Gelenken eine deutlich höhere Kundenkapazität als ein Bus aufweist.

Im Vergleich zu den Fahrleistungen der Verkehrs AG im Personennahverkehr wurden von der DB AG im Personennahverkehr innerhalb der Stadt Braunschweig ca. 0,8 Mio. Zugkilometer zurückgelegt. Mit insgesamt etwa 9 Mio. Wagenkilometern durch Fahrzeuge der Braunschweiger Verkehrs AG ist diese der Hauptträger des öffentlichen Nahverkehrs in der Stadt Braunschweig.

Im Jahr 2008 wurden für den öffentlichen Nahverkehr der Braunschweiger Verkehrs AG insgesamt 12 879 MWh Strom und 2 918 Tonnen Diesel verbraucht.

3.5.3.2 Treibhausgasemissionen des Personennahverkehrs

Die Braunschweiger Verkehrs AG bezieht ihren Strom von BS|ENERGY, so dass zur Berechnung der Treibhausgasemissionen durch den Betrieb der Stadtbahnen der in Kapitel 2.2 aufgeführte Emissionsfaktor von 881 g CO_{2äq} pro kWh verwendet wird. Die Emissionen der Busflotte werden, analog zum Vorgehen für den motorisierten Straßenverkehr, über den Emissionsfaktor für Diesel gemäß HBEFA3.1 und einem Aufschlag für Emissionen aus der Vorkette berechnet.

Die Treibhausgas-Emissionen von Bussen sind in der Berechnung des motorisierten Straßenverkehrs bereits enthalten. In der Berechnung der Gesamtbilanz Verkehr werden sie daher als Teil des motorisierten Straßenverkehrs berücksichtigt. Emissionen der Linienbusflotte der Verkehrs AG werden hier nochmals separat bilanziert, um eine Aufteilung der Verkehrsemissionen auf die Verursacher Personen- und Güterverkehre abschätzen zu können. Für diese Aufteilung der Verkehrsemissionen wer-

den die Emissionen der Linienbusse von den Emissionen des Lkw-Verkehrs subtrahiert. Emissionen aller übrigen Busse bleiben unter den Emissionen der Lkw aufsummiert.

Busse und Straßenbahn ersetzen Pkw-Verkehr und erhöhen zudem die Mobilität insbesondere z.B. von Jugendlichen. Durch Modernisierung der Bahnen können zudem Energie und CO₂-Äquivalentemissionen eingespart werden.

Die folgende Tabelle fasst Verbrauchswerte und CO₂-Emissionen aus dem Personennahverkehr zusammen.

	Verbrauchswerte 2008	CO ₂ -Emissionen in t inkl. Vorkette
Personennahverkehr	2 918,4 t Diesel	11 040,2
	12 058,9 MWh	10 623,9
Summe_{äq}-Emissionen		21 664

Tabelle 3.7: CO₂-Äquivalentemissionen durch den Personennahverkehr der Braunschweig Verkehrs AG im Jahr 2008

3.5.4 Binnenschifffahrt

3.5.4.1 Basisdaten zur Binnenschifffahrt

Durch das Stadtgebiet von Braunschweig verläuft ein etwa 10 km langer Abschnitt des Mittellandkanals. Zur Abschätzung der Emissionen aus der Binnenschifffahrt wurden Informationen zum Schiffsverkehr aus dem Verkehrsbericht der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte herangezogen. Von der Wasser- und Schifffahrtsdirektion wurden für das Jahr 2008 die transportierten Ladungstonnen auf den einzelnen Abschnitten der von der Binnenschifffahrt genutzten Gewässer in Niedersachsen veröffentlicht (WSD-Mitte, 2008). Transportleistungen in der Schifffahrt werden üblicherweise in Ladungstonnen (Tonnen x gefahrene Kilometer) beurteilt. Die CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt werden dann auf Grundlage von Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes berechnet.

Die auf dem Mittellandkanal bei Braunschweig transportierten Ladungstonnen wurden aus den an den nächstgelegenen Schleusen registrierten Ladungstonnen der geschleusten Schiffe abgeschätzt. Damit wurden Zählraten der Schleuse Anderten (Mittellandkanal) und der östlich von Braunschweig gelegenen Schleuse Sülfeld

(Mittellandkanal) sowie der Schleuse zwischen Mittellandkanal und Elbeseitenkanal verwendet. Zwischen diesen drei Schleusen verläuft der größte Anteil des Schiffverkehrs auf dem Mittellandkanal sowie dem Elbeseitenkanal, ein deutlich geringerer Verkehr verläuft zwischen dem Mittellandkanal und den abzweigenden Stichkanälen Hildesheim und Salzgitter. An den beiden Stichkanälen gibt es keine Schleusen, so dass hier keine exakten Daten vorliegen.

3.5.4.2 Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt

Gemäß Angaben des Umweltbundesamtes kann für die Binnenschifffahrt im Jahr 2007 durchschnittlich mit CO₂-Äquivalentemissionen von 30,13 g CO₂ pro Tonnenkilometer gerechnet werden. Unter Einbeziehung von Emissionen der Vorkette ist gemäß UBA (Mitteilungen, 2009) ein Faktor von 33,57g CO₂ pro Tonnenkilometer zu verwenden. Tabelle 3.8 fasst die Transportleistungen und CO₂ Emissionen aus der Binnenschifffahrt zusammen.

Streckenlänge in km	Transportleistung in Mio. Tonnen	CO _{2äq} -Emissionen in t / a	CO _{2äq} -Emissionen inkl. Vorkette in t/a
9,7	11,0	3 220	3 588

Tabelle 3.8: CO₂-Äquivalentemissionen und Transportleistung der Binnenschifffahrt im Jahr 2008

3.5.5 Zusammenfassung des Teilbereichs Verkehr

In der folgenden Tabelle werden Gesamtemissionen aus dem Teilbereich Verkehr noch einmal gegliedert nach Verkehrsträgern aufgelistet. In der Tabelle wird der Energieverbrauch sowohl aufgeteilt auf die verschiedenen Energieträger als auch einheitlich in MWh angegeben. Für die Umrechnung wurden die ermittelten Kraftstoffmengen an Benzin oder Diesel über das in GEMIS 45 auf den Energiegehalt des Brennstoffes bezogene spezifische Gewicht umgerechnet. Die in GEMIS 45 aufgeführten Werte für die Jahre 2005 und 2010 werden dabei auf das Jahr 2008 interpoliert. Für das Jahr 2008 kann gemäß GEMIS ein energiespezifisches Gewicht für Diesel und Benzin von 83,92 kg/MWh angenommen werden.

Für die Binnenschifffahrt sind keine Dieserverbrauchswerte bekannt, so dass der Energieverbrauch der Schiffe auf Grundlage der gleichen Emissionsfaktoren, die für den Dieselmotor des motorisierten Straßenverkehrs verwendet wurden, abgeschätzt werden.

