Energiebilanz
und Treibhausgasemissionen in Flensburg

Bestandsaufnahme

der Energieverbräuche und

der CO_2-Emissionen in Flensburg

in den Jahren 1990 bis 2006

Internationales Institut für Management

Universität Flensburg

Juni 2010

Projektleiter:	Prof. Dr. Olav Hohmeyer
Erstellt von:	Dipl.-Wi.-Ing. Helge Maas Dipl.-Wi.-Ing. Emöke Kovač
Unter Mitarbeit von:	Christin Herber Hannah Köster

Kurzzusammenfassung

Das vorliegende Gutachten enthält die Bestandsaufnahme der Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen im Flensburger Stadtgebiet im Zeitraum von 1990 bis 2006. Dazu wurden bei den Mitgliedsunternehmen des Klimapakt Flensburg e.V. und bei weiteren relevanten Flensburger Akteuren Verbrauchs- und Erzeugungsdaten erhoben.

Der Flensburger Endenergieverbrauch lag im Jahr 1990 bei 2.152 GWh. Bis zum Jahr 2006 war ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Mit einem Wert von 2.090 GWh entsprach dies einer Senkung des Endenergiebedarfes von 2,9 %.

Insgesamt wurden in Flensburg im Jahr 1990 1,05 Mio. t CO_{2eq} emittiert. Verrechnet auf jeden einzelnen Flensburger, entsprach dies 12,1 t CO_{2eq} pro Person und Jahr. Bis zum Jahr 2006 sanken die Emissionen um insgesamt 3,7 %. Somit lagen sie im Jahr 2006 noch knapp bei 1,01 Mio. t CO_{2eq}. Spezifisch emittierte jeder Flensburger Bürger im Jahr 2006 durchschnittlich 11,7 t CO_{2eq}. Würde der bisherige Trend bis zum Jahr 2020 linear fortgeschrieben, so ergeben sich durchschnittliche CO_2-Emissionen pro Bürger von 11,3 t CO_{2eq}. Selbst bis zum Jahr 2050 würden die Emissionen mit einem Wert von 10,5 t CO_{2eq} nur um 1,6 t CO_{2eq} pro Flensburger gesenkt.

Die aufgezeigte Entwicklung macht sehr deutlich, dass der bisherige autonome technische Fortschritt und die Verbesserungen auf Grund politischer Maßnahmen bei weitem nicht ausreichend sind, um den Energiebedarf substantiell zu senken. Ohne eine Reduzierung des Energiebedarfes wird es schwer sein, die gesetzten Ziele zur Verminderung der CO_2-Emissionen zu erreichen.

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 6
1.1 Zielsetzung 6
1.2 Vorgehensweise 6
1.3 Endenergie 7
1.4 Emissionen 8
1.5 Schlussfolgerung 8
2 Problemstellung und Zielsetzung 9
3 Vorgehensweise bei der Bestandsaufnahme 10
3.1 Systematik der Bilanzierung 11
3.1.1 Bilanzierungsraum 11
3.1.2 Bilanzierungsprinzip 11
3.1.3 Betrachtete Treibhausgase 13
3.2 Aufteilung der Sektoren 15
3.3 Erfassung des Endenergieverbrauchs 15
3.3.1 Das Konzept des Endenergieverbrauchs 15
3.3.2 Datenlage 17
3.4 Berechnung der Emissionen 19
3.5 Temperaturbereinigung 20
4 Haushaltssektor 22
4.1 Bevölkerungsentwicklung und -struktur 22
4.2 Wohnfläche und -einheiten 25
4.3 Heizenergieverbrauch 26
4.4 Stromverbrauch 27
4.5 Detaillierte Erhebung bei den Wohnungsbaugenossenschaften 28
4.6 Endenergieverbrauch 32
4.7 Emissionen 32
5 Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor 34

5.1 Bruttowertschöpfung 34
5.2 Wärmeverbrauch 35
5.3 Stromverbrauch 36
5.4 Detaillierte Erhebung im GHD-Sektor 37
5.4.1 Kommunale Liegenschaften 37
5.4.2 Liegenschaften vom Land und Bund 38
5.4.3 Technisches Betriebszentrum Flensburg 39
Stromverbrauch 39
Wärmeverbrauch 39
5.4.4 Kläranlage 39
5.4.5 Krankenhäuser 40
5.4.6 Kleinverbraucher 40
5.5 Endenergieverbrauch 41
5.6 Emissionen 41
6 Industriesektor 42
6.1 Allgemeine Informationen 42
6.2 Methodik der Datenerhebung 43
6.3 Bruttowertschöpfung 44
6.4 Wärmeverbrauch 45
6.5 Stromverbrauch 46
6.6 Zusammensetzung des Endenergieverbrauches im Jahr 2006 47
6.7 Emissionen 47
7 Verkehrssektor 49
7.1 Motorisierter Individualverkehr 49
7.1.1 Abgrenzung der einbezogenen Fahrzeugklassen 49
7.1.2 Berechnung des Endenergieverbrauchs 50
7.1.3 Berechnung der Treibhausgasemissionen 52
7.2 Öffentlicher Personenverkehr 52
7.2.1 Überregionale Angebote 52
7.2.2 Regionale Angebote 53

7.2.3 Lokale Angebote 55
7.3 Güterverkehr 55
7.3.1 Abgrenzung der einbezogenen Verkehrsträger 56
7.3.2 Straßen- und Schienengüterverkehr 57
7.4 Kommunalfahrzeuge 58
8 Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung 59
9 Gesamtentwicklung 60
9.1 Endenergieverbrauch 60
9.2 Emissionen 61
9.3 Schlussfolgerung 61
10 Literaturverzeichnis 62

1 Zusammenfassung

1.1 Zielsetzung

Im Dezember 2008 wurde in Flensburg aus einem Zusammenschluss lokaler Unternehmen und Institutionen der gemeinnützige und rechtsfähige Verein Klimapakt Flensburg e.V. gegründet. Die Mitglieder des Vereins haben sich dem Umwelt- und im speziellen dem Klimaschutz in der Stadt Flensburg verpflichtet. Das selbstgesetzte Ziel ist es, die klimarelevanten Treibhausgase bis zum Jahr 2020 um 30 % zu reduzieren und bis zum Jahr 2050 CO_2-Neutralität zu erreichen.

Einer der ersten Schritte des Vereins war es, die Universität Flensburg mit der Erstellung eines Gutachtens über den Energieverbrauch und die Emissionen in Flensburg zu beauftragen. Dieses Gutachten ist in zwei Teile gegliedert. Der erste enthält die Bestandsaufnahme der Endenergieverbräuche und der klimarelevanten Treibhausgasemissionen im Flensburger Stadtgebiet im Zeitraum von 1990 bis 2006. Der zweite Teil des Gutachtens besteht in der Fortschreibung der Entwicklung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 ohne weitere Anstrengungen bezüglich des Klimaschutzes. Das vorliegende Dokument beschreibt den Status Quo.

1.2 Vorgehensweise

Der erste Schritt zur Ermittlung der in Flensburg emittierten klimarelevanten Treibhausgase war die Erstellung einer Energiebilanz. Dazu wurden bei den Mitgliedsunternehmen des Klimapakt Flensburg e.V. und bei weiteren relevanten Flensburger Akteuren Verbrauchs- und Erzeugungsdaten für den Zeitraum von 1990 bis 2006 erhoben. Das Jahr 1990 gilt aufgrund der Zielfestlegungen des Kyoto-Protokolls, das 1990 als Basisjahr verwendet, national und international als Basisjahr für die gesetzten prozentualen Reduzierungsziele für Treibhausgasemissionen. Zur Ermittlung des aktuellen Stands der Emissionen wurde das Jahr 2006 gewählt. Auf die Wahl eines aktuelleren Jahres wurde aus Gründen der Datenverfügbarkeit verzichtet.

Für die Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurde als Bilanzierungsraum Flensburg innerhalb der Stadtgrenzen gewählt. Dies umfasst 13 Stadtteile mit einer Einwohnerzahl von 86.630 Personen (Stand 2006). Die betrachtete Fläche umfasst 5.674 ha mit insgesamt 47.681 Wohneinheiten (Stand 2006).

In der Bilanz werden energiebedingte Emissionen erfasst, die von Flensburgern oder Flensburger Unternehmen induziert werden. Bei den ermittelten Emissionen handelt es sich stets um CO_2-äquivalente Emissionen (CO_{2eq}). Somit werden neben dem Ausstoß von Kohlendioxid auch sonstige klimarelevante Treibhausgasemissionen, wie z.B. Methan, mit erfasst.

1.3 Endenergie

Innerhalb der Bestandsaufnahme wird der Energieverbrauch in Form des Endenergieverbrauches ausgewiesen. Das ist derjenige Anteil der Primärenergie, der dem Verbraucher zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht, z. B. Strom nach Durchleitung oder Dieselkraftstoff an der Tankstelle.

Die Ermittlung des Endenergiebedarfs erfolgt sektorspezifisch und wird weiter differenziert in Wärme-, Strom- und Kraftstoffbedarf. Es werden die Sektoren Haushalt, Industrie, Verkehr und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) unterschieden.

Im Haushaltssektor stieg der Endenergiebedarf vom Jahr 1990 bis zum Jahr 2001 auf seinen höchsten Wert von 699 GWh. Seitdem war ein leichter Rückgang im Energieverbrauch zu verzeichnen. Im Jahr 2006 waren 77 % des gesamten Endenergiebedarfs im Haushaltssektor auf den Wärmebedarf zurückzuführen. Im Jahr 1990 lag der durchschnittliche spezifische Heizwärmebedarf bei 172 kWh/m²a. Er sank bis zum Jahr 2006 auf 150 kWh/m²a. Der spezifische Heizwärmebedarf des gesamten Wohnungsbestandes in Flensburg lag damit ca. 25 kWh/m²a über dem durchschnittlichen Heizwärmeverbrauch der Objekte der Wohnungsbaugenossenschaften, die Mitglied im Klimapakt Flensburg e.V. sind. Die verbleibenden 23 % des Endenergiebedarfs im Haushaltssektor waren dem Stromverbrauch zuzurechnen. Im Mittel verbrauchte im Jahr 2006 jeder Flensburger 1.800 kWh Strom pro Jahr.

Der Endenergiebedarf im Flensburger Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektors lag im Jahr 2006 bei 388 GWh und ist im Vergleich zum Jahr 1990 um 4 % gestiegen. Ähnlich dem Haushaltssektor hat der Heizwärmebedarf daran den größten Anteil. Er betrug zwei Drittel des Endenergiebedarfs dieses Sektors.

Im Flensburger Industriesektor wurde eine detaillierte Datenerhebung durchgeführt und über 80 % des Endenergieverbrauchs konnten firmengenau zugeordnet werden. Der Verbrauch lag im Jahr 2006 bei 345 GWh. Im Vergleich zum Jahr 1990 entspricht dies einer Abnahme um 32 %. Die starke Senkung des Verbrauches ist überwiegend auf die Abwanderung bzw. Teilverlegung von Unternehmen zurückzuführen.

Im Verkehrssektor stieg der Endenergieverbrauch von 596 GWh im Jahr 1990 um knapp 13 % auf 671 GWh im Jahr 2006. Diese Entwicklung ist auf eine starke Zunahme der angemeldeten PKW im Stadtgebiet zurückzuführen. Der Fahrzeugbesatz stieg im Betrachtungszeitraum von 406 auf 607 PKW pro 1.000 Einwohner. Diese Entwicklung konnte durch die Abnahme des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs nicht kompensiert werden.

Der Endenergieverbrauch aller Sektoren lag im Jahr 1990 bei 2.152 GWh. Bis zum Jahr 2006 war nur ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Mit einem Wert von 2.090 GWh entspricht dies einer Senkung des Endenergiebedarfes von 2,9 %. Hiermit liegt Flensburg nah am Bundestrend. Im gleichen Zeitraum (1990 bis 2006) ist der Endenergieverbrauch in Deutschland um 3,4 % gesunken.

1.4 Emissionen

Ausgehend von der Flensburger Endenergiebilanz wurden die Treibhausgasemissionen in Flensburg ermittelt. Dazu musste jedem Energieträger in der Endenergiebilanz ein direkter und indirekter Emissionsfaktor zugeordnet werden, der die bei seiner Bereitstellung und Nutzung entstehenden Emissionen in CO_{2eq} je Einheit abbildet.

Insgesamt wurden in Flensburg im Jahr 1990 1,05 Mio. Tonnen CO_{2eq} emittiert. Verrechnet auf jeden einzelnen Flensburger, entsprach dies über 12,1 t CO_{2eq} pro Person und Jahr. Bis zum Jahr 2006 sanken die Emissionen nur leicht um insgesamt 3,7 %. Somit lagen sie im Jahr 2006 bei 1,01 Mio. t CO_{2eq}. Spezifisch emittierte jeder Flensburger Bürger im Jahr 2006 durchschnittlich 11,7 t CO_{2eq}. Würde der bisherige Trend bis zum Jahr 2020 linear fortgeschrieben, so ergeben sich durchschnittliche CO_2 Emissionen pro Bürger von 11,3 t CO_{2eq}. Selbst bis zum Jahr 2050 würden die Emissionen mit einem Wert von 10,5 t CO_{2eq} nur um 1,6 t CO_{2eq} pro Flensburger gesenkt.

1.5 Schlussfolgerung

Die aufgezeigte Entwicklung macht sehr deutlich, dass der bisherige autonome technische Fortschritt und die Verbesserungen aufgrund bereits beschlossener politischer Maßnahmen bei weitem nicht ausreichend sind, um den Energiebedarf zu senken. Ohne eine Reduzierung des Energiebedarfes wird es schwer sein, die gesetzten Ziele zur Verminderung der CO_{2eq}-Emissionen zu erreichen.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Spätestens seit Veröffentlichung des vierten Sachstandberichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) im Jahr 2007 steht außer Zweifel, dass der Mensch in erheblichem Maße zur Veränderung des Weltklimas beiträgt. Der Bericht zeigt auch, dass ohne eine drastische Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 katastrophale Folgen der vom Menschen verursachten Klimaveränderung drohen. Es wird davon ausgegangen, dass eine Reduktion der Emissionen in den Industrieländern um 80 % gegenüber dem Stand von 1990 erforderlich sein wird, um die schwerwiegenden Folgen, wie den dramatischen Anstieg der Meeresspiegel, zu vermeiden.

Aus der heutigen wissenschaftlichen Kenntnis der Problemlage wird klar, dass möglichst rasches und zielgerichtetes Handeln erforderlich ist. Entsprechend können wir zur Zeit feststellen, dass auf der gesamtstaatlichen und überstaatlichen Ebene die Klimapolitik mit dem Ziel einer Halbierung der globalen Emissionen bis zum Jahr 2050 und einer Reduktion der Emissionen der Industrieländer um 80 % voran getrieben wird. Die Bundesregierung hat sich öffentlich dem 80 %-Ziel verpflichtet und bei den G8 erfolgreich darauf gedrungen, dass dieses Ziel von den großen Industrieländern der Welt unterstützt wird.

Auch wenn nationale und internationale Politiken wichtige Eckpfeiler für die notwendige Entwicklung sind, so bedarf es doch der Verankerung und politischen Umsetzung dieser Ziele auf der kommunalen Ebene. Nur hier sind alle wichtigen Akteure direkt ansprechbar. Nur auf der kommunalen Ebene lassen sich die notwendigen Aktivitäten in allen Teilbereichen erfolgreich koordinieren und zu einem widerspruchsfreien Gesamtkonzept zusammenfügen.

Vor diesem Hintergrund hat es sich der Klimapakt Flensburg e.V. zur Aufgabe gesetzt, die Emissionen klimarelevanter Treibhausgase in Flensburg kontinuierlich zu senken und bis zum Jahr 2050 CO_2-Neutralität zu erreichen. Die Kenntnis des Ausgangspunkts ist unabdingbar für die Entwicklung zielführender Klimaschutzmaßnahmen. Die detaillierte Betrachtung des **Status Quo** ist daher eine essentielle Voraussetzung für die Entwicklung qualifizierter und koordinierter Handlungsempfehlungen und Konzepte.

Das vorliegende Gutachten (Teil A) widmet sich der Bestandsaufnahme **der Energieverbräuche und der Treibhausgasemissionen in Flensburg**. Darauf aufbauend erfolgt eine Trendfortschreibung bis zum Jahr 2050 (Teil B), um zu zeigen, wie sich der Ausstoß der klimarelevanten Treibhausgasemissionen **ohne weitere Anstrengungen** bezüglich des Klimaschutzes entwickeln würde. Dieses Szenario wird als „Szenario ohne Klimapakt“ oder Business-As-Usual-Szenario (BAU) bezeichnet. Es dient als Referenz für das integrierte Klimaschutzkonzept der Stadt Flensburg.