	Energieverbrauch nach Energieträgern / Transportleistung	Energieverbrauch 2008 in MWh	CO_{2äq}-Emissionen 2008 in t inkl. Vorkette
motorisierter Straßenverkehr: Pkw	138 265 t Benzin / Diesel	1 647 581	520 761
motorisierter Straßenverkehr: Lkw, Fahrzeuge >3,5 t	32 897 t Diesel	392 004	125 693
Schieneverkehr (DB)	16 608 MWh 824 t Diesel	26 427	13 914
Stadtbahnen der Verkehrs AG	12 058,9 MWh	12 059	10 624
Binnenschifffahrt	100 Mio. Tonnen km 939 t Diesel*	11 190*	3 588
Summe Quellgruppe Verkehr		2 089 261	674 580

* Wert abgeschätzt

Tabelle 3.9: CO₂-Äquivalentemissionen und Energieverbrauch der Quellgruppe Verkehr in der Stadt Braunschweig für das Jahr 2008

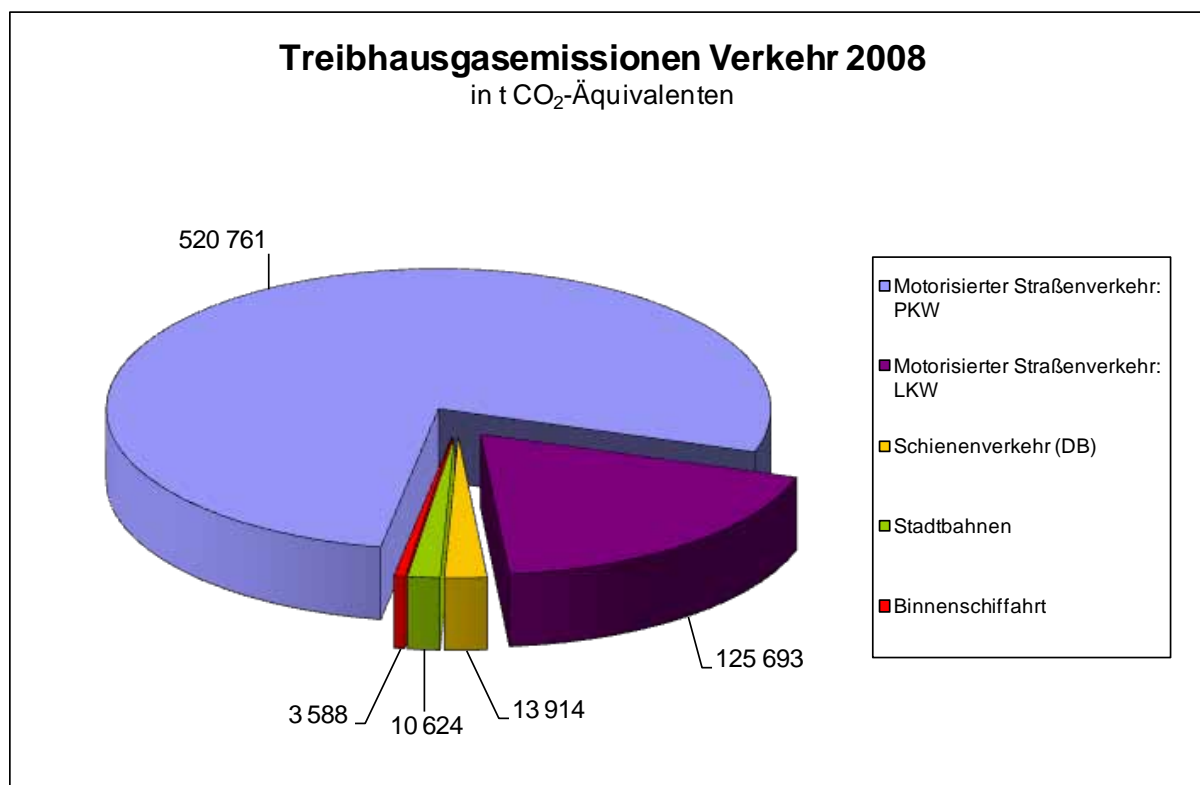


Abbildung 3.22: Treibhausgasemissionen des Gesamt-Verkehrs in 2008

In der folgenden Tabelle werden die Emissionen soweit möglich nach Personen- und Güterverkehr unterteilt.

		CO_{2äq}-Emissionen 2008 in t inkl. Vorkette
Personenverkehr	motorisierter Straßenverkehr: Pkw	520 761
	Busse und Bahnen der Verkehrs AG	21 664
	Personenverkehr (DB)	7 649
	Summe Personenverkehr	550 074
Güterverkehr	motorisierter Straßenverkehr Lkw (Fahrzeuge > 3,5 t) ohne Linienbusse	114 653
	Güterverkehr (DB)	6 265
	Binnenschifffahrt	3 588
	Summe Güterverkehr	124 506
Summe Quellgruppe Verkehr		674 580

Tabelle 3.10: CO₂-Äquivalentemissionen der Quellgruppe Verkehr in der Stadt Braunschweig für das Jahr 2008 aufgeteilt nach Güter- und Personenverkehr

Beim motorisierten Straßenverkehr wird in erster Näherung davon ausgegangen, dass die Emissionen der Pkw dem Personenverkehr und die Emissionen der Lkw in erster Linie dem Güterverkehr zuzurechnen sind. Da die Emissionen des Schwerlastverkehrs auch Busse einschließen, werden für eine Abschätzung die auf Grundlage der Daten der Verkehrs AG ermittelten Emissionen ihrer Busflotte von den Emissionen der unter der Kategorie Lkw zusammengefassten Fahrzeuge mit einem Gewicht > 3,5 t abgezogen.

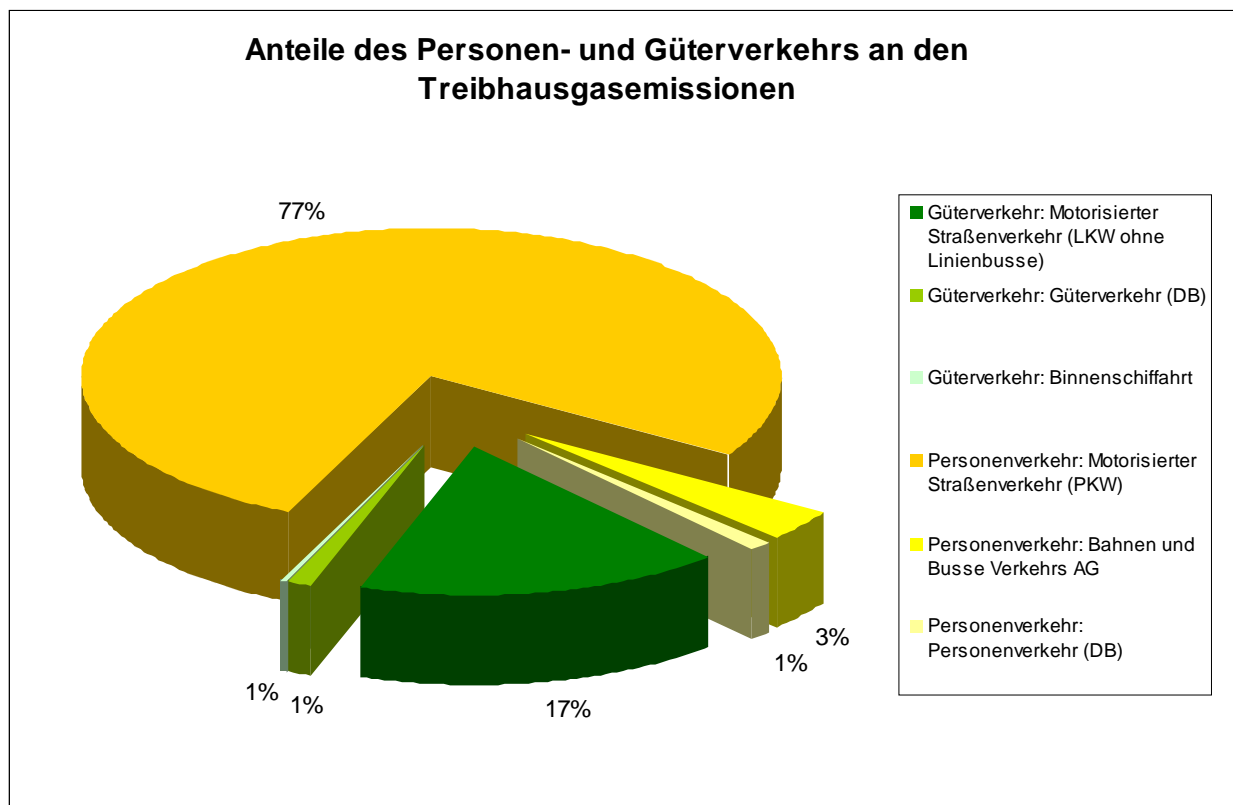


Abbildung 3.23: Anteile an den Treibhausgasemissionen der Quellgruppe Verkehr in 2008, aufgeteilt nach Personenverkehr (Gelbtöne) und Güterverkehr (Grüntöne)

3.5.6 Flugverkehr

Zur Ermittlung der Emissionen durch den Luftverkehr im Nahbereich eines Flughafens müssen sämtliche Betriebsphasen der Flugzeugtriebwerke bei Landung und Start berücksichtigt werden. Die Vorgehensweise ist z.B. bei Hüttig et al. 1994 beschrieben. Die einzelnen Betriebs- / Lastzustände während Start, Landung und Rollbewegungen wurden von der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (International Civilian Aviation Organisation – ICAO) als typische Start-Lande-Zyklen (LTO-Zyklus) definiert. Den verschiedenen Bewegungszuständen können bestimmte Betriebszu-

stände der Turbinen zugeordnet werden. Bei der Zulassung von Triebwerken werden für diese Betriebszustände die Emissionen von Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Kohlenmonoxid sowie Kraftstoffverbrauchsdaten ermittelt und in der ICAO-Emissionsdatenbank zusammengestellt. Die Emissionen der kleineren Fluggeräte, insbesondere Propellermaschinen und Hubschrauber, sind in der Aircraft Engine Emissions Database (FAEED) enthalten.

Die Bilanzierung der Emissionen im Nahbereich eines Flughafens ist sehr aufwändig und erfordert eine genaue Kenntnis der gestarteten und gelandeten Flugzeugtypen. Da es sich bei dem Braunschweiger Flugplatz um einen vergleichsweise kleinen Flughafen handelt, an dem kleinere Propellermaschinen starten, sind aus den Starts- und Landungen dieser Maschinen, im Vergleich zum motorisierten Straßenverkehr, nur geringe Emissionen zu erwarten. Der hohe Aufwand, der mit einer genaueren Bilanzierung der bei Starts- und Landungen freigesetzten Emissionen einhergeht, führt allerdings nicht zu einer größeren Genauigkeit der Ergebnisse, so dass diese vernachlässigt werden können. Als Vergleich ergab z. B. eine Bilanzierung der Emissionen des Fliegerhorst Wunstorf einen Anteil an den Emissionen des Sektors Verkehr von nur 1 % (GEO-NET, 2008). Dieses Bilanzierungsergebnis basiert auf einem separaten Gutachten eines Fachbüros zu Emissionen im Bereich des Fliegerhorstes. Auf dem Braunschweiger Flughafen starten und landen, verglichen mit Wunstorf, kleinere Maschinen. Da die Emissionen bei Starts und Landungen mit dem Gewicht der Maschinen deutlich zunehmen, ist zu erwarten, dass der Anteil des Braunschweiger Flughafens an den Emissionen innerhalb der Stadt Braunschweig geringer sein wird als der Anteil des Flughafens Wunstorf an den Verkehrsemissionen der Region Hannover.

Emissionen aus dem Flugverkehr sollen hier zusätzlich nach dem Verursacherprinzip ermittelt werden. Die nach dem Verursacherprinzip ermittelten Emissionen geben Emissionen wieder, die durch Flüge von Einwohnern der Stadt Braunschweig weltweit freigesetzt (verursacht) wurden. Diese Emissionen sind daher nicht mit den nach dem Territorialprinzip berechneten Emissionen des übrigen Sektors Verkehr, die innerhalb des Stadtgebietes verursacht, bzw. freigesetzt werden, vergleichbar.

Für die Abschätzung von flugzeugbedingten Emissionen durch Einwohner der Stadt Braunschweig werden Angaben aus der Startbilanz verwendet, die mit Hilfe des Programms ECO2-Region ermittelt wurden. Die Daten der gesamten Startbilanz beruhen auf statistischen Angaben pro Einwohner und pro Erwerbstätigen in den einzelnen Wirtschaftszweigen. Als Emissionsfaktor für CO₂-Äquivalentemissionen wird ein Wert von 3,2 kg CO₂/ kg Kerosin angenommen. Um der Tatsache Rechnung zu tra-

gen, dass die durch Flugzeuge in großen Höhen emittierten Treibhausgase eine größere Wirkung entfalten als in Bodennähe, werden die errechneten Emissionswerte mit einem Korrekturfaktor (Radiative Forcing Index=1,9) multipliziert.

Die durch Flüge der Bewohner der Stadt Braunschweig verursachten Emissionen betragen für das Jahr 2007 etwa 152 246 Tonnen pro Jahr, für das Jahr 2008 dürfte ein ähnlicher Wert angenommen werden.