3 Vorgehensweise bei der Bestandsaufnahme

Der erste Schritt zur Ermittlung der in Flensburg emittierten klimarelevanten Treibhausgase ist die Erstellung einer Energiebilanz (s. Abschnitt 3.1.3 zur Bedeutung der energiebedingten Emissionen). Dazu wurden bei den Mitgliedsunternehmen des Klimapakt Flensburg e.V. und bei weiteren relevanten Flensburger Akteuren Verbrauchs- und Erzeugungsdaten erhoben. Zum März 2010 umfasste der im November 2008 gegründete Verein die folgenden Mitglieder:

1. Aktiv Bus Flensburg GmbH (Aktiv Bus)
2. Allgemeine Flensburger Autobusgesellschaft mbH & Co.KG (AFAG)
3. Ev.-Luth. Diakonissenanstalt zu Flensburg
4. Fachhochschule Flensburg
5. Flensburger Arbeiter-Bauverein e.G.
6. GEWOBA Nord Baugenossenschaft e.G.
7. Industrie- und Handelskammer zu Flensburg (stellvertretend für Handel und Industrie)
8. Kreishandwerkerschaft Flensburg (stellvertretend für das Handwerk)
9. Malteser St. Franziskus gGmbH
10. Nord-Ostsee Sparkasse
11. Stadt Flensburg
12. Stadtwerke Flensburg GmbH
13. Selbsthilfe-Bauverein e.G. Flensburg
14. Technisches Betriebszentrum Flensburg
15. Universität Flensburg
16. Flensburger Fahrzeugbau Gesellschaft mbH (FFG)

Erhoben wurden die Daten für den Zeitraum von 1990 bis 2006. Das Jahr 1990 gilt national und international als Vergleichsjahr für die gesetzten prozentualen Reduzierungsziele für die Emissionen. So bezieht sich auch das in der Satzung des Klimapakt Flensburg e.V. festgehaltene Minderungsziel von 30 % bis zum Jahr 2020 auf den Ausgangswert aus dem Jahr 1990.

Zur Ermittlung des aktuellen Stands der Emissionen wurde als Basisjahr das Jahr 2006 gewählt. Auf die Wahl eines aktuelleren Jahres wurde aus Gründen der Datenverfügbarkeit verzichtet.

3.1 Systematik der Bilanzierung

3.1.1 Bilanzierungsraum

Für die Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurde als Bilanzierungsraum Flensburg innerhalb der Stadtgrenzen gewählt. Dies umfasst 13 Stadtteile mit einer Einwohnerzahl von 86.630 Personen (Stand 2006). Die Abgrenzung ist in Abbildung 1 durch eine grüne Linie dargestellt. Die betrachtete Fläche umfasst 5.674 ha. Rot hinterlegt sind die Wohngebiete mit insgesamt 47.681 Wohneinheiten (Stand 2006).

In Kooperation mit der Stadt Flensburg erschlossene Gewerbegebiete umliegender Gemeinden außerhalb der Flensburger Stadtgrenze werden nicht in die Betrachtung einbezogen.

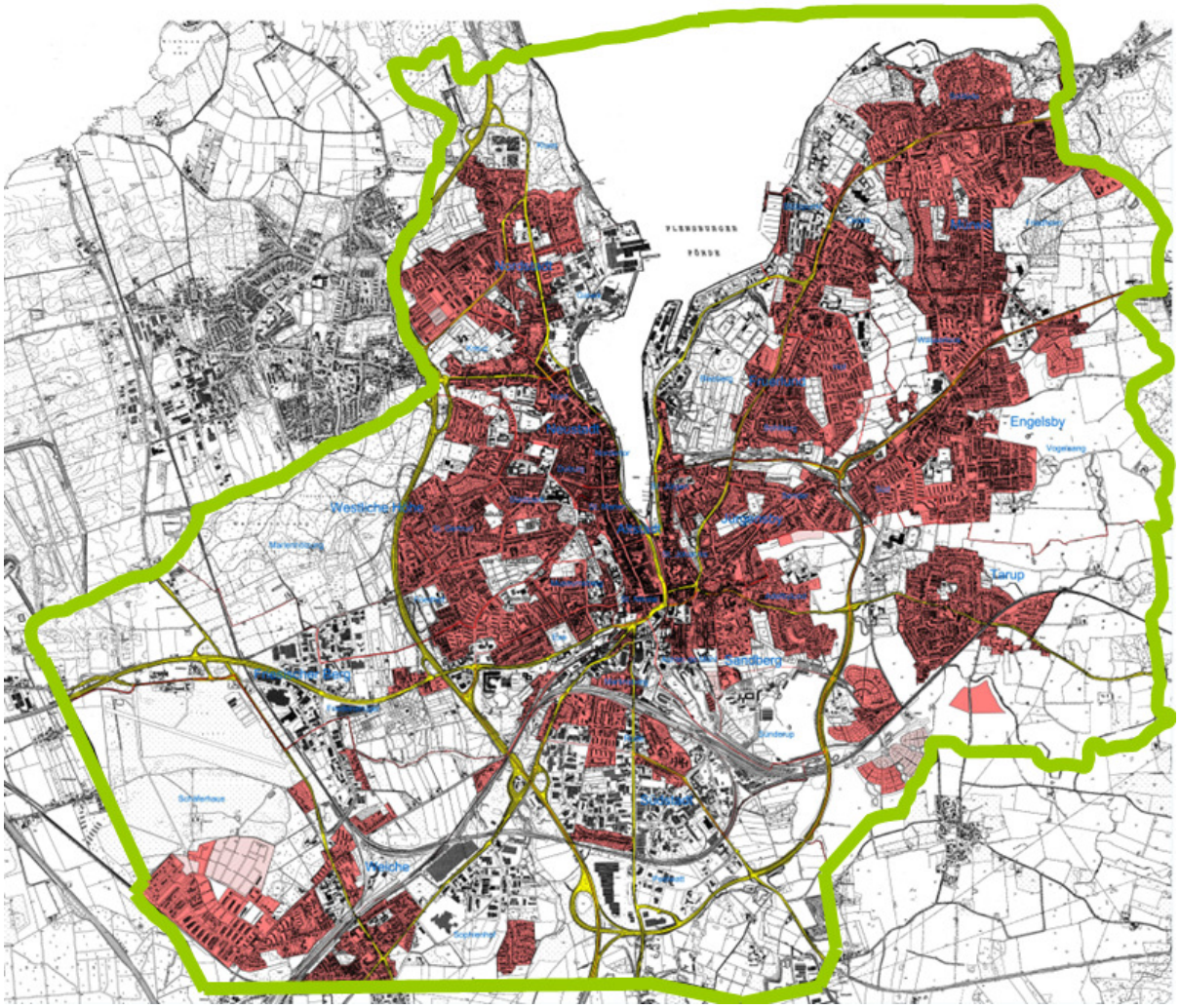

Abbildung 1 - Bilanzierungsraum für die Datenerhebung

3.1.2 Bilanzierungsprinzip

Wie bei jeder Festlegung von Systemgrenzen gilt auch für die Erstellung kommunaler Treibhausgasbilanzen, „dass es keine objektive und einzig richtige Methode [für die

Bilanzierung] gibt“ [Fischer/Kallen 1997, S. 90]. Für die Zuordnung klimarelevanter Emissionen zu einem Stadtgebiet sind verschiedene Prinzipien denkbar:

- **Territorialprinzip**: In die Bilanz gehen nur diejenigen Emissionen ein, die im jeweiligen Gebiet direkt freigesetzt werden. Dieses Prinzip findet für viele Schadstoffe Anwendung. Es ist jedoch für die Betrachtung von Treibhausgasemissionen in einem Stadtgebiet nicht sinnvoll, da diese global wirksam sind und lokale Konzentrationen für Umwelt und Gesundheit nicht relevant sind. Bei der Verwendung dieses Prinzips in kommunalen Treibhausgasbilanzen würde die anteilige Verantwortlichkeit für den Klimawandel z. B. in Gemeinden ohne eigene Stromerzeugung systematisch unterbewertet, während industrielle Ballungsräume einen überproportionalen Anteil zugeordnet bekämen [vgl. Fischer/Kallen 1997, S. 93].

- **Inländerprinzip**: Da jeder Produktionsprozess auf die Nachfrage von Konsumenten zurückgeführt werden kann, könnten theoretisch jedem Konsumenten innerhalb eines Stadtgebiets die entsprechenden in der Produktion freigesetzten Treibhausgase zugeordnet werden. Damit würde die Verantwortlichkeit der Stadtbewohner für den anthropogenen Klimawandel anteilig abgebildet.

- **Inlandsprinzip**: Dem betrachteten Gebiet werden diejenigen Emissionen angelastet, die durch **dortige** Aktivitäten induziert werden, unabhängig davon, wo die **Emissionen** entstehen. Zum Beispiel werden einer Gemeinde, die ohne eigene Stromerzeugung Aluminium produziert, über einen entsprechenden Emissionsfaktor für Strom die durch ihre Produktion induzierten Emissionen in einem Kraftwerk außerhalb der Bilanzgrenze zugeordnet (s. Abschnitt 3.4). Nach diesem Prinzip werden die Emissionen für die Herstellung aller Güter mit in die Bilanz einbezogen, die innerhalb der Stadtgrenzen hergestellt werden. Im Gegensatz zum Inländerprinzip erfolgt diese Einbeziehung unabhängig davon, ob sie durch die eigenen Bürger nachgefragt oder aber exportiert werden.

Bei der Entscheidung für ein Bilanzierungsprinzip im vorliegenden Gutachten wurden die folgenden Überlegungen angestellt:

Das **Inländerprinzip** entspricht dem Ansatz des Klimapakt Flensburg e.V., sich der lokalen Verantwortung für den anthropogenen Klimawandel zu stellen. Um es anwenden zu können, ist eine genaue Kenntnis der nachgefragten Produkte im Bilanzierungsraum und der zugrundeliegenden Prozessketten notwendig.

Mit dem Computermodell GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) wird seit 1989 eine Datenbank zur ganzheitlichen Bilanzierung von Umwelt- und Kostenaspekten im Energie-, Stoff- und Verkehrssektor betrieben und kontinuierlich weiterentwickelt [vgl. z.B. Fritsche/Schmidt 2007, S. 1 ff.]. Damit liegen die nötigen Informationen über zugrundeliegende **Prozessketten** vor, die in entsprechenden Emissionsfaktoren je produzierter Einheit dargestellt werden können.

Bei der Datenverfügbarkeit für **nachgefragte Produkte im Bilanzierungsraum** muss zwischen Energieträgern und sonstigen Konsumgütern unterschieden werden. Für Strom und Fernwärme liegen trennscharfe und jeweils aktuelle Verbrauchsmengen für den Bilanzraum vor. Auch die verbrauchte Kraftstoffmenge kann über die Zahl der gemeldeten Fahrzeuge im Bilanzraum hinreichend genau geschätzt und gemäß dem Inländerprinzip auf die Stadtbewohner bezogen werden. Für **sonstige Konsumgüter** liegt jedoch keine Disaggregation der Verbrauchsstatistik auf kommunaler Ebene vor, während ein bundesweiter Durchschnittswert [vgl. Mayer/Flachmann 2009, S. 1112 ff.] dem Anspruch einer Stadtgebiets-Bilanz nicht gerecht würde. Eine eigene Erhebung für Flensburg ist mit vertretbarem Aufwand nicht umsetzbar.

Entsprechend dieser Überlegungen wird im vorliegenden Gutachten das **Inländerprinzip für alle Energieträger** angewandt. Grundlage der Bilanzierung ist damit die Energienachfrage aller in Flensburg gemeldeten Personen und Unternehmen. Der Energienachfrage werden alle Emissionen zugeordnet, die bei der Bereitstellung und Nutzung von Kraftstoffen, Wärme und Strom aus verschiedenen Energiequellen entstehen. Die hierfür verwendeten Emissionsfaktoren werden in Abschnitt 3.4 vorgestellt.

Alle sonstigen im Bilanzierungsraum nachgefragten Konsumgüter fließen nicht mit in die Emissionsbilanz ein. Stattdessen wird über die Einbeziehung aller nachgefragten Energieträger in die Treibhausgasbilanz der Energiebedarf für die Herstellung aller Produkte in Flensburg mit in die Bilanz einbezogen, unabhängig davon, ob sie durch Flensburger Bürger nachgefragt oder aber exportiert werden. Eine Berücksichtigung der nachgefragten Konsumgüter bei gleichzeitiger Zählung aller eingesetzten Energieträger hätte somit eine systematisch nicht gerechtfertigte Doppelbelastung Flensburgs zur Folge. Damit wird für alle **sonstigen** im Bilanzierungsraum nachgefragten **Konsumgüter** das **Inlandsprinzip** angewandt.

3.1.3 Betrachtete Treibhausgase

Der anthropogene Klimawandel ist auf verschiedene klimarelevante Treibhausgase zurückzuführen. Das bekannteste ist das Kohlendioxid (CO_2), welches v. a. bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt wird. Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), Schwefelhexafluorid (SF_6) sowie teil- und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFC /PFC) tragen ebenfalls zum Klimawandel bei. Deren Treibhauspotential wird relativ zur mittleren Erwärmungswirkung von CO_2 als CO_2-Äquivalente (CO_{2eq}) angegeben, um die Klimaschädlichkeit der Gase vergleichbar zu machen. Der Beitrag der einzelnen Gase zum Klimawandel variiert mit den regional und strukturell unterschiedlichen Gegebenheiten. Im Jahr 2008 waren 87 % der in Deutschland verursachten Treibhauswirkung auf den Ausstoß von CO_2 zurückzuführen [UBA 2010]. Damit ist Kohlendioxid das wichtigste Treibhausgas in Deutschland, gefolgt von Lachgas mit 5,6 % und Methan mit 4,5 % der Treibhauswirkung.

Auch der Anteil der Quellkategorien an den Treibhausgasemissionen differiert zwischen unterschiedlichen Regionen und Ländern. Für Deutschland galt im Jahr 2008, dass knapp 81 % der klimawirksamen Emissionen der Energienutzung und ihren Vorketten zuzuordnen waren, wie in Abbildung 2 dargestellt [UBA 2010]. Weitere 11 % der Treibhausgase wurden durch nicht-energetische Nutzung in Industrieprozessen verursacht (Eisen- und Stahlproduktion, Herstellung von mineralischen Produkten wie Zement, chemische Industrie), die in Flensburg derzeit keine Rolle spielen. Der landwirtschaftliche Sektor zeichnet bundesweit für ca. 7 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich: bei der Düngung und Bewirtschaftung von Äckern werden N_2O und CH_4 freigesetzt, bei der Viehzucht CH_4 [vgl. UBA 2009, S. 358; UBA 2010]. Im Flensburger Stadtgebiet spielt der Landwirtschaftssektor im Vergleich zum Bundesdurchschnitt eine untergeordnete Rolle. Reine Viehhaltungsbetriebe mit hoher CH_4-Intensität gibt es in Flensburg nicht, und die bewirtschaftete Fläche im Stadtgebiet beläuft sich auf 529 ha [Statistikamt Nord 2005, S. 18/19]. Damit liegt sie mit einem Anteil von 9 % deutlich unter dem Bundesschnitt von ca. 47 % [BMELV 2010, S. 3].

Der Anteil energiebedingter Emissionen an allen Treibhausgasemissionen ist in Flensburg also deutlich höher als im Bundesdurchschnitt. Daher ist die Erstellung der Energiebilanz der wichtigste Schritt zur Erfassung des Status Quo der Treibhausgasemissionen in Flensburg. Bei der Fortschreibung der Bilanz muss beachtet werden, ob sich die Unternehmensstruktur dahingehend ändert, dass nichtenergetische Emissionen größere Bedeutung erlangen und somit in der Bilanz berücksichtigt werden müssten.

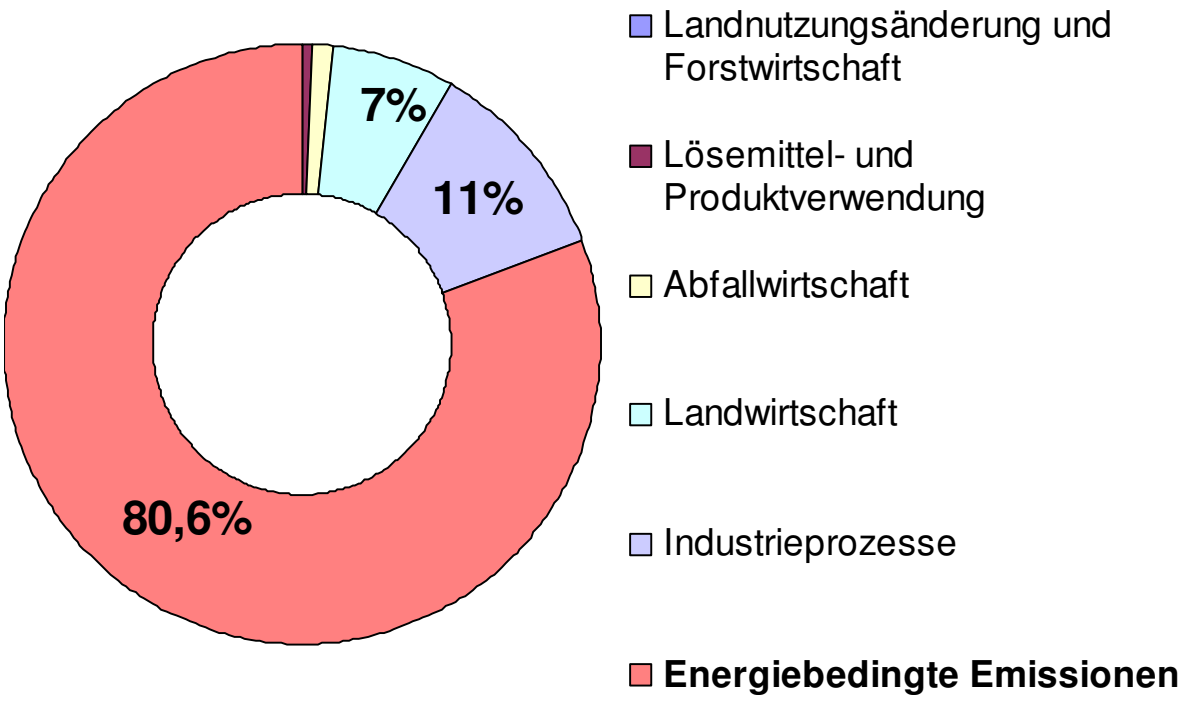

Abbildung 2 – Anteil der Quellkategorien an den Treibhausgasemissionen in Deutschland 2008 berechnet in CO_2-Äquivalenten, ohne Einbeziehung der CO_2-Senken [eigene Darstellung nach UBA 2010]

3.2 Aufteilung der Sektoren

Der Energieverbrauch – und damit die Treibhausgasemissionen – Flensburgs können den folgenden vier Sektoren zugeordnet werden, die der Aufteilung der AG Energiebilanzen entspricht [AG Energiebilanzen 2009]:

- **Haushalte:** Dem Haushaltssektor werden alle Energieverbräuche privater Natur zugeordnet. Eine Ausnahme bildet der Kraftstoffverbrauch privater Fahrzeuge, der dem Verkehrssektor zugerechnet wird. In Flensburg sind 98% der Haushalte an das Fernwärmenetz angeschlossen, so dass Brennstoffe für die Wärmeerzeugung vor Ort eine untergeordnete Rolle spielen.

- **Industrie:** Der Industriesektor beinhaltet nach Definition des Statistischen Bundesamts die Unternehmenszweige Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden sowie das verarbeitende Gewerbe mit mehr als 20 Mitarbeitern. Innerhalb Schleswig-Holsteins wird z. T. von dieser Beschäftigungsgrenze als Zuordnungskriterium abgewichen. Für Flensburg wurde daher eine eigene Zuordnung vorgenommen (s. Abschnitt 6.1)

- **Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD):** Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ist äußerst heterogen und umfasst alle Bereiche, die nicht durch den Haushalts-, Verkehrs- und Industriesektor abgedeckt sind. So beinhaltet er die öffentlichen Gebäude, den Handel, das Handwerk, den Einzel- und Großhandel, die Landwirtschaft, den Bereich der Dienstleistungen und des Gewerbes. Im Flensburger Stadtgebiet gibt es keine landwirtschaftlichen Betriebe, weshalb dieser Bereich nicht in die Betrachtung einbezogen wird.

- **Verkehr:** Der Verkehrssektor umfasst den motorisierten Individualverkehr (MIV), den öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) sowie den Gütertransport. Der hier betrachtete ÖPV unterteilt sich in lokale (ÖPNV) und regionale Angebote, überregionale Angebote wurden im vorliegenden Gutachten nicht einbezogen. Der Energiebedarf dieses Sektors wird daher im Wesentlichen durch direkten Kraftstoffeinsatz gedeckt, da der Anteil des Bahnstroms gering ist. Es erfolgt keine Aufteilung in privaten und gewerblichen Verkehr.

3.3 Erfassung des Endenergieverbrauchs

3.3.1 Das Konzept des Endenergieverbrauchs

Im vorliegenden Gutachten wird der allgemein gebräuchliche Begriff „Energieverbrauch“ für den Vorgang der Entwertung von Energie durch die Abnahme von Exergie (= nutzbarer Energie) verwendet.

Es wird zwischen Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie unterschieden. Primärenergie bezieht sich auf den Heizwert der eingesetzten Energieträger, wie sie in der Natur vorkommen, z. B. Kohle oder Erdöl. Zur Bereitstellung von Sekundärenergieträgern wurde bereits eine Umwandlung vollzogen, z. B. Strom ab Generator. Als Endenergie wird derjenige Anteil der Primärenergie bezeichnet, der dem Verbraucher zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht, z. B. Strom nach Durchleitung oder Dieselkraftstoff an der Tankstelle. Die Nutzenergie ist diejenige Energie, die der Energieabnehmer für seine Aufgabe benötigt. Dies ist z.B. mechanische Energie, Wärme oder Licht. Das Verhältnis zwischen den Größen wird durch Wirkungsgrade, Umwandlungs- und Übertragungsverluste bestimmt.

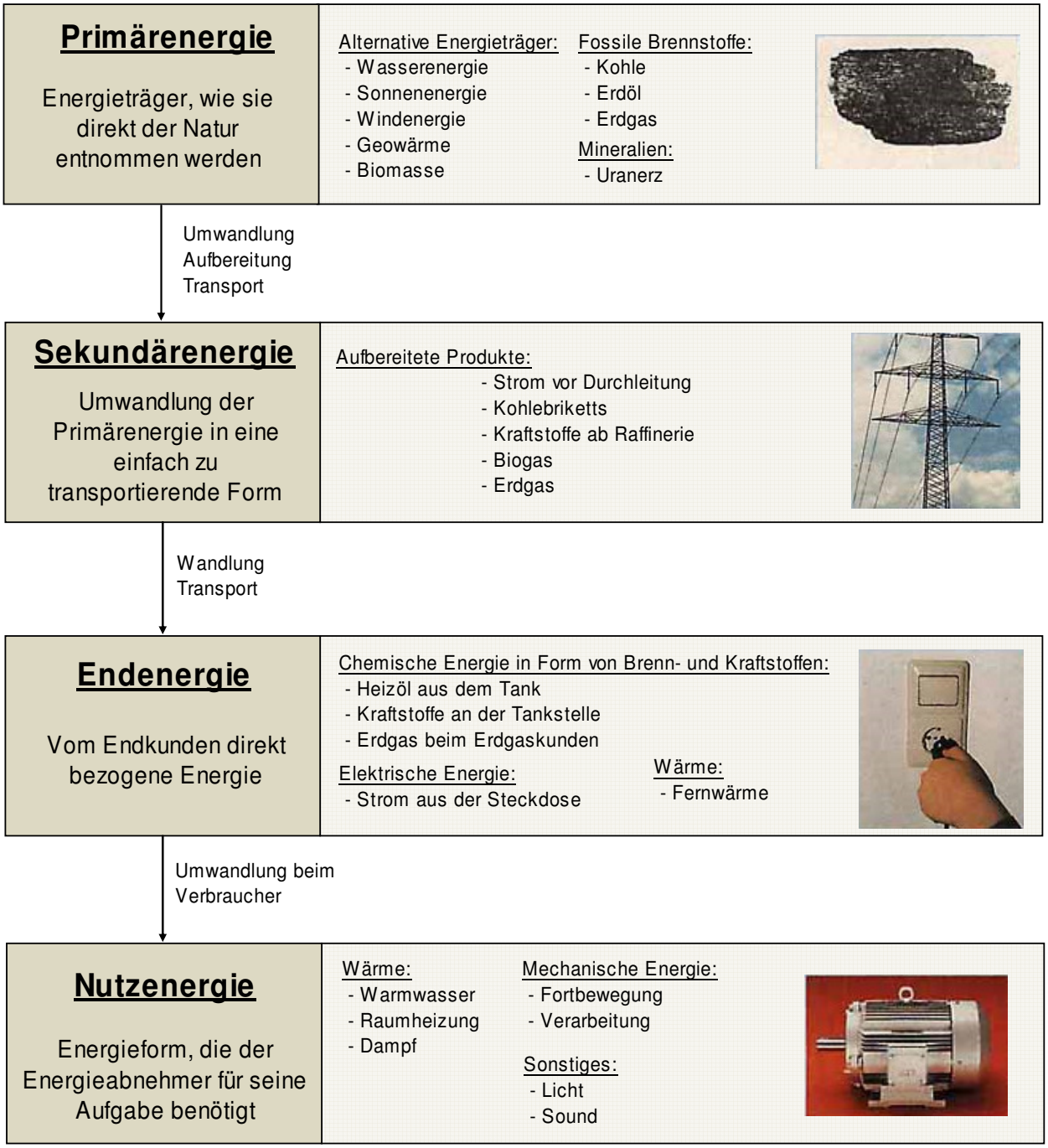

Abbildung 3 – Energiearten in der Energieversorgung [Bilder: Leuschner o.J.]

Mit Ausnahme von Biomasse kann den erneuerbaren Energieträgern kein Heizwert zugeordnet werden, so dass das Konzept des Primärenergieverbrauchs hierbei nachrangig ist [vgl. AG Energiebilanzen 2008, S. 9]. Erneuerbare Energien werden im Klimaschutzkonzept eine entscheidende Rolle für die in Flensburg angestrebte CO_2-Neutralität bis zum Jahr 2050 spielen. Zur Bestimmung der hierfür benötigten installierten Leistung muss der Endenergieverbrauch bekannt sein. Daher wird im vorliegenden Gutachten eine **Endenergiebilanz** für die Energieträger Strom, Wärme und Kraftstoffe erstellt.

Der zugrundeliegende Primärenergieverbrauch wird in der **Treibhausgasbilanz** über die Emissionsfaktoren berücksichtigt (s. Abschnitt 3.4). Dies hat zur Folge, dass sich Verbesserungen der Energieeffizienz in der Bereitstellung nicht zwingend auf den Endenergieverbrauch niederschlagen, aber auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen.

3.3.2 Datenlage

Für die Erstellung der Energiebilanz wurde die Datenlage auf Erzeuger- und Verbraucherseite untersucht. Für die Fortschreibung der Bilanz konnten wichtige Datenquellen identifiziert und nach Disaggregationstiefe, Aktualisierungsintervallen und Genauigkeit eingeordnet werden. Auch Datenlücken und entsprechende mögliche Näherungswerte über amtliche Statistiken, Schätzungen und Bundesdurchschnitte wurden analysiert.

Erzeugerseitig wird das Bild von der Stadtwerke Flensburg GmbH (SWF) geprägt, die am Flensburger Hafen ein Heizkraftwerk in Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Feuerungswärmeleistung von 800 MW betreibt. Die SWF betreibt im Stadtgebiet außerdem drei Reserveheizwerke.

Im Bereich der Raumwärmebereitstellung liegt in Flensburg ein Anschlussgrad von 98% an das Fernwärmenetz der SWF vor, so dass für diesen Anteil der Raumwärmeverbraucher genaue Daten vorliegen. Im Bereich der Stromversorgung wurden im Stadtgebiet trotz der Liberalisierung des Strommarkts im Jahr 1998 bisher nur geringe Strommengen von anderen Energieversorgungsunternehmen (EVU) abgenommen [SWF 2009]. Auch für diese durchgeleiteten Strommengen fremder EVU liegen bei den SWF Statistiken vor, so dass für 100% der Stromverbraucher im Stadtgebiet Daten für die gelieferten Strommengen verfügbar sind. Daher liefert die Erzeugerseite die wichtigste Datenquelle für die Erstellung und Fortschreibung der Flensburger Energiebilanz in den Bereichen Strom und Fernwärme.

Bei den SWF liegen Statistiken zur Abgabe von Strom und Fernwärme bis zurück ins Referenzjahr 1990 vor. Die bereitgestellten Strom- und Fernwärmemengen können nach Abnehmern innerhalb und außerhalb des Bilanzierungsraumes nach 3.1.1 aufgeteilt werden; für manche Jahre im Betrachtungszeitraum mussten dafür Mittelwerte verwendet werden [SWF 2009]. Dagegen ist die Aufgliederung nach Verbrauchssektoren nur bedingt möglich:

- Bei der Erfassung der Fernwärmeabgabe wird nicht nach Privat- und Gewerbekunden unterschieden.

- Bei der Erfassung der Stromabgabe wird nicht zwischen den Sektoren GHD und Industrie unterschieden. Diese werden stattdessen in der Kategorie „gewerbliche Kunden“ zusammengefasst. Dagegen kann dem Haushaltssektor eindeutig die Stromabgabe an Privatkunden zugeordnet werden. Allerdings wurde die Systematik der Zuordnung nach Gewerbe- und Privatkunden bei der SWF im Jahr 2000 umgestellt, so dass sich die sektorale Aufteilung der Verbrauchszahlen bei einer Beibehaltung dieses statistischen Bruchs sprunghaft verändern würde. Für eine sinnvolle Beurteilung der Entwicklungen im Betrachtungszeitraum und eine plausible Fortschreibbarkeit wurde die Aufteilung der abgegebenen Strommengen nach Gewerbe- und Privatkunden für die Jahre 1990-1999 an die neue Systematik angepasst.

Für die Erstellung und Fortschreibung der Flensburger Energiebilanz in den Bereichen **Strom und Fernwärme** liefert die SWF somit erzeugerseitig ein wichtiges Mengengerüst. Die notwendige Disaggregation der bereitgestellten Energiemengen nach Verbrauchssektoren muss jedoch über den Abgleich mit amtlichen Verbrauchsstatistiken [Statistikamt Nord 2009] und eigenen verbrauchsseitigen Erhebungen erfolgen.

Für den Bereich der **Prozesswärme** konnten dagegen erzeugerseitig keine Daten erhoben werden, da die Lieferanten der entsprechenden Energieträger dispers und nicht im Einzelnen bekannt sind. Hier musste auf amtliche Verbrauchsstatistiken für Flensburg [Statistikamt Nord 2009] zurückgegriffen werden. Diese konnten z. T. über eigene verbraucherseitige Erhebungen wichtigen Großverbrauchern zugeordnet werden (s. Abschnitte 5.4 und 6.2).

Für den Bereich der **Kraftstoffversorgung** können erzeugerseitig ebenfalls keine Daten bereitgestellt werden. Dies ist zum einen der vielschichtigen Lieferantenstruktur geschuldet. Zum anderen würde selbst eine Verkaufsstatistik aller Flensburger Tankstellen nicht zum Ziel führen. Denn es liegt in der Natur des hier betrachteten Verbrauchssektors Verkehr, dass die Kraftstoffnachfrage nicht auf ein Stadtgebiet begrenzt ist, sondern auch Nicht-Flensburger in Flensburg tanken und umgekehrt. Gemäß des gewählten Inländerprinzips (s. Abschnitt 3.1.2) soll die Flensburger Energiebilanz jedoch die Energienachfrage aller in Flensburg gemeldeten Personen und Unternehmen abbilden. Bei der Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs kann sich diesem Prinzip über die Zahl der in Flensburg gemeldeten Fahrzeuge genähert werden [Stadt Flensburg, 2001, S. 153; Statistikamt Nord, 2006]. Für die Berechnung werden zudem Angaben für Fahrleistungen je Fahrzeug und Verbrauch je Kilometer benötigt, die jedoch nicht nach Städten aufgegliedert vorliegen. Es wurde daher auf bundesweite Durchschnittswerte zurückgegriffen, die in regelmäßigen Zeitabständen aktualisiert werden [Mayer/Flachmann 2009, S. 1112; BMVBS 2009 a, S. 152/286]. Für die Fortschreibung der Bilanz könnte eine Verbesserung der Datenlage im Kraftstoff - bzw.

Verkehrsbereich durch die für das Jahr 2010 geplante Flensburger Mobilitätsumfrage erzielt werden.

3.4 Berechnung der Emissionen

Ausgehend von der Flensburger Endenergiebilanz wurden die Treibhausgasemissionen in Flensburg ermittelt. Dazu musste jedem Energieträger in der Endenergiebilanz ein Emissionsfaktor zugeordnet werden, der die bei seiner Bereitstellung und Nutzung entstehenden Emissionen in CO_{2eq} (vgl. Abschnitt 3.1.3) je Einheit abbildet. Die bei der Nutzung eines Energieträgers entstehenden Emissionen werden als direkte Emissionen bezeichnet. Sie werden durch den Kohlenstoffgehalt des Energieträgers bestimmt. Die bei der Bereitstellung eines Energieträgers entstehenden Emissionen werden hingegen als indirekte Emissionen bezeichnet. Sie werden durch die Prozesse und Energieintensitäten der Vorkette (Förderung, Erstaufbereitung und Transport der Energieträger) bestimmt.