3.6 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen aller Sektoren einschließlich Verkehr

Insgesamt wurden im Jahr 2008 in Braunschweig 6 851 GWh Endenergie verbraucht und damit knapp 2,686 Mio. Tonnen Treibhausgase emittiert. Dies entspricht 10,92 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Einwohner. In den Abbildungen 3.24 bis 3.27 sind zusammenfassend die Anteile der verschiedenen Verbrauchssektoren am Endenergieverbrauch und an den Treibhausgasemissionen in Braunschweig im Bereich Energie sowie Verkehr dargestellt. Nicht Beachtung findet in diesen Darstellungen der Flugverkehr, da diese Daten nur auf Basis der verursacherbasierten Startbilanz erfasst wurden.

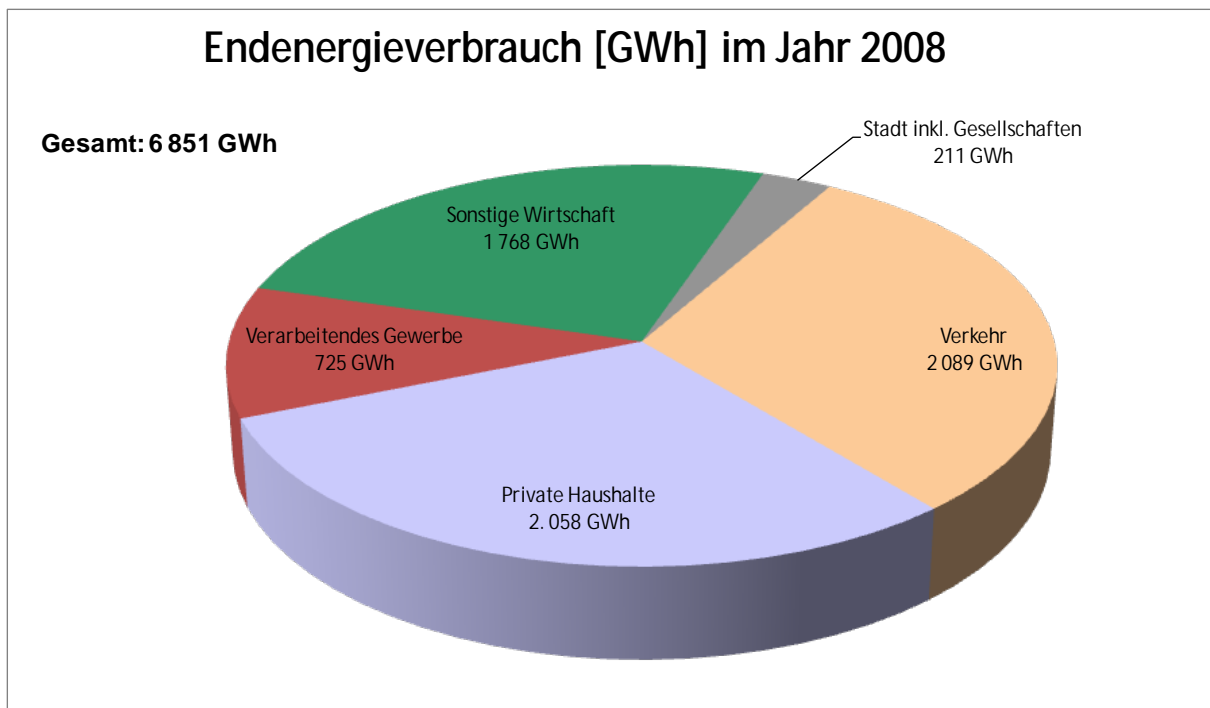


Abbildung 3.24: Endenergieverbrauch verschiedener Verbrauchssektoren im Bereich Energie und Verkehr im Stadtgebiet Braunschweig

Die Gesamtdarstellung des Endenergieverbrauchs in Braunschweig zeigt, dass der größte Anteil der Endenergie im Sektor Wirtschaft (36%) verbraucht wird, wovon wiederum etwa ein Drittel auf den Sektor Verarbeitendes Gewerbe fällt (s. Abb. 3.24 und 3.25). Ähnliche große Anteile entfallen mit 30% bzw. 31% des Gesamtverbrauchs auf den Sektor Private Haushalte und den Sektor Verkehr. Allein 24% der Endenergie wird durch den Pkw-Verkehr verbraucht. Die Stadt mit ihren städtischen Gesellschaften verursacht ungefähr 3% des Gesamt-Endenergieverbrauchs in Braunschweig.

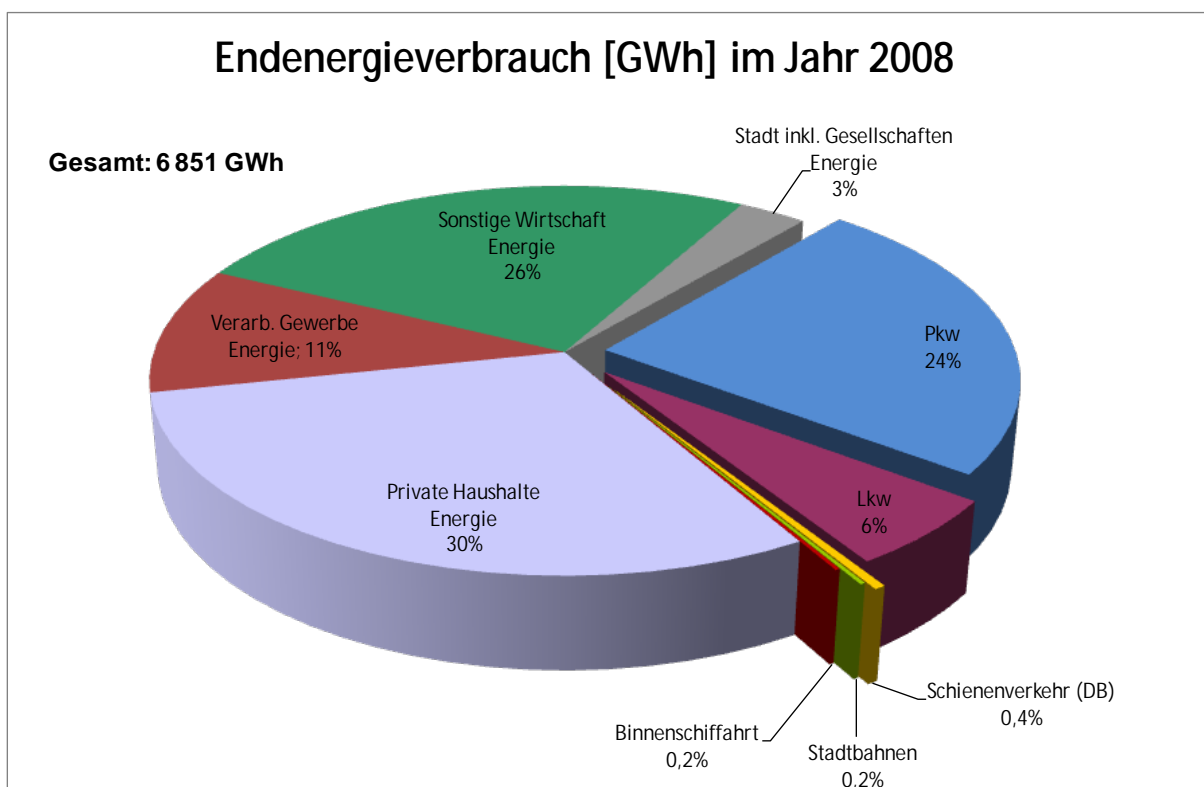


Abbildung 3.25: Anteile der verschiedenen Verbrauchssektoren am Endenergieverbrauch im Bereich Energie und Verkehr im Stadtgebiet Braunschweig