Für die Berechnung der direkten Emissionen waren z. T. flensburgspezifische Emissionsfaktoren verfügbar, die sich aus den im Heizkraftwerk der SWF eingesetzten Steinkohlesorten ergeben [SWF 2009].

Für die indirekten Emissionsfaktoren kann nicht davon ausgegangen werden, dass jeweils ausreichende Daten für die Flensburger Situation ermittelt werden können. Es wurde daher keine gesonderte Berechnung erstellt, sondern auf durchschnittliche Werte für Deutschland zurückgegriffen, die im Projekt GEMIS bereitgestellt werden. Die darin errechneten indirekten Emissionsfaktoren „enthalten jeweils die gesamten Aufwendungen für Förderung, Erstaufbereitung und Transport (Anlieferung frei Deutschland bzw. frei Verbraucher) und beziehen auch die Herstellung der Anlagen mit ein. In den Vorketten sind ebenfalls die jeweiligen Energievorketten (Prozesswärme, Strom) über die verschiedenen Länder(-gruppen) einbezogen. Diese Daten wurden zu Gesamtemissionsfaktoren je bereitgestellter Einheit Endenergie zusammengefasst“ [Fritsche/Rausch 2008, S. 11].

Im Heizkraftwerk der SWF werden durch die Verbrennung von Steinkohle und Ersatzbrennstoffen Fernwärme und Strom in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bereitgestellt. Die Zuordnung der dabei freiwerdenden Emissionen auf die beiden Produkte kann nach unterschiedlichen Systematiken erfolgen [vgl. Fritsche/Rausch 2008, S. 5 ff.]. Für die Flensburger Treibhausgasbilanz wurde die sogenannte Finnische Methode gewählt, die der EU-KWK-Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 entspricht [ebd. S. 8]. Bei dieser Methode werden die Energieeinsparungen durch KWK gegenüber einer getrennten Erzeugung der beiden Produkte ins Verhältnis zur Veränderung des Wirkungsgrads durch die gekoppelte Produktion gesetzt. Daraus ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Emissionsfaktoren für Fernwärme und Strom. Sie wurden aus Angaben der SWF zu Brennstoffeinsatz und Energielieferungen für das Jahr 2006 berechnet.

Tabelle 1 – Emissionsfaktoren für die Fernwärme- und Stromlieferungen der Stadtwerke Flensburg [SWF 2009; eigene Berechnungen nach Fritsche/Schmidt 2007, S. 11-14; Fritsche/Rausch 2008]

	direkt	indirekt	gesamt
Fernwärme [gCO_{2eq}/kWh_{th}]	357,9	59,7	417,5
Strom [gCO_{2eq}/kWh_{el}]	805,2	134,2	939,4

Weitere wichtige Emissionsfaktoren für die Flensburger Treibhausgasbilanz sind in Tabelle 2 dargestellt. Sie beziehen sich auf die in Flensburg verwendeten Brenn- und Kraftstoffe. Dabei ist zu beachten, dass die Emissionsfaktoren in den Tabellen 1 und 2 nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar sind. So werden z.B. zur Erzeugung einer kWh Strom ca. drei kWh Brennstoff benötigt (typischer elektrischer Umwandlungswirkungsgrad: 30-40 %).

Tabelle 2 – Emissionsfaktoren für Brenn- und Kraftstoffe [DEHSt/UBA 2007, S. 1; Fritsche/Schmidt 2007, S. 11-14]

gCO_{2eq}/kWh	direkt	indirekt	gesamt
Steinkohle	338,2	56,7	394,9
Heizöl EL	266,0	43,3	309,3
Erdgas	201,6	31,8	233,4
Benzin	271,9	58,2	330,1
Diesel	270,3	43,3	313,6

3.5 Temperaturbereinigung

Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Jahre für den Niedertemperaturwärmebedarf (NT-Wärmebedarf) werden die erhobenen Daten temperaturbereinigt. Zur Ermittlung des Klimafaktors wird auf die Daten vom Deutschen Wetterdienst zurückgegriffen. Die geographisch nächste Wetterstation, deren Daten frei verfügbar sind, liegt in Schleswig. Die hier gemessenen Temperaturen dienen als Datengrundlage für die Temperaturbereinigung in Flensburg. Die Berechnung des Klimafaktors erfolgt nach der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte im Wohngebäudebestand“ vom 26.07.2007 vom BMVBS. Diese orientiert sich an der Energieeinsparverordnung (EnEV). Die Rauminnentemperatur wird auf den Standardwert von 20 °C und die Heizgrenztemperatur auf den Wert von Bestandsgebäuden von 15 °C gesetzt. Zur Korrektur der Temperaturunterschiede wurde der jährlich ermittelte Heizenergieverbrauch mit dem Klimafaktor multipliziert.

Tabelle 3 – Verwendeter Klimafaktor aus Schleswig

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1,08	0,95	1,05	0,91	0,97	0,95	0,83	0,97	0,98	1,05
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
1,05	0,96	1,06	1	0,97	1,01	1,08	1,12	1,08	

4 Haushaltssektor

Dem Haushaltssektor werden alle Energieverbräuche privater Natur zugeordnet. Nicht erfasst werden durch konsumierte Güter induzierte Emissionen. Bei dem verwendeten methodischen Vorgehen (vgl. Abschnitt 3.1.2 auf S. 6) werden diese dem jeweiligen Produktionsort zugerechnet. Aus dem Haushaltssektor ausgegliedert ist der Kraftstoffverbrauch privater Fahrzeuge, der stattdessen dem Verkehrssektor zugerechnet wird.

Die Zusammenstellung der Daten erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Flensburg. Sie decken den größten Teil des Wärme- und Strombedarfes der Flensburger Haushalte.

4.1 Bevölkerungsentwicklung und -struktur

Die Bevölkerungsentwicklung in Flensburg ist einer der wichtigsten Einflussfaktoren für den Energieverbrauch im Haushaltssektor. Die Entwicklung der Flensburger Bevölkerung im Zeitraum von 1990-2007 wurde aus „Flensburg in Zahlen“ übernommen. Für das Jahr 2008 wurde der Wert aus den Strukturdaten der Stadt Flensburg angesetzt [Stadt Flensburg 2008].

Vom Statistischen Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein werden im Abstand von zwei Jahren Bevölkerungsvorausberechnungen für die Stadt Flensburg durchgeführt [Statistikamt Nord 2008, S. 6]. Interessanterweise liegen die Schätzungen der 10. und 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung deutlich unter der realen Entwicklung der Einwohnerzahlen. So lebten in Flensburg im Jahr 2008 89.133 Personen. Die Prognose vom Statistikamt Nord ging von 2.000 Flensburgern weniger aus. Ein Vergleich der realen Entwicklung mit der Bevölkerungsvorausberechnung ist in Abbildung 4 zu sehen.

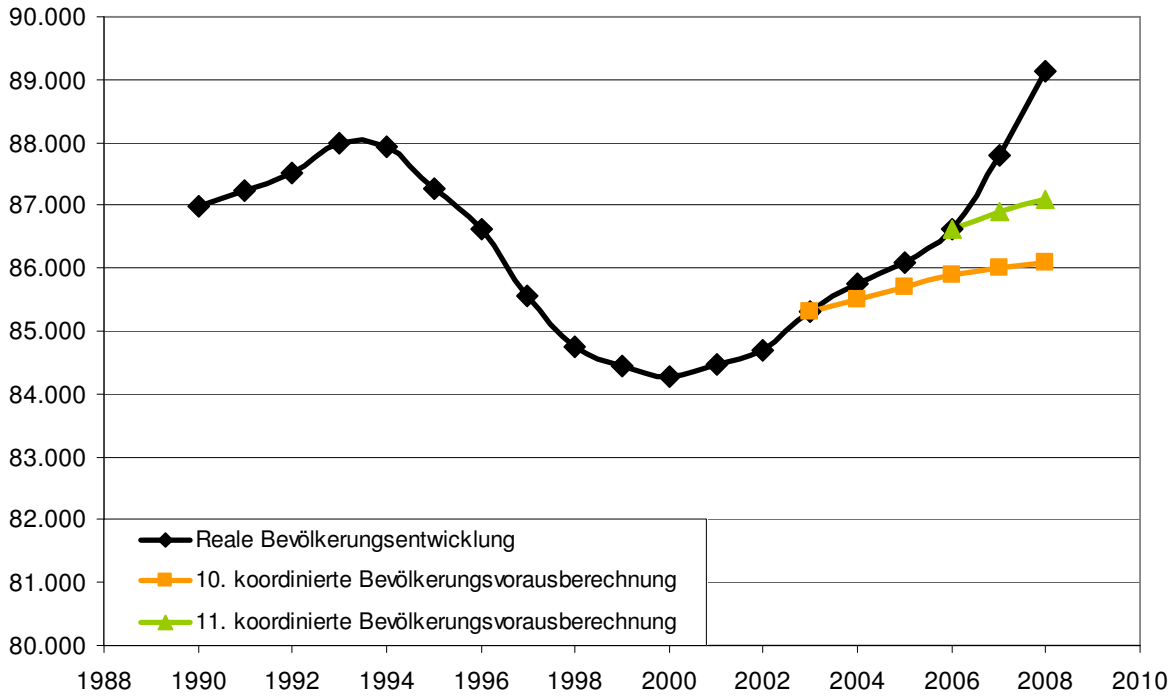

Abbildung 4 – Entwicklung und prognostizierte Bevölkerungsentwicklung in Flensburg

Zur genaueren Aufschlüsselung der Bevölkerungsentwicklung und -struktur wurden von der Stadt Flensburg die Daten zum demographischen Aufbau (Einwohner nach Altersjahren) und der Zusammensetzung der Bevölkerung (Geschlecht, Nationalität) geliefert. Für eine detaillierte Betrachtung sind stadtteilbezogene Daten vorhanden.

Zur Erforschung der Ursache des stärkeren Bevölkerungszuwachses wurde eine Analyse der Entwicklung der Altersstruktur in Flensburg für die Jahre von 2003 bis 2008 durchgeführt. Es zeigte sich, dass der größte Zuwachs in den Altersgruppen der 23- bis 29-jährigen mit einem Wert von 1.772 und bei den 67- bis 73-jährigen mit 1.940 stattfand. Dies lässt auf eine erhöhte Attraktivität Flensburgs für Studenten und Rentner schließen.

Eine Darstellung der demographischen Struktur Flensburgs in Form einer Alterspyramide ist in Abbildung 5 zu sehen. Anhand dieser Daten kann eine Fortschreibung der zukünftigen Struktur der Bevölkerung erstellt werden. Zur besseren Einordnung der Werte wurde in Abbildung 6 die Flensburger Bevölkerung mit der Altersstruktur in Deutschland über Differenzbildung verglichen. Die bundesweiten Werte wurden der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes entnommen [Statistisches Bundesamt 2009]. Aus der Darstellung wird deutlich, dass Flensburg durchaus studentisch geprägt ist. Diese Altersgruppe weist bis zu 600 Einwohner mehr auf, als es im bundesweiten Durchschnitt der Fall ist. Im Gegensatz sind die Gruppen der 40- bis 60- und der 70- bis 80-jährigen unterrepräsentiert.

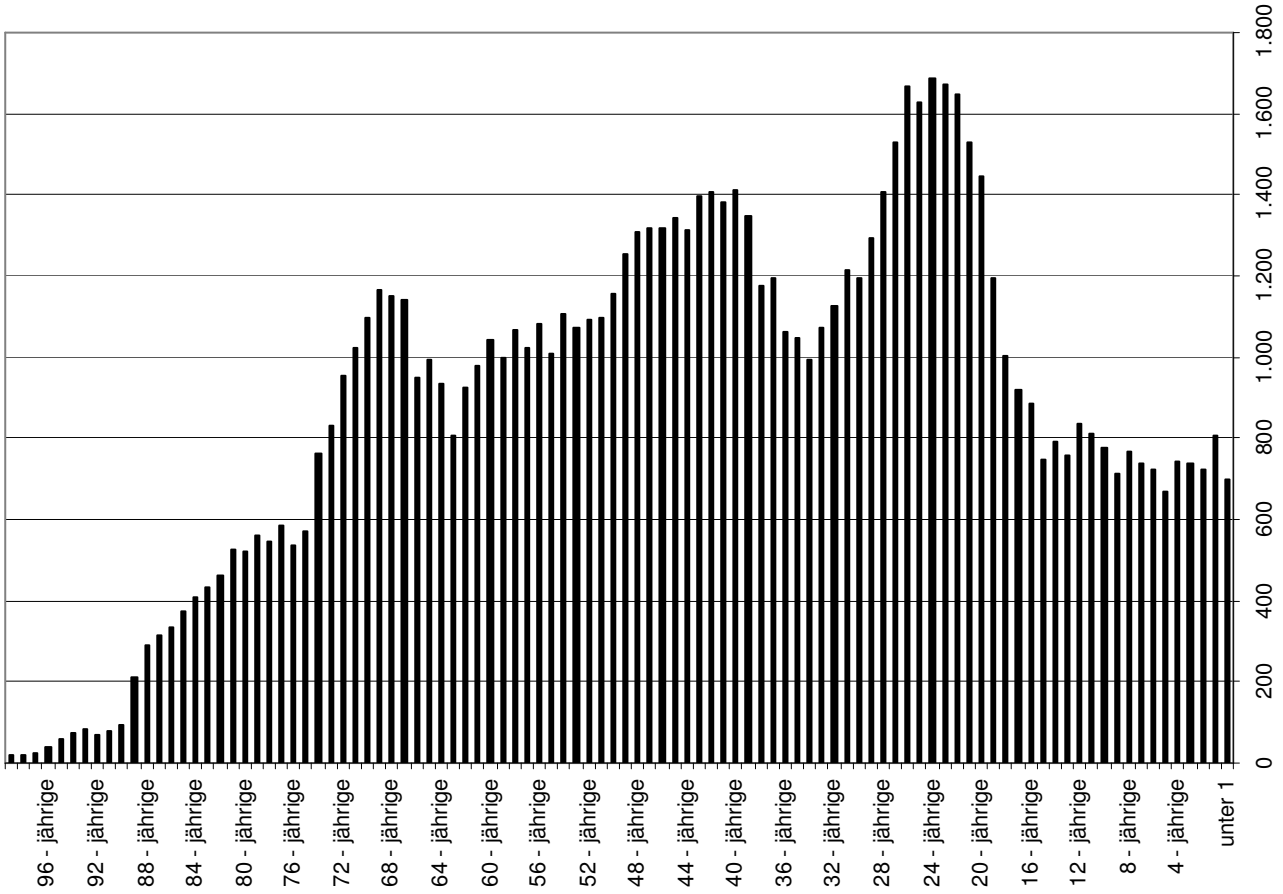

Abbildung 5 - Demographische Struktur Flensburgs im Jahr 2008

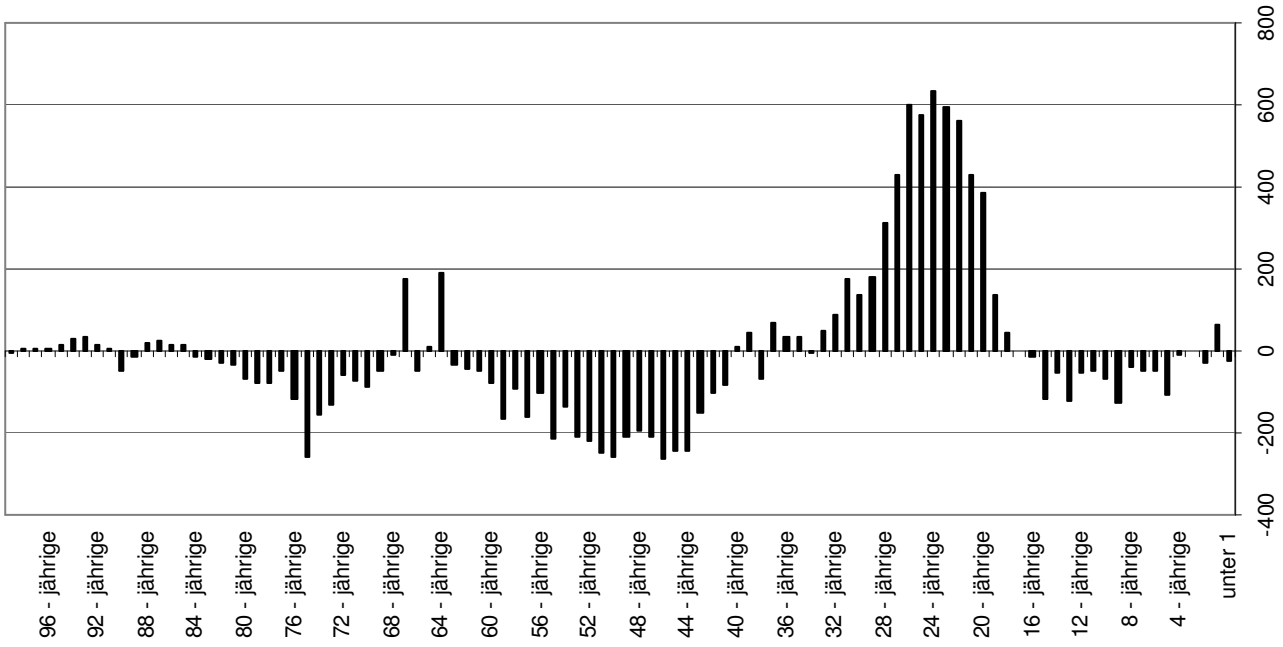

Abbildung 6 - Differenz des demographischen Aufbaus Deutschland zu Flensburg

4.2 Wohnfläche und -einheiten

Die Entwicklung der beheizten Wohnfläche in den Jahren 1990 bis 2008 wurde beim Statistischen Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein angefragt. Die Daten basieren auf der Wohnungsfortschreibung in Flensburg, welche als Grundlage die letzte Gebäude- und Wohnungszählung aus dem Jahr 1987 hat. Sie wird jährlich unter Verwendung der Ergebnisse der Bautätigkeitsstatistik (Zugänge zum Wohnungsbestand und Abgänge aus dem Wohnungsbestand) aktualisiert. Es handelt sich also um eine Bestandsfortschreibung.

Für die Wohneinheiten in Flensburg wird ebenfalls auf die Bestandsfortschreibung der Wohnungszählung aus dem Jahr 1987 zurückgegriffen. Es liegen die Daten über die Wohneinheiten je Stadtteil aufgeteilt in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser vor, welche von der Stadt zur Verfügung gestellt worden sind. Der Wohnungsbestand in Flensburg beläuft sich auf 48.000 Wohneinheiten. Er ist geprägt durch Mehrfamilienhäuser (drei und mehr Wohnungen), die etwa drei Viertel des Bestandes ausmachen. Ein ungefähres Drittel des gesamten Wohnungsbestandes in Flensburg wurde vor 1948 errichtet. Ein weiteres Drittel stammt aus der Zeit von 1949 bis 1968. Diese Zahlen lassen ein hohes Einsparpotential im Energieverbrauch des Wohnungsbestands vermuten.

Von den 48.000 Wohnungen befinden sich 20 % im Besitz der bereits im Klimapakt Flensburg e.V. vertretenen gemeinnützigen Wohnungsbaugenossenschaften. Dies ist die „Selbsthilfe-Bauverein eG Flensburg“ mit über 7.000 Wohnungen, die „Flensburger Arbeiter-Bauverein eG“ mit 2.200 und die „GEWOBA Nord Baugenossenschaft eG“ mit weiteren 200 Wohnungen. Die beheizte Fläche dieser Wohnungen beträgt mehr als 528.000 m^2.

Ebenfalls von der Stadt Flensburg wurden Informationen bezüglich der seit 1990 ausgewiesenen Wohngebiete geliefert. Im Zeitraum von 1990 bis 2007 sind in Flensburg 46 neue Wohnbereiche entstanden mit einer Bruttofläche von ca. 227 ha. Die Flächen boten Platz für fast 4.700 neue Wohneinheiten.

Für spätere Analysen ist neben der eigentlichen Entwicklung der Wohnfläche auch die Abrissrate im Flensburger Wohnungsbestand von Bedeutung. Einer Studie von Institut für Stadtforschung und Strukturpolitik GmbH aus dem Jahr 2008 mit dem Titel "Zielgruppenorientierte Wohnungsmarktanalyse für die Stadt Flensburg – Endbericht" wurde die Abrissquote bezogen auf Wohn**einheiten** entnommen [IfS 2008, S. 26]. Unter der Annahme, dass diese ebenso für die Wohn**fläche** gilt, ergibt sich für Flensburg eine mittlere Abrissquote aus den Jahren 2000 bis 2007 von 0,06 %.

Eine Darstellung der Entwicklung der Flensburger Wohnfläche und Wohneinheiten ist in Tabelle 4 zu sehen. Neben der absoluten Entwicklung sind die spezifischen Zahlen angegeben. Es lässt sich ein Trend zu kleineren Haushaltsgrößen mit gleichzeitig steigendem Flächenbedarf pro Person feststellen.

Tabelle 4 – Entwicklung der Wohnfläche und -einheiten in Flensburg

	1990	1994	1998	2002	2006
Wohnfläche [Tsd. m^2]	3.088	3.189	3.301	3.437	3.516
Wohnfläche pro Person [m^2]	35,5	36,3	38,9	40,6	40,6
Wohneinheiten [Stk.]	40.668	- / -	- / -	47.001	47.681
Personen je Wohneinheit	2,14	- / -	- / -	1,80	1,82

4.3 Heizenergieverbrauch

Flensburg ist in der besonderen Situation, dass die Deckung des Heizwärmebedarfs im Haushaltsektor nahezu ausschließlich durch die Stadtwerke Flensburg erfolgt. Bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs wird von einem Fernwärmeanschlussgrad des Haushaltsektors von 98 % ausgegangen. Für die verbleibenden Haushalte wird angenommen, dass Öl-Heizkessel mit einem durchschnittlichen Nutzungsgrad von 80 % eingesetzt werden.

Die Stadtwerke Flensburg GmbH unterscheidet in ihrer Fernwärmestatistik nicht zwischen Haushalts- und Gewerbekunden, so dass eine eigene Berechnung zur Ermittlung des Wärmebedarfs im Haushaltssektor notwendig ist.

Es wurde angenommen, dass die bundesdurchschnittliche Entwicklung des Energieverbrauchskennwertes (EVKW) auch für Flensburg gilt. Für das Jahr 1990 wurde der EVKW der alten Bundesländer in Höhe von 171,8 kWh/m^2a verwendet [Hauser 1997, S. 14]. Zur Berechnung des EVKW für das Jahr 2006 wurde die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ermittelte temperaturbereinigte Effizienzsteigerung von 15 % für das Jahr 2009 im Vergleich zu 1990 angesetzt [BMVBS 2009, S. 76]. Im Jahr 2006 beträgt der angenommene EVKW damit 150,1 kWh/m^2a. Die Werte zwischen den Stützjahren wurden linear interpoliert. Eine Verdeutlichung der Berechnung zur Ermittlung des gesamten Heizenergieverbrauches im Haushaltssektor stellt Abbildung 7 dar.

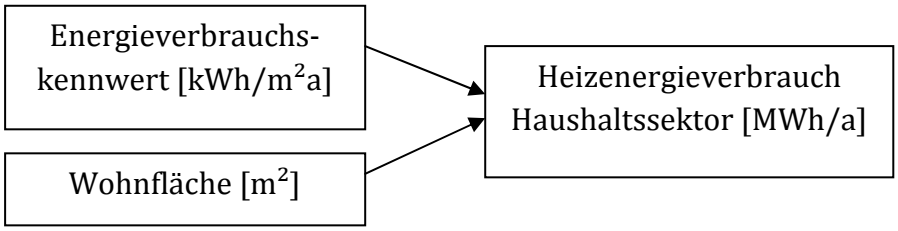

Abbildung 7 – Berechnung des Heizenergieverbrauches der Haushalte

Eine Auflistung der errechneten absoluten und angenommenen spezifischen Heizenergieverbräuche ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Trotz des angenommenen sinkenden spezifischen Heizenergieverbrauchs blieb der absolute Bedarf über die Jahre nahezu konstant. Dies ist ein Resultat der steigenden Wohnfläche in Flensburg. Die für

den Haushaltssektor errechneten Verbräuche wurden mit den bekannten Fernwärmeverbräuchen, die aggregiert für Haushalts- und Gewerbekunden vorlagen, verglichen und plausibilisiert.

Tabelle 5 – Entwicklung des absoluten und spezifischen Heizenergieverbrauches im Haushaltssektor

	1990	1994	1998	2002	2006
Heizenergieverbrauch [MWh]	534.962	535.067	535.498	538.634	531.702
Spez. Heizenergieverbrauch [kWh/m^{2}a]	171,8	166,4	160,9	155,5	150,1

4.4 Stromverbrauch

Für die Entwicklung des Stromverbrauchs im Haushaltssektor für den Zeitraum von 1990 bis 2006 wurde auf die Daten der Stadtwerke Flensburg zurückgegriffen. Neben einer Saldierung mit dem Strombezug und der Stromlieferung nach Dänemark musste zwischen den Daten für das Versorgungsgebiet der Stadtwerke (Flensburg, Glücksburg und Harrisleefeld) und der bilanzrelevanten Stromversorgung im Stadtgebiet Flensburgs unterschieden werden. Hierfür hat die SWF den prozentualen Anteil der Stromlieferung an das Stadtgebiet Flensburg für die Jahre 2002, 2004, 2006 und 2008 ermittelt. Der Berücksichtigung des Wertes aus dem Jahr 2008 verändert nicht den Betrachtungszeitraum, sondern dient zur Schaffung einer breiteren statistischen Basis zur Ermittlung der durchschnittlichen Stromlieferung in das Flensburger Stadtgebiet. Aus diesen Daten wurde die durchschnittliche Stromlieferung an das Stadtgebiet berechnet und für die übrigen Jahre angesetzt.

Auf Grund einer statistischen Umstellung bei den Stadtwerken Flensburg im Jahr 2000 ließen sich die Stromlieferungen an private Haushalte vor und nach der Jahrtausendwende nicht vergleichen. Es wurden die Werte von 1990 bis 1999 über eine additive Korrektur angepasst.

Die Entwicklung des Stromverbrauches im Flensburger Haushaltssektor ist in Tabelle 6 dargestellt. Der Stromverbrauch stieg im Vergleich zum Jahr 1990 bis zum Jahr 2006 um 11 % an. Dies liegt zum einen an der wachsenden Bevölkerung und zum anderen am erhöhten spezifischen Stromverbrauch pro Person. Dieser stieg von seinem Ursprungswert von 1,60 MWh pro Person im Jahr 1990 auf einen Wert von 1,78 MWh pro Person im Jahr 2006 an. Er spiegelt den deutschlandweiten, wachsenden Trend des Stromverbrauches im Haushaltssektor wider. Zum Vergleich: im Jahr 2006 lag der bundesweite Pro-Kopf-Stromverbrauch bei 1,72 MWh pro Person [Stromverbrauch Haushaltssektor: AG Energiebilanzen; Bevölkerungszahl: Statistisches Bundesamt 2008, S.35].

Tabelle 6 – Entwicklung des absoluten und spezifischen Stromverbrauchs im Flensburger Haushaltssektor

	1990	1994	1998	2002	2006
Stromverbrauch [GWh]	139,18	146,88	151,28	155,70	154,60
Stromverbrauch pro Person [MWh/Person]	1,60	1,67	1,79	1,84	1,78

Eine Aufteilung des Stromverbrauchs nach Verwendungszweck wurde für Flensburg nicht erhoben. Es wird davon ausgegangen, dass die Struktur in Flensburg prozentual nahezu den bundesweiten Zahlen entspricht. Eine Darstellung der deutschlandweiten Stromverwendung im Haushaltssektor im Jahr 2001 inklusive Leerlaufverlusten von Geräten ist in Abbildung 8 gezeigt. Nicht für Flensburg zutreffend sind die 16 % Elektroheizung. Auch kann bisher keine Aussage bezüglich der elektrischen Warmwassererzeugung getroffen werden. Der deutschlandweite Wert von 11 % ist auf Grund des teilweise über die Fernwärme erzeugten Warmwassers wahrscheinlich zu hoch.

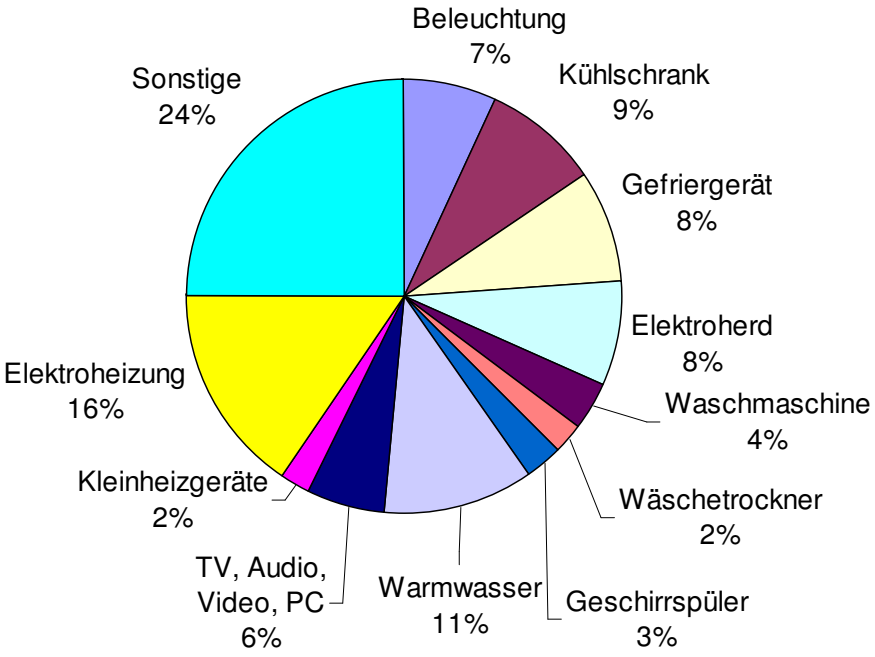

Abbildung 8 – Haushaltsstromverbrauch nach Anwendungsarten im Bundesdurchschnitt [Barzantny 2007, S.48 aus DIW 2004]

4.5 Detaillierte Erhebung bei den Wohnungsbaugenossenschaften

Ergänzend zu den Daten der Stadtwerke wurde für den Wärmeverbrauch bei den Wohnungsbaugenossenschaften, die Mitglied im Klimapakt Flensburg e.V. sind, eine detaillierte Erhebung durchgeführt. Der „Selbsthilfe-Bauverein e.G. Flensburg“, der „Flensburger Arbeiter-Bauverein e.G.“ und die „GEWOBA Nord Baugenossenschaft e.G.“. lieferten die folgenden Daten für jedes ihrer 485 Objekte im Wohnungsbestand:

- Heizwärmeverbrauch

- Heizfläche
- Anzahl der Wohneinheiten und der Adresse
- Baujahr und Baualtersklasse
- Zeitpunkt der energetischen Gebäudesanierung

In den 485 Objekten befinden sich über 9.300 Wohneinheiten. Damit stellen die Mitglieder des Klimapakt Flensburgs fast 20 % aller Wohneinheiten in Flensburg. Bezogen auf die Wohnfläche sind es ca. 15 %. Der Unterschied ist auf die Struktur des Wohnungsbestandes der Wohnungsbaugenossenschaften zurückzuführen. Sie ist durch Mehrfamilienhäuser geprägt.

Eine Aufteilung der Wohneinheiten der Wohnungsbaugenossenschaften im Klimapakt Flensburg e.V. nach Stadtteilen ist in Abbildung 9 zu finden. Sollten später Stadtteilworkshops durchgeführt werden, so ist anhand dieser Darstellung zu erkennen, über welchen Prozentsatz der Wohnungen des Stadtteils genaue Daten vorliegen. So ist z. B. im Flensburger Stadtteil Fruerlund mehr als die Hälfte der Wohneinheiten im Besitz der drei Wohnungsbaugenossenschaften.