Den größten Anteil an den Treibhausgasemissionen hat mit annähernd 45% der Sektor Wirtschaft (s. Abb. 3.26 und 3.27)). 27% der CO₂-Äquivalentemissionen fallen auf den Sektor Private Haushalte. Mit 25% ist der Anteil des Sektors Verkehr in etwa genauso groß, allein 19% sind dem Pkw-Verkehr zuzuschreiben, weitere 5% den Fahrten von Lkw bzw. Fahrzeugen, die schwerer als 3,5 t sind. Der Sektor Stadt inklusive der größten städtischen Gesellschaften hat einen Anteil von knapp 3% an den gesamtstädtischen Treibhausgasemissionen.

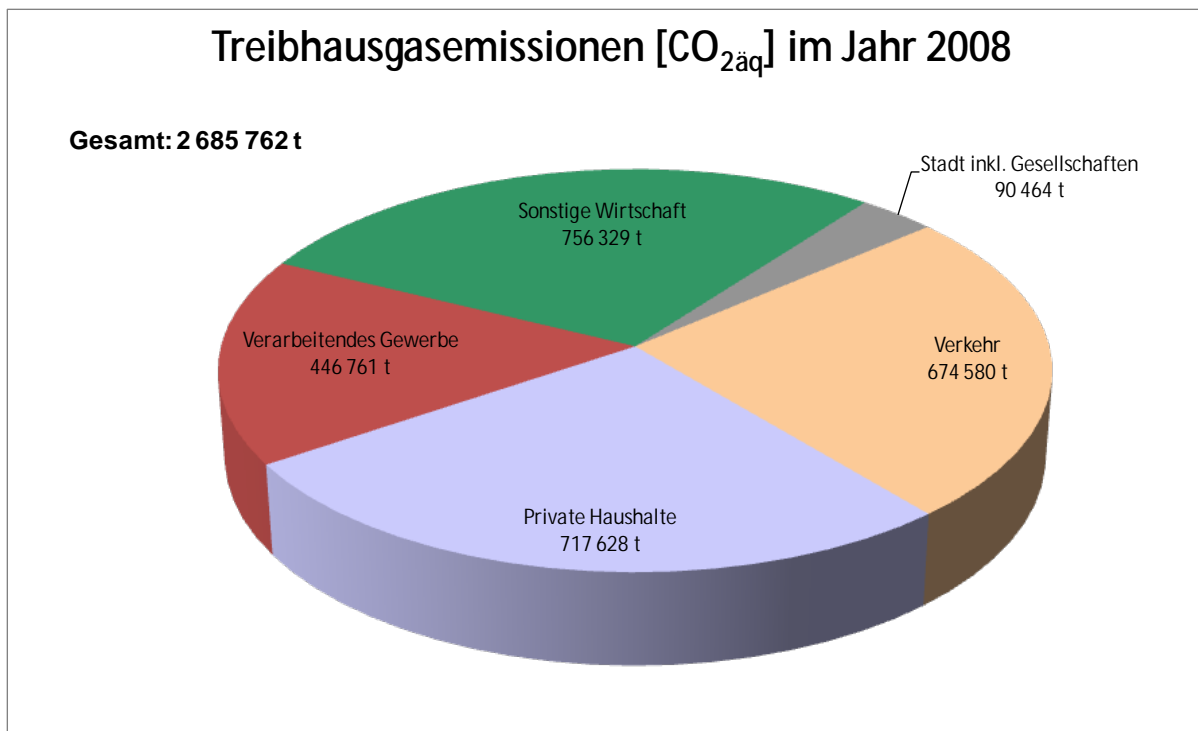


Abbildung 3.26: Treibhausgasemissionen verschiedener Verbrauchssektoren im Bereich Energie und Verkehr im Stadtgebiet Braunschweig

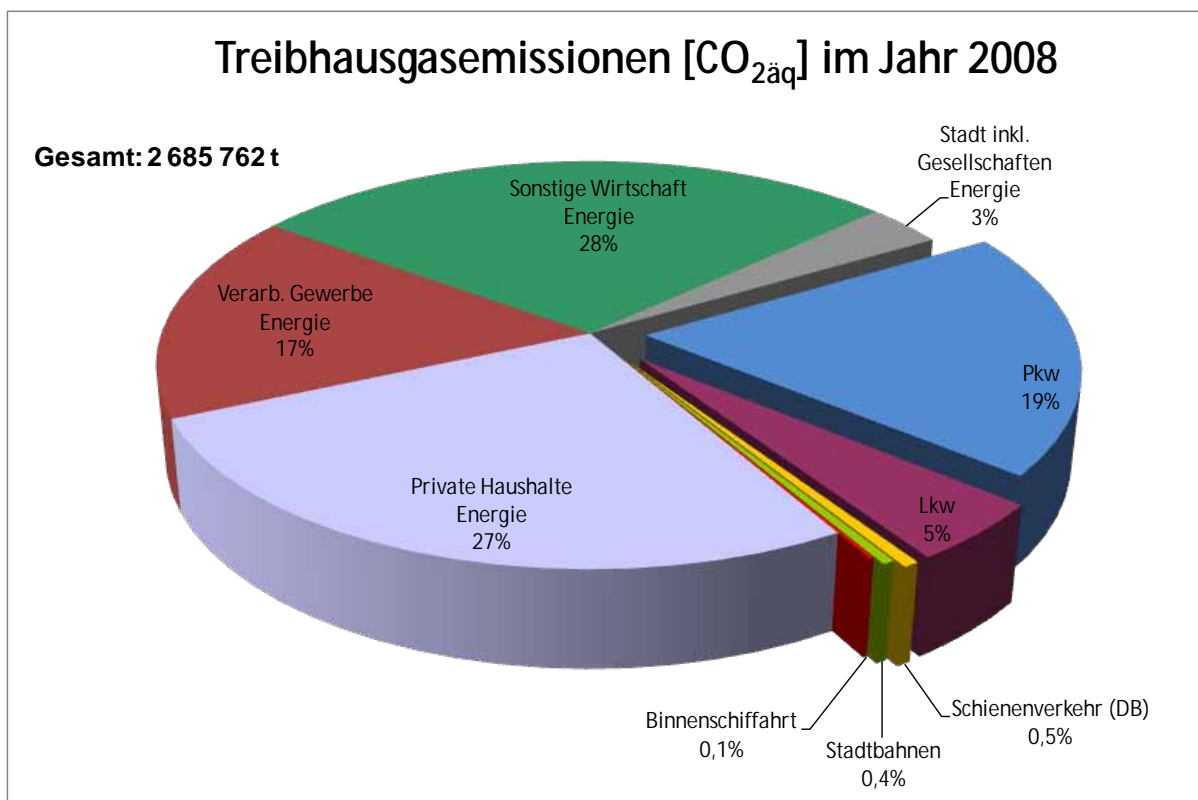


Abbildung 3.27: Anteile der verschiedenen Verbrauchssektoren an den Treibhausgasemissionen im Bereich Energie und Verkehr im Stadtgebiet Braunschweig