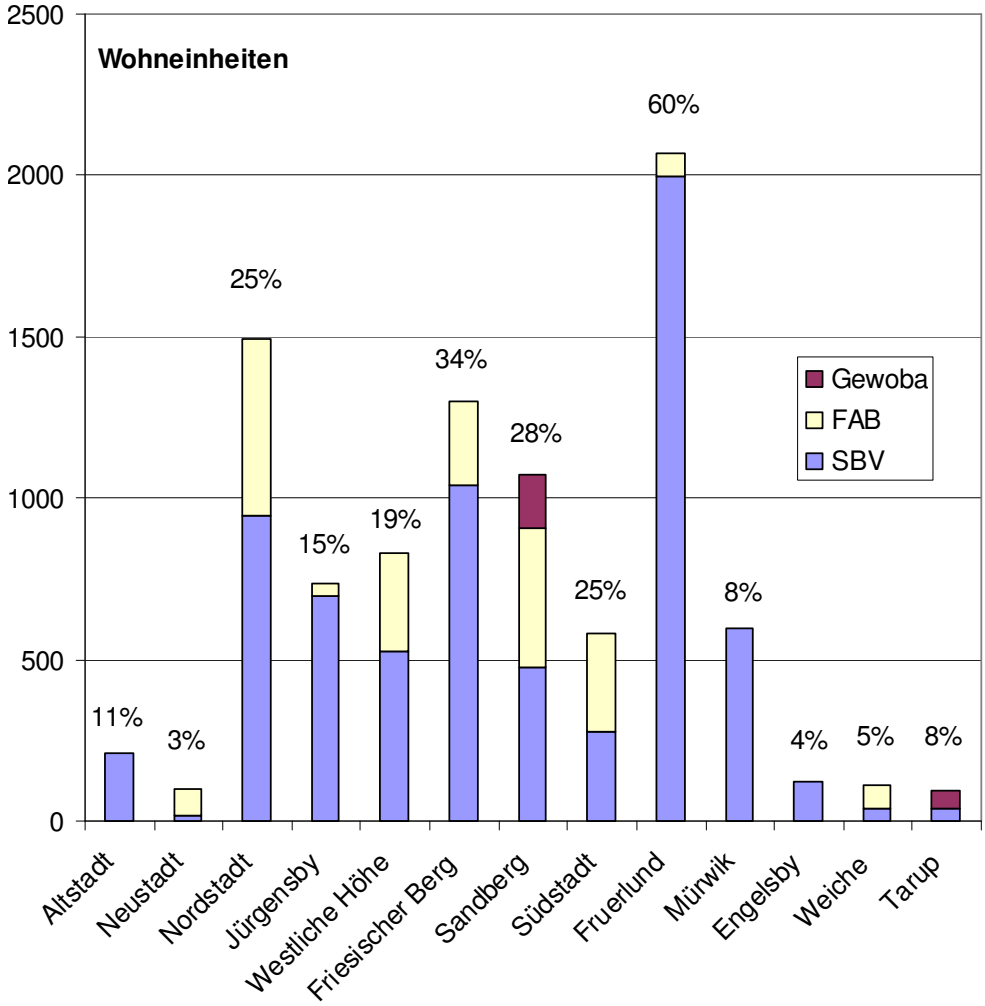

Abbildung 9 – Anteil der Wohneinheiten der Wohnungsbaugenossenschaften je Stadtteil

Eine Darstellung des Baualters der Gebäude im Bestand der Wohnungsgenossenschaften im Klimapakt Flensburg zeigt Abbildung 10. Anhand der Daten lässt sich für spätere Analysen ein Sanierungsmodell entwickeln.

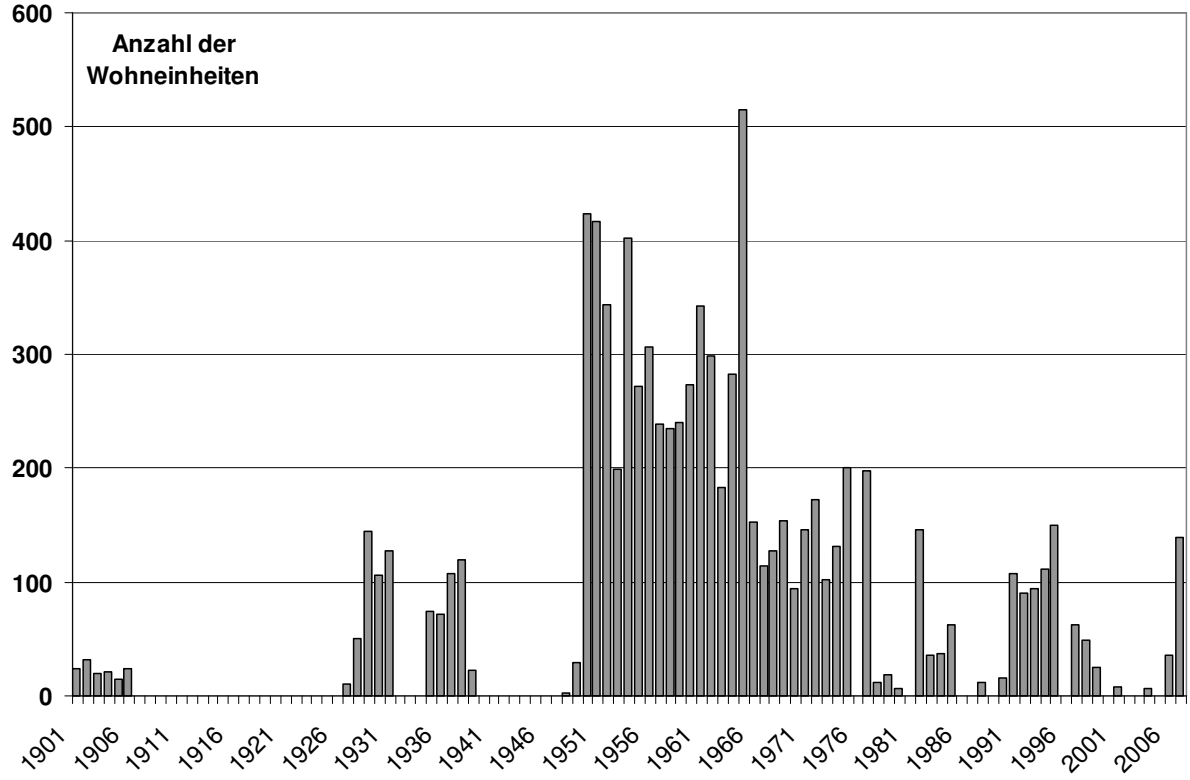

Abbildung 10 – Baualter der Objekte im Bestand der Wohnungsbaugenossenschaften des Klimapaktes Flensburg

Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt den nach Gebäudealtersklassen aufgeteilten, geordneten spezifischen Wärmebedarf der Wohnobjekte im Bestand der Wohnungsbaugenossenschaften des Klimapaktes Flensburg (geordnete Verbrauchskurve). Als schwarze waagerechte Linie ist der jeweilige durchschnittliche spezifische Wärmebedarf der einzelnen Gebäudealtersklasse eingezeichnet. Ein Vergleich der ältesten und neuesten Gebäudealtersklasse zeigt, dass der spezifische Wärmebedarf sich von 138 kWh/m^{2}a auf einen Wert von 92 kWh/m^{2}a reduziert hat. Anhand dieser Daten sind Objekte, an denen z. B. eine energetische Sanierung durchgeführt werden soll, zu identifizieren.

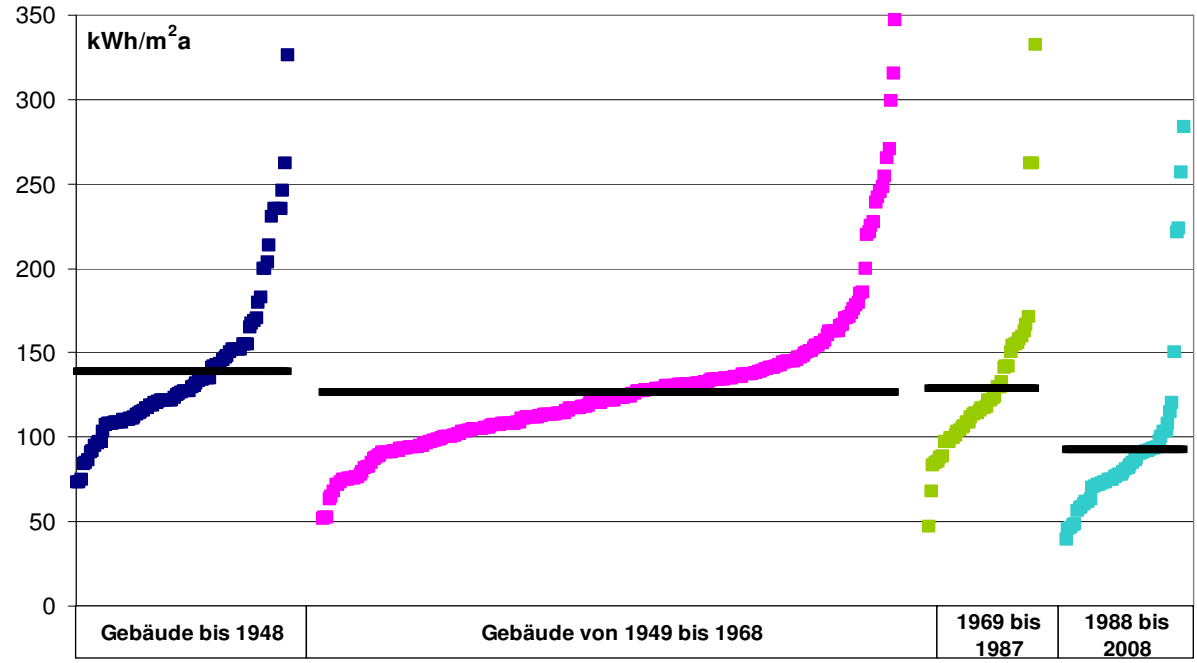

Abbildung 11 – Spezifischer, geordneter Wärmebedarf der Gebäude der Wohnungsbaugenossenschaften eingeteilt nach Gebäudealtersklassen

4.6 Endenergieverbrauch

Im Haushaltssektor stieg der Endenergiebedarf vom Jahr 1990 bis zum Jahr 2001 auf seinen höchsten Wert von 699.000 MWh. Seitdem war ein leichter Rückgang im Energieverbrauch zu verzeichnen. Im Jahr 2006 waren 77 % des gesamten Endenergiebedarfs im Haushaltssektor auf den Wärmebedarf zurückzuführen. Nur 23 % entstanden durch den Stromverbrauch der Flensburger.

Tabelle 7 – Entwicklung des Endenergiebedarfs im Flensburger Haushaltssektor

	1990	1994	1998	2002	2006
Wärme [MWh]	534.962	535.067	535.498	538.634	531.702
Strom [MWh]	139.179	146.879	151.279	155.700	154.600
Gesamt [MWh]	674.141	681.946	686.777	694.334	686.302

4.7 Emissionen

Bei der Berechnung der Emissionen des Haushaltssektors wird unterschieden zwischen den Haushalten mit und ohne Fernwärmeversorgung. Es wird davon ausgegangen, dass 98 % der Wohneinheiten mit Fernwärme versorgt werden. Die restlichen 2 % erzeugen die benötigte Wärme über Öl-Heizkessel mit einem angenommenen Nutzungsgrad von 80 %. Unter Verwendung der entsprechenden spezifischen Emissionsfaktoren wurden

die in Tabelle 8 aufgelisteten CO_{2eq} Emissionen berechnet. Sie beliefen sich im Jahr 2006 auf 367.000 Tonnen CO_{2eq}.

Tabelle 8 – Entwicklung der Emissionen im Flensburger Haushaltssektor

	1990	1994	1998	2002	2006
Wärme [t CO_{2eq}]	227.386	227.239	231.594	222.342	221.589
Strom [t CO_{2eq}]	133.407	140.667	147.600	144.838	145.230
Gesamt [t CO_{2eq}]	360.793	367.906	379.194	367.180	366.819

5 Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor

Der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ist äußerst heterogen und umfasst alle Bereiche, die nicht durch den Haushalts-, Verkehrs- und Industriesektor abgedeckt sind. So beinhaltet er die öffentlichen Gebäude, den Handel, das Handwerk, den Einzel- und Großhandel, den Bereich der Dienstleistungen und des Gewerbes. Die z. T. problematische Zuordnung von Unternehmen zum Industrie- oder GHD-Sektor wird durch die genaue Analyse und Festlegung der Unternehmen im Industriebereich gelöst. Alle Betriebe, die nicht in den Industriesektor fallen, werden dem GHD-Sektor zugeordnet. Die dem GHD-Sektor angehörende Landwirtschaft spielt in der Stadt Flensburg keine Rolle und wird im Rahmen der Bestandsaufnahme nicht weiter betrachtet.

Bei den Stadtwerken Flensburg lagen keine sektorspezifischen Daten für den Strom- und Wärmeverbrauch des GHD-Sektors vor. Die Werte mussten über Differenzbildung mit den Verbräuchen aus dem Haushalts- und Industriesektor ermittelt werden. Neben der Erfassung des gesamten Strom- und Wärmeverbrauches wurden bei den Mitgliedern des Klimapaktes Flensburg e.V. und beim Gebäudebestand des Landes und des Bundes Energieverbräuche für eine detaillierte Aufschlüsselung von Teilbereichen erhoben.

5.1 Bruttowertschöpfung

Die Entwicklungen im Flensburger GHD-Sektor sind geprägt durch die Zu- und Abwanderung von Unternehmen. Die Entwicklung der Bruttowertschöpfung des Flensburger GHD-Sektors zwischen den Jahren 1996 und 2006 ist in Tabelle 9 dargestellt. Die nominale Bruttowertschöpfung wurde der "Regionaldatenbank Deutschland" der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder entnommen. In dieser Statistik werden Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung nach Kreisen und kreisfreien Städten aufgeschlüsselt.

Die nominale Bruttowerschöpfung wurde über einen Preisindex bezogen auf das Jahr 2006 (= 100 %) in reale Werte umgerechnet. Für den Preisindex wurde auf den Preisindex des Statistischen Bundesamtes für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (Bruttoinlandsprodukt, Bruttonationaleinkommen, Volkseinkommen. Lange Reihen ab 1950) mit Bezugsjahr 2006 zurückgegriffen.

Anhand der so bestimmten realen Bruttowertschöpfung mit dem Bezugsjahr 2006 lässt sich das jährliche Wachstum des GHD-Sektors in Flensburg berechnen. Wird für die Jahre von 1996 bis 2006 die durchschnittliche, preisbereinigte Veränderung der Bruttowertschöpfung errechnet, so ergibt sich ein jährliches Wachstum von -0,22 %. Im gleichen Zeitraum lag das bundesweite Wachstum der Bruttowertschöpfung im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen bei 0,5 % pro Jahr.

Tabelle 9 – Entwicklung der Bruttowertschöpfung im Flensburger GHD-Sektor

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Bruttowertschöpfung nominal (Tsd. €)	1.865.323	1.866.903	1.801.307	1.781.395	1.840.515	1.904.075
Kettenindex 2006	86,2	87,8	89,5	91,3	94,3	95,4
BWS real 2006er Preise (Tsd. €)	2.163.971	2.127.415	2.011.820	1.950.360	1.952.418	1.995.103
Jährliches Wachstum		-1,7%	-5,4%	-3,1%	0,1%	2,2%
	2002	2003	2004	2005	2006	
Bruttowertschöpfung nominal (Tsd. €)	1.921.948	1.922.623	2.001.439	2.100.945	2.116.565	
Kettenindex 2006	95,4	95,2	96,4	97,1	100,0	
BWS real 2006er Preise (Tsd. €)	2.013.831	2.018.925	2.076.610	2.163.139	2.116.565	
Jährliches Wachstum	0,9%	0,3%	2,9%	4,2%	-2,2%	
	1996 - 2006					
Durchschnittlicher Wachstum/a preisbereinigt	-0,22%					

5.2 Wärmeverbrauch

Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) ist äußerst heterogen. Der Fernwärmebedarf wird bei den Stadtwerken Flensburg nicht separat aufgeschlüsselt. Die Ermittlung des Wärmebedarfs im Zeitraum von 1990 bis 2006 erfolgte aus der Differenzbildung des Wärmebedarfs des Haushaltssektors und der gesamten nutzbaren Fernwärmeabgabe in Flensburg.

In Flensburg werden nur Industriekunden von den Stadtwerken mit Gas versorgt. Es wird davon ausgegangen, dass benötigte Hochtemperatur-Wärme im GHD-Sektor über Strom erzeugt wird. Die benötigte Niedertemperatur-Wärme wird ausschließlich über Fernwärme abgedeckt.

Der relativ stark schwankende Verbrauch in den Jahren 1990-2009 erklärt sich daraus, dass die Zahlen für den GHD-Sektor stets durch Differenzbildung errechnet wurden. Von den gegebenen Daten für die Fernwärmeerzeugung wurden die bekannten bzw. errechneten Verbräuche der anderen Sektoren abgezogen. Da diese über die Zeit recht eindeutigen Trends folgen, zeigen sich die Schwankungen in den (temperaturbereinigten) Fernwärmeerzeugungsdaten direkt im GHD-Sektor, wie in Abbildung 12 zu sehen ist.

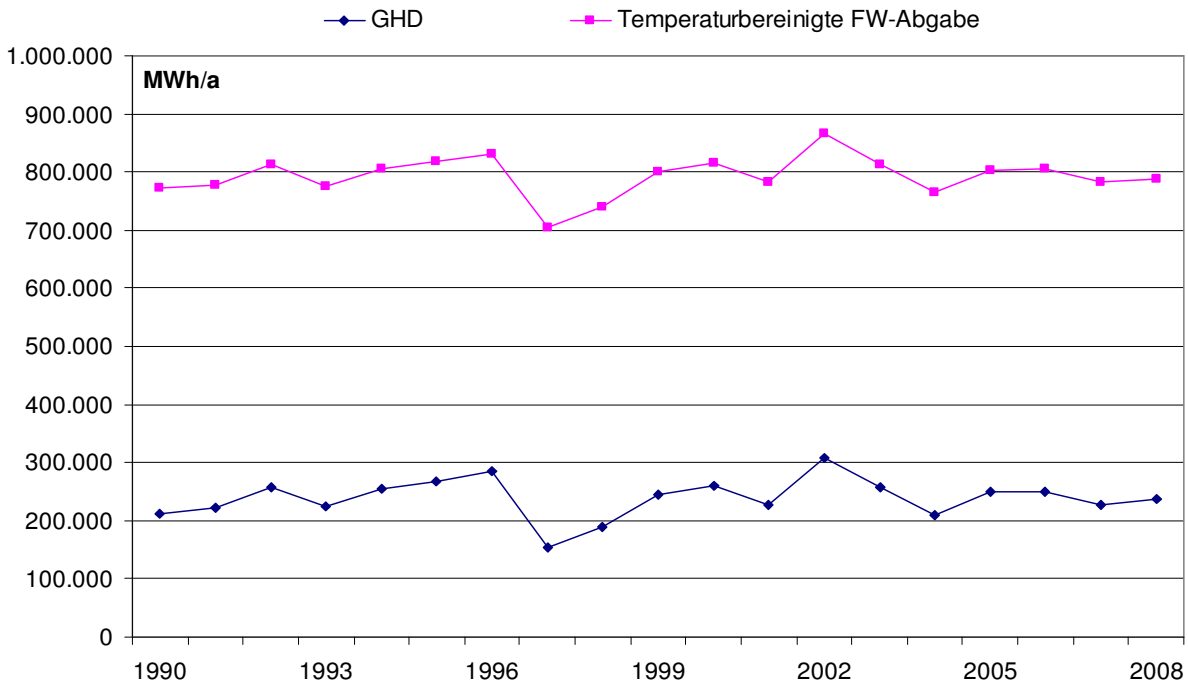

Abbildung 12 – Vergleich der Schwankungen von Fernwärmeabgabe und -bedarf im GHD-Sektor

5.3 Stromverbrauch

Vergleichbar mit dem Fernwärmebedarf liegen für den GHD-Sektor keine separaten Daten für den Stromverbrauch vor. Die Stromnachfrage von Industrie- und GHD-Sektor wird von den Stadtwerken Flensburg zusammen ausgewiesen. Mit diesem zusammengefassten Wert und dem ermittelten Strombedarf aus dem Industriesektor lässt sich über Differenzbildung die Stromnachfrage des GHD-Sektors bestimmen. Die Entwicklung des Strombedarfs im GHD-Sektor ist Tabelle 10 zu entnehmen. Tendenziell lässt sich eine Senkung des Stromverbrauches in dem Sektor feststellen. Er sank von einem Wert von 151 GWh im Jahr 1990 auf einen Wert von 126 GWh im Jahr 2006. Eine Reduzierung um 16 %.

Anhand der realen Bruttowertschöpfung (Basisjahr 2006) lässt sich die Stromintensität des GHD-Sektors errechnen. Es handelt sich hierbei um eine spezifische Stromkennzahl, welche den Stromverbrauch ins Verhältnis zur Bruttowertschöpfung setzt. Sie lag im Jahr 2006 bei einem Wert von 60 MWh pro Mio. $€_{BWS}$. Zur besseren Einordnung dieses Wertes wurde die Stromintensität des gesamten GHD-Sektors in Deutschland ermittelt. Im Jahr 2006 lag sie bei 88 MWh pro Mio. $€_{BWS}$ (errechnet über die angegebene Bruttowertschöpfung von Destatis und den sektorspezifischen Stromverbrauch nach AG Energiebilanzen).

Tabelle 10 – Entwicklung des Stromverbrauches und der -intensität im Flensburger GHD-Sektor

	1990	1994	1998	2002	2006
Stromverbrauch [MWh/a]	151.089	144.820	149.466	132.029	126.082
Stromintensität [MWh / Mio. $€_{BWS}$]	- / -	- / -	74	66	60

5.4 Detaillierte Erhebung im GHD-Sektor

Im GHD-Sektor wurde neben der Betrachtung der sektorspezifischen Entwicklung des Strom- und Wärmebedarfs eine detaillierte Erhebung durchgeführt. Eine Übersicht der Systematik bzw. der angefragten Daten zeigt Abbildung 13. In den folgenden Abschnitten werden die Datenerhebung und die Ergebnisse vorgestellt.

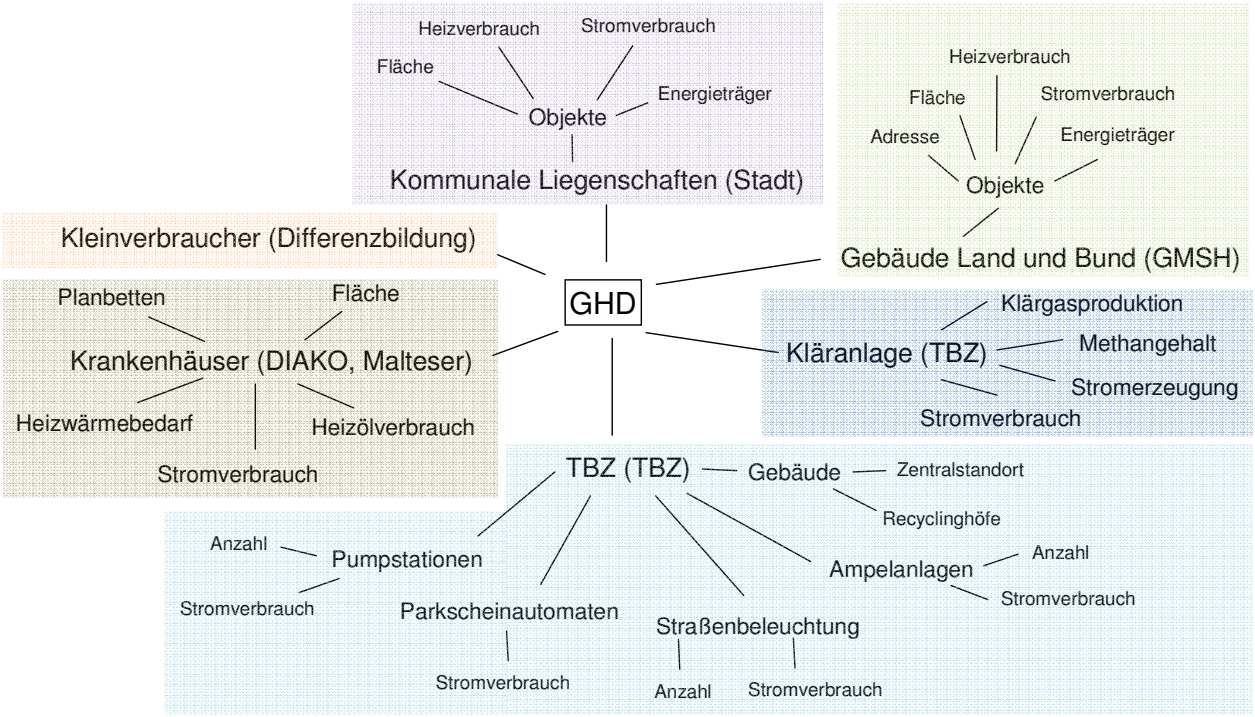

Abbildung 13 – Detailerhebung im GHD-Sektor

5.4.1 Kommunale Liegenschaften

Die Stadt Flensburg (Fachbereich 6 "Kommunale Liegenschaften") lieferte für insgesamt 53 Objekte die Daten aus den Jahren 1991, 1996, 2001, 2006, 2007 und 2008. Der Gebäudebestand lässt sich in die folgenden Einrichtungen untergliedern:

- Verwaltungsgebäude
- Grund- und Regionalschulen
- Gemeinschaftsschulen und integrierte Gesamtschule
- Gymnasien
- Berufsbildende Schulen
- Förderschulen

- Kindertagesstätten
- Feuerwehr/Zivilschutz
- Volkshochschulen und Jugendaufbauwerke
- Hallenbad
- Museen

Viele dieser Gebäude wurden vor 1970 gebaut und in den wenigsten Fällen erfolgte eine energetische Sanierung. Für die Heizfläche der betrachteten kommunalen Liegenschaften liegt nur der Wert für das Jahr 2008 vor. Sie beträgt 248.000 m^2. In Absprache mit der Stadt Flensburg wurde die detaillierte Datenerhebung auf die städtisch genutzten und im Eigentum der Stadt befindlichen Immobilien beschränkt. Vermietete und angemietete Objekte werden aufgrund der vorherrschenden Kurzfristigkeit der Mietverhältnisse nicht mit in die Detailbetrachtung der fortschreibbaren Energiebilanz integriert. Die Verbräuche dieser Liegenschaften sind aber im Endenergieverbrauch in Flensburg enthalten. Die externen Objekte machen weniger als 20 % der Heizfläche der gesamten kommunal genutzten Liegenschaften aus.

Der temperaturbereinigte Wärmebedarf der kommunalen Liegenschaften betrug im Jahr 2006 28.000 MWh und der Strombedarf lag bei 4.900 MWh. Die Entwicklung der (temperaturbereinigten) Verbräuche ist in Tabelle 11 zu sehen. Es fällt auf, dass der Stromverbrauch, im Gegensatz zum nahezu konstanten Wärmeverbrauch, in den betrachteten 17 Jahren um über 36 % gestiegen ist.

Tabelle 11 – Entwicklung des Wärme- und Stromverbrauches der kommunalen Liegenschaften

	1991	1996	2001	2006
Wärmeverbrauch [MWh]	26.835	24.951	27.466	28.020
Stromverbrauch [MWh]	3.518	3.635	4.271	4.871

5.4.2 Liegenschaften vom Land und Bund

Neben den kommunalen Liegenschaften gehören zu den öffentlichen Gebäuden auch die Immobilien vom Land und Bund. Die Verbrauchserfassungen stammen vom Gebäudemanagement Schleswig-Holstein (GMSH), welche um eine vertrauliche Behandlung der Daten bat. Wie bei den kommunalen Liegenschaften werden bei den Gebäuden von Land und Bund keine angemieteten Objekte aufgeführt. Des Weiteren konnten nur die Daten für zivil genutzte Gebäude herausgegeben werden. Für insgesamt 27 Objekte liegen die Daten für den Strom- und Wärmeverbrauch für die Jahre 1992 und 2006 vor. Folgende Objekte wurden erfasst:

- Justizbehörde und Justizvollzugsanstalt
- Finanzamt, Landesbezirkskasse und Bundesvermögensamt
- Katasteramt
- Gebäudemanagement Schleswig-Holstein AöR
- Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr SH, Standort Flensburg

- Polizeidirektion, Bezirkskriminalinspektion, Bundespolizeiinspektion und Bundespolizeiamt
- Universität und Fachhochschule Flensburg
- Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr SH, Straßenmeisterei FL-West
- Arbeitsgericht Flensburg
- Hauptzollamt Itzehoe und Zollabfertigungsstelle Flensburg
- Kraftfahrt-Bundesamt

5.4.3 Technisches Betriebszentrum Flensburg

Das technische Betriebszentrum Flensburg (TBZ) hat aufgrund seiner vielfältigen Aufgaben verschiedenste Informationen beigesteuert. Der Tätigkeitsbereich umfasst die Abfallbeseitigung, Stadtreinigung, Entwässerung/Klärwerk, Straßenbau und Grünflächenpflege/Forst.

Stromverbrauch

Für den Tätigkeitsbereich "Straßen" sind beim TBZ Informationen bezüglich der Ampelanlagen, der Parkscheinautomaten und der Straßenbeleuchtung vorhanden. Es wurden jeweils der Stromverbrauch und die Anzahl der Objekte für das Jahr 2008 ausgewiesen. Für das Jahr 1990 lagen keine Daten vor, so dass eine Entwicklung über die Jahre nicht abgebildet werden kann.

Mit einem Stromverbrauch von 4.000 MWh zählte die Straßenbeleuchtung zu einer der größeren Positionen. Bezogen auf den gesamten Strombedarf in Flensburg machte die Straßenbeleuchtung 1 % aus. Um die Entwicklung abzubilden, wurde von den Stadtwerken Flensburg der Verbrauch aus den Jahren 1999 bis 2008 ermittelt. Insgesamt sind in Flensburg fast 10.000 Straßenleuchten vorhanden. Hinzu kommen im Straßenbereich ca. 100 Ampelanlagen und die Parkscheinautomaten.

Weitere Stromverbraucher sind neben dem Zentralstandort und den Recyclinghöfen des TBZ die 45 Pumpstationen für das 490 km umfassende Kanalnetz für das Schmutz- und Regenwasser.

Wärmeverbrauch

Der Wärmebedarf des TBZ fällt gering aus. Im Bestand befindet sich nur ein Wärmeverbraucher, der seinen Bedarf extern decken muss. Dies ist der Zentralstandort mit seinen zwei Gebäuden und einer angrenzenden Halle. Auch hier liegt nur ein Wert für das Jahr 2008 vor. Er beläuft sich auf 500 MWh.

5.4.4 Kläranlage

In der 1962 in Betrieb genommenen Kläranlage wurden im Jahr 2008 über 10 Mio. m^3 Abwasser behandelt. Das in den Faultürmen der Anlage entstehende Klärgas wird in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt. Die Eigenerzeugung an Wärme ist ausreichend, um 100 % des thermischen Energiebedarfs

abzudecken. Ein Fernwärmeanschluss ist nicht vorhanden. Der Wärmeverbrauch in der Kläranlage wird nicht gemessen. Er kann aber indirekt abgeschätzt werden (s. u.) Zur Deckung des Strombedarfs reicht die Stromeigenerzeugung nicht aus.

Vom Klärwerksleiter wurden die Daten für die Klärgasproduktion, dem Methangehalt und dem Stromverbrauch sowie der Stromerzeugung durch die BHKW für die Jahre 1990 und 2006 geliefert. Über einen angenommenen Gesamtwirkungsgrad der BHKW von 90 % konnte über Differenzrechnung die Wärmeerzeugung ermittelt werden. Eine Übersicht der Daten ist in Tabelle 12 gegeben. Die deutliche Erhöhung des Stromverbrauches um über 100 % ist auf einen intensiven Ausbau und eine stromintensivere technische Erweiterung der Behandlungsschritte zurückzuführen. Dementsprechend sind die Werte aus den Jahren 1990 und 2006 nicht direkt vergleichbar.

Tabelle 12 – Energierelevante Daten der Kläranlage Flensburg

	1990	2006
Klärgas [m^3]	1.270.000	1.830.000
Wärmeerzeugung [MWh]	5.068	6.994
Stromerzeugung [MWh]	2.090	3.320
Stromverbrauch [MWh]	3.660	7.520

5.4.5 Krankenhäuser

Im Bereich des medizinischen Gesundheitswesens wurden die Daten von den beiden größten Einrichtungen in Flensburg, die Ev.-Luth. Diakonissenanstalt zu Flensburg (Diako) und die Malteser St. Franziskus gGmbH erhoben. Neben der Anzahl der Planbetten und der Bruttogeschossfläche lieferten beide Krankenhäuser die komplette Datenreihe von 1990 bis 2008 für den Fernwärmebedarf, den Strom- und den Heizölverbrauch.

Tabelle 13 – Energieverbrauch der Krankenhäuser

	1990	1994	1998	2002	2006
Fernwärmeverbrauch [MWh/a]	12.169	12.407	13.309	14.223	12.527
Stromverbrauch [MWh/a]	6.157	6.376	7.501	8.029	7.972
Heizölverbrauch [ltr./a]	370.703	453.174	488.261	351.548	440.061

5.4.6 Kleinverbraucher

Bei den erhobenen Daten konnte es sich wegen der Vielfältigkeit des Sektors nur um eine Teilerhebung handeln. Mit Hilfe der Daten der Stadtwerke Flensburg wurde der gesamte Strom- und Fernwärmverbrauch des Sektors errechnet. Sonstige Verbraucher, hier als Kleinverbraucher bezeichnet, wurden über Differenzbildung zwischen dem gesamten Energieverbrauch des GHD-Sektors und den konkret erhobenen Verbräuchen

ermittelt. Im Wärmebereich machen sie 79 % und im Strombereich 74 % des Verbrauchs im GHD-Sektor aus.