4 ZUSAMMENFASSUNG

In den vergangenen Jahren sind in der Stadt Braunschweig bereits zahlreiche Aktivitäten zur Schonung der Umwelt und zum Schutz unseres Klimas umgesetzt worden. Doch auch darüber hinaus möchte die Stadt Braunschweig für ihren Bereich die Verantwortung dafür übernehmen, dass die von Deutschland eingegangenen internationalen Verpflichtungen zum Klimaschutz erreicht werden können. Die Stadt Braunschweig hat aus diesem Grunde im Jahr 2009 die Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes in Auftrag gegeben. Zur Standortbestimmung ist dafür zunächst eine Energie- und CO₂-Bilanz erstellt worden. Diese soll die Grundlage für die Festlegung von Handlungsschwerpunkten bilden und Ausgangspunkt für alle weiteren Aktivitäten der Stadt, systematisch und zielgerichtet Klimaschutz zu betreiben.

Endenergieverbrauch. Der gesamtstädtische Endenergieverbrauchswert im Stadtgebiet Braunschweig liegt im Jahr 2008 bei 4 762 GWh (ohne Verkehr) (s. Abb. 4.1). Umgerechnet ergibt dies einen Verbrauch an Endenergie von 19 355 kWh pro Einwohner.

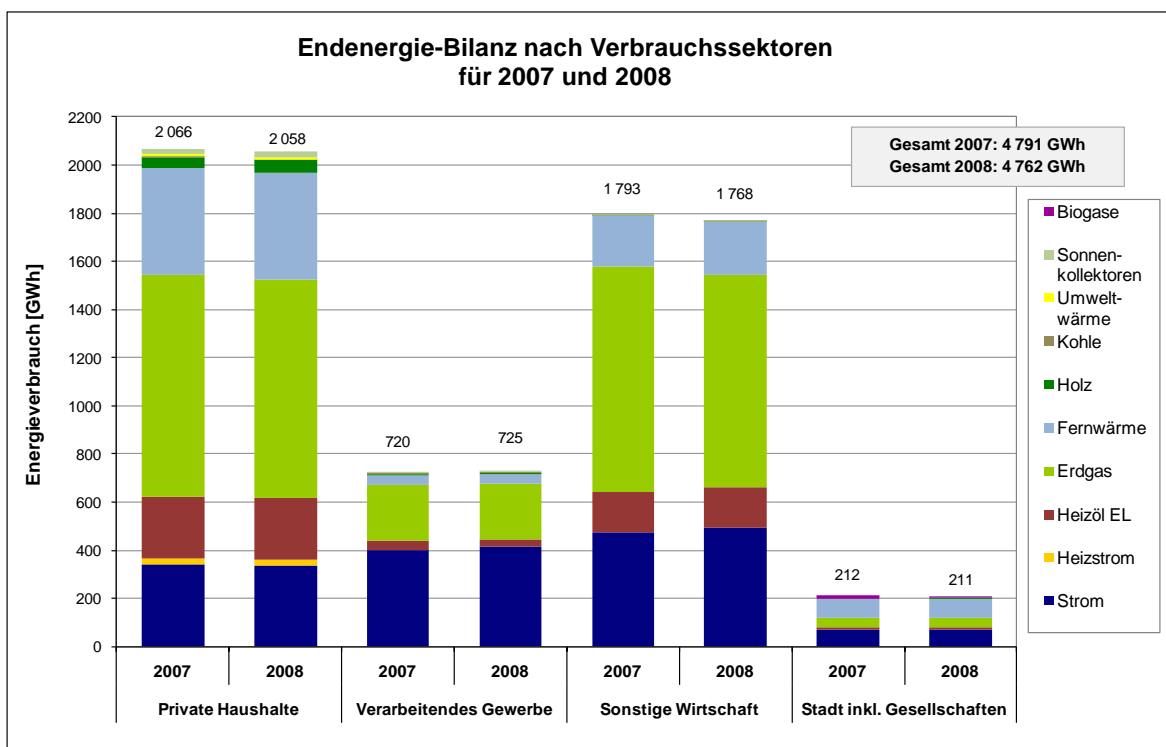


Abbildung 4.1: Endenergie-Bilanz nach Verbrauchssektoren für das Stadtgebiet Braunschweig

Die wichtigsten Energieträger in Braunschweig sind Erdgas (43%), Strom (28%), Fernwärme (16%) und Heizöl (10%). Eine Übersicht über die Anteile der verschiedenen Energieträger am Endenergieverbrauch (ohne Verkehr), gibt Abbildung 4.2.

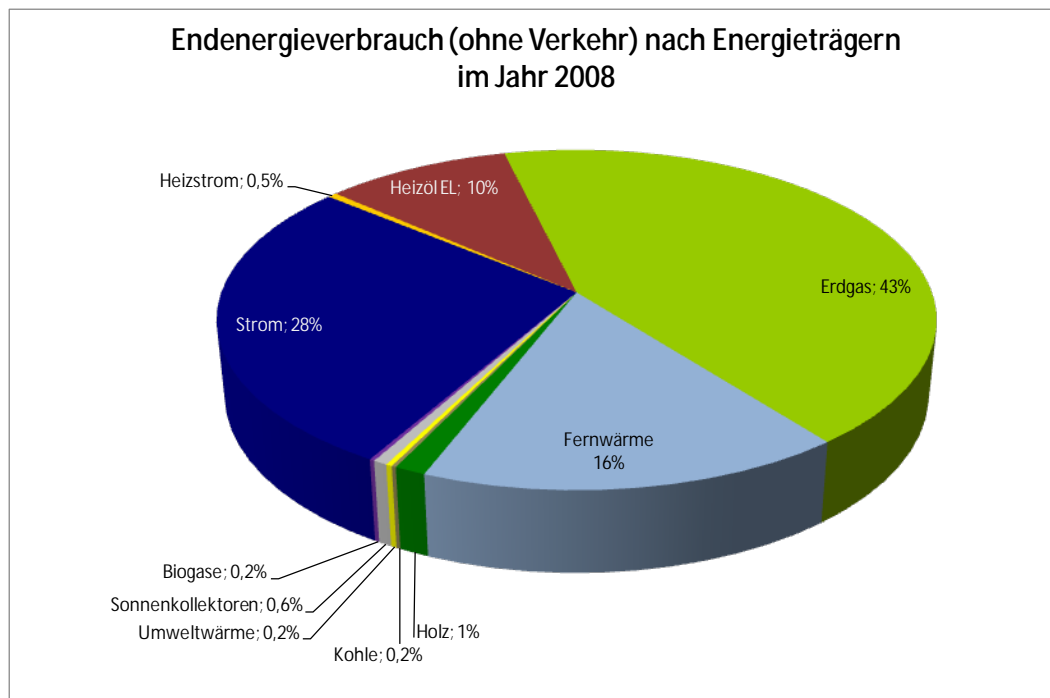


Abbildung 4.2: Anteile verschiedener Energieträger an den Treibhausgasemissionen (ohne Verkehr) im Stadtgebiet Braunschweig im Jahr 2008

Treibhausgasemissionen. Insgesamt wurden im Jahr 2008 in Braunschweig im Bereich Energie sowie Verkehr 2,686 Mio. Tonnen Treibhausgase emittiert. Nicht Beachtung findet in diesen Darstellungen der Flugverkehr, da diese Daten nur auf Basis der verursacherbasierten Startbilanz erfasst werden konnten.

Den größten Anteil an den Gesamtemissionen im Stadtgebiet Braunschweig hat mit annähernd 45% der Sektor Wirtschaft. 27% der CO₂-Äquivalentemissionen fallen auf den Sektor Private Haushalte. Mit 25% ist der Anteil des Sektors Verkehr in etwa genauso groß, allein 19% sind dem Pkw-Verkehr zuzuschreiben, weitere 5% den Fahrten von Lkws bzw. Fahrzeugen, die schwerer als 3,5t sind. Der Sektor Städtische Stellen inklusive der größten städtischen Gesellschaften hat einen Anteil von knapp 3% an den gesamtstädtischen Treibhausgasemissionen.

Den größten Anteil an den Verkehrsemissionen hat mit 77% der motorisierte Individualverkehr (MIV) durch Pkw. Die höchsten Kraftstoffverbrauchswerte und CO₂-Emissionen des MIV ergeben sich für die innerörtlichen Abschnitte des Hauptverkehrsnetzes. Der ÖPNV durch Stadtbahnen und Linienbusse sowie Schienennahverkehr (DB) trägt etwa 4% zu den Emissionen bei. Insgesamt kommen damit 81% der Treibhausgasemissionen aus dem Personenverkehr. Der Straßengüterverkehr durch Lkw und leichte Nutzfahrzeuge hat einen Anteil an den Emissionen von etwa 17%, weitere 1% entfallen jeweils auf den Schienengüterverkehr sowie auf den Güterverkehr mittels Binnenschifffahrt.

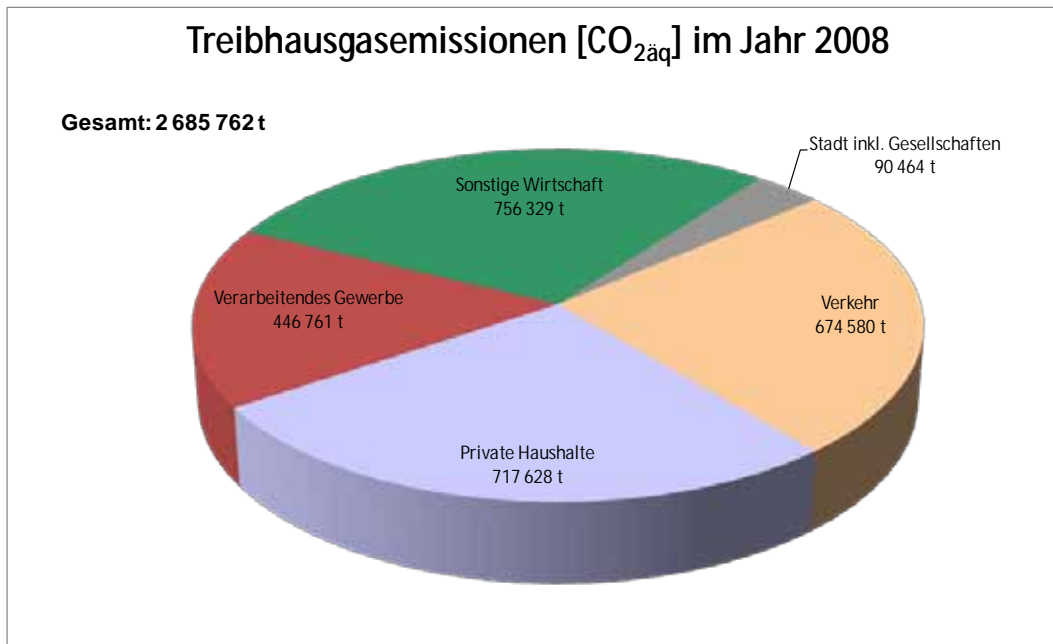


Abbildung 4.3: Treibhausgasemissionen verschiedener Verbrauchssektoren im Bereich Energie und Verkehr im Stadtgebiet Braunschweig

Die im Stadtgebiet ausgestoßenen Emissionen im Bereich Energie werden zu 59% durch Stromverbrauch (inklusive 1% Heizstrom) verursacht, zu je 7% und 26% durch die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas. Weitere 7% der Emissionen werden durch die Nutzung von Fernwärme verursacht. Andere Energieträger spielen nur eine untergeordnete Rolle.

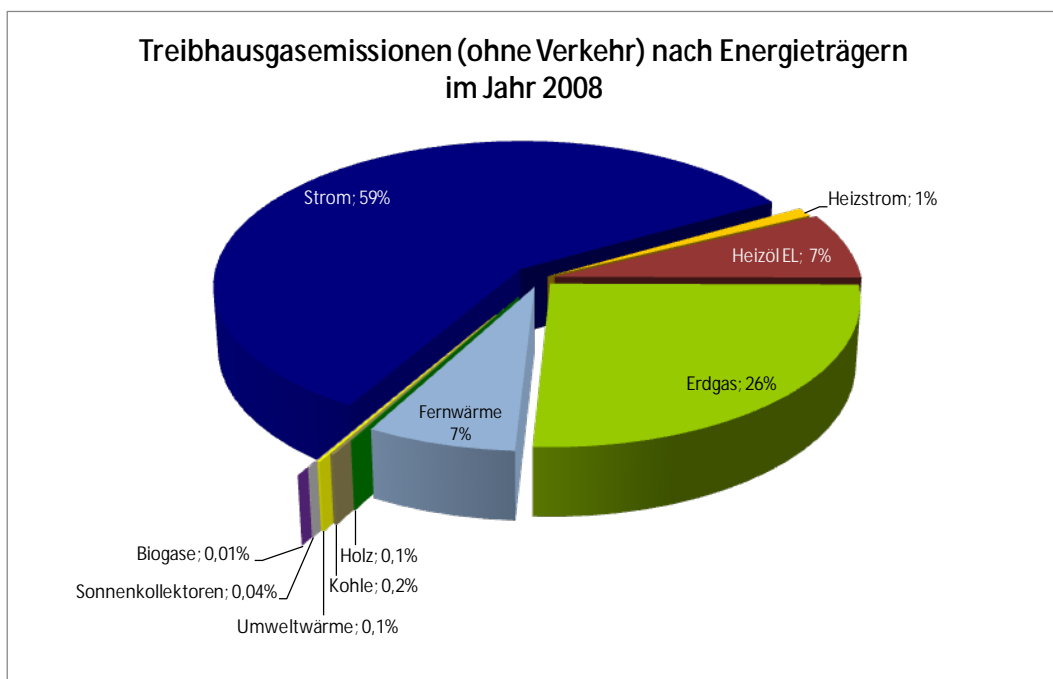


Abbildung 4.4: Anteile verschiedener Energieträger an den Treibhausgasemissionen (ohne Verkehr) im Stadtgebiet Braunschweig im Jahr 2008

5 LITERATUR

- 3N-Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.) (2009): Feuerstättenzählung Niedersachsen 2008 für holzbefeuerte Anlagen bis 1 MW
- AK ENERGIE (2007): Erstellung der Grundlagen für einen harmonisierten und fortschreibbaren Datensatz des deutschen Strommixes Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung FKZ 01 RN 0401 2., korrigierte Version vom Mai 2008 http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422_read-6598/ (26.02.2010)
- E4-CONSULT (2008): CO₂-Bilanz 2005 für die Region Hannover, Emissionen aus dem Energiebereich (Strom- und Wärmeverbrauch) <http://www.kuk-nds.de/content,530.html> (23.2.2010)
- FRITSCH, U. (2007): Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorketten.
- IFEU - INSTITUT FÜR ENERGIE UND UMWELTFORSCHUNG (2006): UmweltMobilCheck, wissenschaftlicher Grundlagenbericht, Heidelberg.
- INSTITUT WOHNEN UND UMWELT: Gradtagszahlen in Deutschland, <http://www.iwu.de/downloads/fachinfos/energiebilanzen/> (Februar 2010)
- IPCC (2007): CLIMATE CHANGE 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)], Chapter 2, Table 2.14. (S. 212f.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf> (11.03.2010)
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2008): GIS-basierte Erstellung einer CO₂-Bilanz der Quellgruppe Verkehr für die Region Hannover (Bezugsjahr 2005) <http://www.kuk-nds.de/content,533.html> (Entwurfsversion) (26.02.2010)
- HÜTTIG, G. et al. (1994): Forschungsbericht FE-Nr. L7/93 des Bundesministers für Verkehr: Kenntnisstand über die Bewertung der Schadstoffemissionen im Flughafennahbereich, Berlin.

ICAO (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION): Emissionsdatenbank,
www.caa.co.uk

MEMMLER, M. et al. (2009) Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Durch Einsatz erneuerbarer Energien vermiedene Emissionen im Jahr 2007. Hrsg.: Umweltbundesamt. Climate Change 12/2009
http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3761 (25.01.2010)

STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTS AMT HILDESHEIM (Hrsg.) (2009): Modellgestützte Abschätzung von Luftschadstoffkonzentrationen in Braunschweig. Entwurf. (noch unveröffentlicht)

STADT BRAUNSCHWEIG (2000): Umweltatlas Klima&Energie
http://www.braunschweig.de/leben/umwelt_naturschutz/umweltatlas/11/11.html
(15.03.2010)

STADT BRAUNSCHWEIG (Hrsg.) (2007): Luftreinhalte- und Aktionsplan Braunschweig.

STADT BRAUNSCHWEIG (2009): Gesellschaften und Beteiligungen der Stadt Braunschweig im Überblick. Stand: Januar 2009, Anteile in Nominalwerten
http://www.braunschweig.de/politik_verwaltung/fb_institutionen/fachbereiche_referate/ref_0200/ref_0200_berichte_organigramme.html (25.01.2010)

STADT KARLSRUHE UMWELT- UND ARBEITSSCHUTZ (2009): Klimaschutzkonzept Karlsruhe 2009. Handlungsrahmen für den kommunalen Klimaschutz.
<http://www.karlsruhe.de/rathaus/buergerdienste/umwelt/klimaschutz/klimakonzept.de> (12.03.2009)

STADT HANNOVER (2007): CO₂-Bilanz 1990/2005 Energie- und verkehrsbedingte Emissionen
http://www.hannover.de/de/umwelt_bauen/umwelt/energie_klimaschutz/klima.html

STADT HANNOVER (2008): CO₂-Emissionsfaktoren 2005 bis 2008 - Prämissen für Klimaschutz-Allianz Hannover 2020. Stand 30.10.2008
<http://www.hannover.de/klimaschutzallianz/emissionen/monitor/index.html>
(23.2.2010)

STADTWERKE BRAUNSCHWEIG GMBH (1995): Energieversorgungskonzept

STADT WOLFENBÜTTEL (2008): Emissions- und Energiebilanz. Stand 30.10.2008

- STADT WOLFSBURG (2009): CO₂-Bilanz und –Minderungskonzept der Stadt Wolfsburg
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2008): Wirtschaftsrechnungen, Einkommen- und Verbrauchsstichprobe, Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Verbrauchsgütern
- STRUSCHKA, M. et al. (2008): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung. UBA-FB 205 42 322. Texte 44/08.
<http://www.umweltbundesamt.de>
- UMWELTBUNDESAMT (HRSG.), IFEU (2007): Die CO₂-Bilanz des Bürgers, Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO₂-Bilanzen
- UMWELTBUNDESAMT (2009): Wieviel CO₂ verursacht eine Kilowattstunde Strom im deutschen Strommix? FG I 2.5., Stand: April 2009
www.umweltbundesamt.de/energie/politik.htm (12.02.2010)
- UMWELTBUNDESAMT (2010): HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1/ Januar 2010. INFRAS AG, Bern Schweiz, Hrsg; Umweltbundesamt Berlin
- WWW.UNI-PROTOKOLLE.DE (2009): Grösste Deutsche Tagung über Klimawandel und Landnutzung in Braunschweig. <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/179054/> (16.02.2010)
- ZWECKVERBAND GROSSRAUM BRAUNSCHWEIG (2008): Nahverkehrsplan 2008 für den Großraum Braunschweig