5.5 Endenergieverbrauch

Die Entwicklung des zusammengefassten Endenergiebedarfs im Flensburger Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektors ist in Tabelle 14 dargestellt. Er liegt im Jahr 2006 bei 388 GWh und ist im Vergleich zum Jahr 1990 um 4 % gestiegen. Die Zahlen in Tabelle 14 zeigen jedoch, dass der GHD-Sektor starken Schwankungen unterworfen ist. Dies liegt u. a. an der Berechnungsart. Der Energieverbrauch des GHD-Sektors wird von den Stadtwerken Flensburg nicht separat erfasst, sondern wird beim Wärmebedarf zusammen mit Industrie- und Haushaltskunden ausgewiesen. Der Strombedarf wird zusammen mit dem Industriesektor ausgewiesen. Der Energiebedarf der Industrie wurde den Tabellen des Statistischen Landesamtes entnommen. Beim Heizwärmebedarf der Haushalte wurde angenommen, dass die bundesdurchschnittliche Entwicklung des Energieverbrauchskennwerts (EVKW) auch für Flensburg gilt. Die Schwankungen in der temperaturbereinigten Fernwärmeabnahme werden somit allein dem GHD-Sektor zugerechnet. Der Fernwärmebedarf macht einen Anteil von zwei Dritteln des gesamten Endenergiebedarfs des GHD-Sektors aus.

Tabelle 14 – Endenergiebedarf des Flensburger GHD-Sektors

	1990	1994	1998	2002	2006
Endenergieverbrauch [MWh/a]	371.745	404.755	343.711	443.809	387.612

5.6 Emissionen

Die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden Emissionen sind in Tabelle 15 dargestellt. Im Gegensatz zum leicht gestiegenen Energieverbrauch sinken die Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2006 um 2 %. Dies ist auf eine Steigerung des Fernwärmebedarfs und eine Senkung des Stromanteils am gesamten Endenergiebedarf zurückzuführen, da die Stromerzeugung in Flensburg einen spezifisch höheren Emissionsfaktor als die Wärmebereitstellung aufweist.

Tabelle 15 – Treibhausgasemissionen des Flensburger GHD-Sektors

	1990	1994	1998	2002	2006
Emissionen [t CO_{2eq}/a]	236.239	248.853	229.506	251.386	231.039

6 Industriesektor

6.1 Allgemeine Informationen

In den Bereich der Industrie fallen alle Betriebe der Wirtschaftszweigkategorie B und C nach der Wirtschaftszweigsystematik 2008 (WZ 2008) des Statistischen Bundesamts. Dies beinhaltet den Bergbau, die Gewinnung von Steinen und Erden sowie das verarbeitende Gewerbe mit mehr als 20 Mitarbeitern. Innerhalb Schleswig-Holsteins wurde die Beschäftigungsgrenze von 20 Mitarbeitern in gewissen Wirtschaftszweigen auf eine Grenze von zehn Mitarbeitern heruntergesetzt [Statistikamt Nord, pers. Mitteilung]. Dies führt z. T. zu Überschneidungen zwischen dem GHD- und Industriesektor.

Das verarbeitende Gewerbe der kreisfreien Stadt Flensburg erwirtschaftete im Jahr 2006 einen Umsatz von 4,1 Mrd. Euro. Dies entspricht einem Wachstum von 3,7 % gegenüber dem Vorjahr. Der Umsatz wurde von 7.445 Beschäftigten in 45 Betrieben erzielt. Im Vergleich hierzu wurden im Jahr 1990 von 68 Betrieben mit 9.223 Beschäftigten ein Umsatz von deutlich unter 1 Mrd. Euro erzielt. Dabei ist zu bemerken, dass innerhalb des Betrachtungszeitraumes (1990 bis 2008) die Systematik der statistischen Datenerhebung dreimal angepasst wurde, u. a. aufgrund der europäischen Verordnung (EWG) Nr. 3037/90, und somit nicht zwangsläufig eine durchgängige Vergleichbarkeit der Daten gegeben ist.

- Bis 1994: Erhebung nach SYPRO (Fassung für die Statistik im Produzierenden Gewerbe)
- Bis 2003: WZ 1993 (Wirtschaftszweigsystematik des Jahres 1993, umgesetzt 1995)
- Bis 2008: WZ 2003 (Wirtschaftszweigsystematik des Jahres 2003)
- Ab 2008: WZ 2008 (Wirtschaftszweigsystematik des Jahres 2008)

Aufgrund der notwendigen Fortschreibbarkeit der erhobenen Daten und der Nähe des Basisjahres zur aktuellen Fassung der Wirtschaftszweigsystematik findet die WZ 2008 Anwendung bei der Analyse des Flensburger Industriesektors. Dies führt zu einer Umordnung innerhalb, aber auch außerhalb der Wirtschaftsabteilungen. So zählt unter anderem das Verlagsgewerbe nicht mehr zum Sektor des Verarbeitenden Gewerbes. Diese Umstellung hat für Flensburg keine Bedeutung, da die ansässigen Unternehmen in diesem Bereich als Druckgewerbe, und somit weiterhin als Industriebetriebe, klassifiziert sind. Eine Umstellung ergibt sich jedoch im Recyclingsektor, der jetzt nicht mehr dem Verarbeitenden Gewerbe zugerechnet wird. Die Grundgesamtheit der in Flensburg ansässigen Industriebetriebe reduziert sich hierdurch um einen Betrieb.

Vor der detaillierten Erhebung der Energieverbräuche der Flensburger Industrie waren die ansässigen industriellen Betriebe zu ermitteln. Hierfür wurde auf den "Monatsbericht für das verarbeitende Gewerbe" (30.09.2009) des Statistischen Bundesamts zurückgegriffen [Statistisches Bundesamt 2009 b]. Dieser weist für das Jahr 2006 für Flensburg 44 Industrieunternehmen aus, ohne jedoch die einzelnen Unternehmen namentlich zu benennen. Mit Hilfe des Statistikamts Nord, der IHK und eigenen Recherchen konnten von den 44 Unternehmen die größten 27 identifiziert und eindeutig dem Industriesektor zugeordnet werden. Bei 15 Unternehmen war eine klare Zuordnung nicht möglich. Aufgrund abweichender Definitionen bei den genannten Institutionen für den Industriesektor bleibt die Frage offen, welche der Unternehmen dem GHD-Sektor oder dem Industriebereich zuzuordnen sind. Zudem konnten z. T. nur Unternehmenslisten aus dem Jahr 2009 eingesehen werden, so dass eventuell einige der 15 Unternehmen im Jahr 2006 in Flensburg noch nicht ansässig waren. Die verbleibenden zwei Unternehmen ließen sich nicht identifizieren.

6.2 Methodik der Datenerhebung

Die 27 identifizierten Unternehmen wurden kontaktiert (Telefon, E-Mail und Vorort-Besuche) und über den Fernwärme-, Strom- sowie ggf. Erdgas- und Heizölverbrauch der Jahre 2006 und 1990 befragt. Zum 15.12.2009 endete die Datenerhebung mit dem Ergebnis von 21 Rückmeldungen für das Jahr 2006. Für das Jahr 1990 konnten nur noch fünf Betriebe Auskunft geben, da Unterlagen zumeist nicht länger als zehn Jahre aufbewahrt werden.

Eine Übersicht der in Flensburg vertretenen Wirtschaftszweige gibt Tabelle 16.

Tabelle 16 – Anzahl der Flensburger Industriebetriebe nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig nach WZ 2008	Anzahl Betriebe	Daten vorhanden
Gew. v. Steinen u. Erden, sonst. Bergbau	1	0
H.v. Nahrungs- und Futtermitteln	6	3
Getränkeherstellung	1	1
Textilgewerbe	1	0
H.v. Papier, Pappe und Waren daraus	1	1
H.v. Druckerzeugnissen etc.	5	0
H.v. pharmazeutischen Erzeugnissen	1	1
H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	4	1
H.v. Glas und Glaswaren, Keramik	1	1
H.v. Metallerzeugnissen	4	0
H.v. DV-Geräten, elektr. und opt. Erzeugnisser	6	2
H.v. elektrischen Ausrüstungen	1	1
Maschinenbau	9	7
H.v. Kraftwagen und Kraftwagenteilen	1	1
Sonstiger Fahrzeugbau	1	1
H.v. sonstigen Waren	1	1
GESAMT	**44**	**21**

Für die fünf größten Unternehmen in Flensburg wurde eine detaillierte Betrachtung vorgenommen. Es fanden Treffen und Betriebsbegehungen bei der Mitsubishi HiTec Paper Flensburg GmbH, der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG, der Raiffeisen Produktions-GmbH, der Flensburger Brauerei Emil Petersen GmbH & Co. KG sowie der Flensburger Fahrzeugbau-Gesellschaft mbH statt. Fragen bezüglich der Energieversorgungsstruktur wurden mit den jeweiligen Ansprechpartnern im Laufe des Januars und Februars 2010 geklärt.

Parallel zur Befragung wurden beim Statistischen Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein die „Statistischen Berichte des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein, Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes in Schleswig-Holstein“ eingesehen. Sie schlüsseln den Gesamtenergieverbrauch der Flensburger Industrie nach verwendeten Energieträgern auf. Über diese Daten ließ sich der Energieverbrauch der kleineren, nicht befragten Unternehmen bestimmen.

6.3 Bruttowertschöpfung

Die Entwicklungen im Flensburger Industriesektor sind stark geprägt durch die Zu- und Abwanderung von Unternehmen. Aufgrund der geringen Anzahl großer Unternehmen spiegeln sich Einzelereignisse deutlich im Energieverbrauch und der Bruttowertschöpfung in Flensburg wider. Eine Auflistung der Bruttowertschöpfung des Flensburger Industriesektors zwischen den Jahren 1996 und 2006 ist in Tabelle 17 dargestellt. Die nominale Bruttowertschöpfung wurde der "Regionaldatenbank

Deutschland" von den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder entnommen. In dieser Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung werden Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung nach Kreisen und kreisfreien Städten aufgeschlüsselt.

Die nominale Bruttowerschöpfung wurde über einen Preisindex bezogen auf das Jahr 2006 (= 100 %) in reale Werte umgerechnet. Für den Preisindex wurde auf den Preisindex vom Statistischen Bundesamt für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung mit dem Bezugsjahr 2006 zurückgegriffen und auf das Jahr 2006 normiert [Statistisches Bundesamt 2009 c].

Anhand der so bestimmten realen Bruttowertschöpfung mit dem Bezugsjahr 2006 lässt sich das jährliche Wachstum des Industriesektors in Flensburg berechnen. Wie aus Tabelle 17 ersichtlich, ist die Entwicklung im Industriebereich stark durch Einzelergebnisse geprägt und somit zur Bestimmung eines langfristigen Trends nur bedingt geeignet. Wird dennoch für die Jahre von 1996 bis 2006 die durchschnittliche, preisbereinigte Veränderung der Bruttowertschöpfung errechnet, so ergibt sich ein jährliches Wachstum von 0,92 %.

Tabelle 17 – Entwicklung der Bruttowertschöpfung des Flensburgers Industriesektors

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Bruttowertschöpfung nominal (Tsd. €)	524.208	634.751	764.787	673.454	500.139	415.829
Kettenindex 2006	86,2	87,8	89,5	91,3	94,3	95,4
BWS real 2006er Preise (Tsd. €)	608.136	723.326	854.165	737.331	530.547	435.709
Jährliches Wachstum		18,9%	18,1%	-13,7%	-28,0%	-17,9%
	2002	2003	2004	2005	2006	
Bruttowertschöpfung nominal (Tsd. €)	529.742	571.193	712.933	630.061	666.428	
Kettenindex 2006	95,4	95,2	96,4	97,1	100,0	
BWS real 2006er Preise (Tsd. €)	555.067	599.804	739.710	648.713	666.428	
Jährliches Wachstum	27,4%	8,1%	23,3%	-12,3%	2,7%	
	1996 - 2006					
Durchschnittlicher Wachstum/a preisbereinigt	0,92%					

6.4 Wärmeverbrauch

Für die Flensburger Industrie spielen für die Bereitstellung von Wärme die Energieträger Heizöl, Erdgas und Fernwärme eine Rolle. Der Heizölverbrauch wurde für die Jahre 1990 bis 1994 nach schwerem und leichtem Heizöl unterschieden. Nach der 1995er Umstellung auf eine neue Systematik der amtlichen Statistik fällt diese Unterscheidung weg. Für die Jahre 2000 bis 2002 liegen keine Angabe des Verbrauches an Heizöl und Erdgas vor. Die Werte für diese drei Jahre wurden linear interpoliert. Auch der Wert für den Erdgasverbrauch im Jahr 1995 wurde interpoliert. Sowohl die statistischen Angaben als auch die eigene Datenerhebung beziehen sich auf den Sekundärenergieeinsatz, der hier weitestgehend dem Endenergieeinsatz entspricht.

Eine separate Ausweisung der einzelnen Energieträger ist in Abbildung 14 zu finden. Die Entwicklung des Energieverbrauches ist geprägt durch den starken Rückgang der ansässigen Unternehmen. Gegenüber dem Jahr 1990 sank der Erdgasverbrauch bis zum Jahr 2006 um fast 48 %. Der Heizölverbrauch verringerte sich gegenüber dem Basisjahr 1990 um knapp 50 %. Der starke Rückgang der beiden Energieträger in den Jahren von 1990 bis 2006 ist durch den starken Rückgang der ansässigen Unternehmen begründet.

Die Fernwärme wurde erst ab dem Jahr 2003 als separater Energieträger beim statistischen Landesamt Schleswig-Holstein ausgewiesen. Für die Jahre 1990 bis 2002 wird auf den Fernwärmeverbrauch aus der Datenerhebung unter den Großverbrauchern zurückgegriffen. Über einen Vergleich der Daten aus den Jahren 2002 und 2003 ergibt sich ein Fernwärmebedarf für die restlichen Unternehmen in einer Größenordnung von 20.000 MWh. Dieser Wert wird für die Berechnung des Fernwärmeverbrauchs der kleineren Unternehmen für die Jahre 1990 bis 2002 konstant gesetzt. In Abbildung 14 ist die Entwicklung des Wärmebedarfs im Flensburger Industriesektor dargestellt.

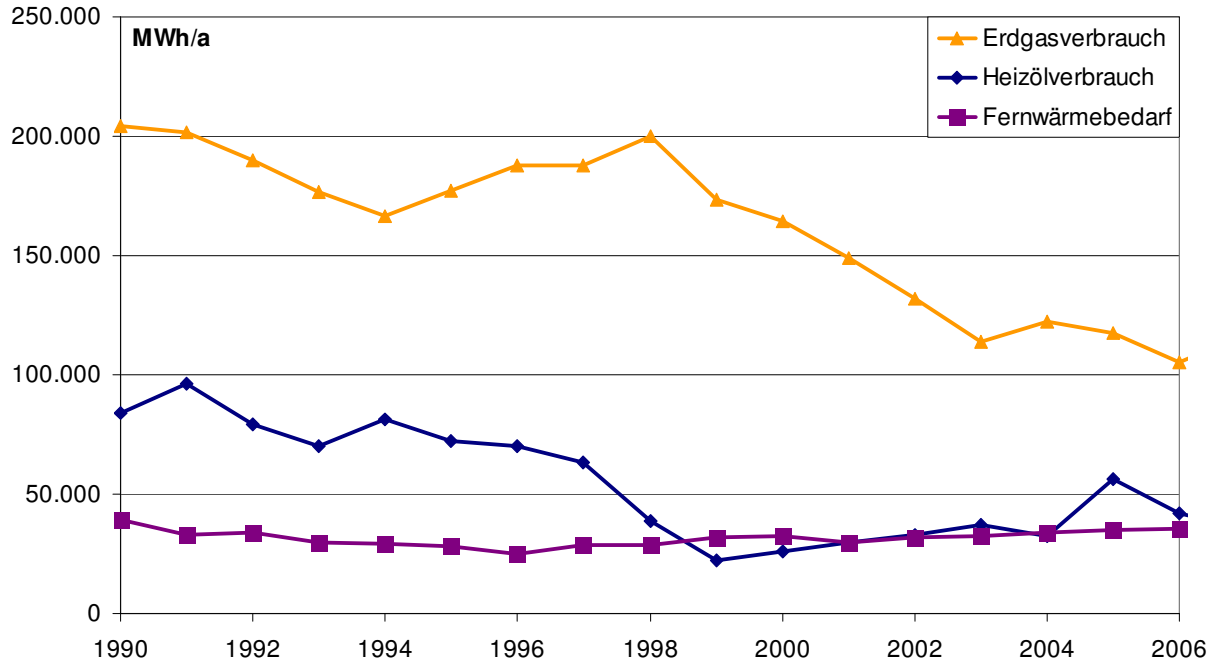

Abbildung 14 – Erdgas-, Heizöl- und Fernwärmebedarf im Industriesektor zur Deckung des Wärmebedarfs

6.5 Stromverbrauch

Ebenso wie der Wärmebedarf ist auch die Stromnachfrage des Industriesektors geprägt durch die Abwanderung bzw. Schließung von Unternehmen. Bis zum Jahr 1997 ließ sich ein Wachstum des Strombedarfs auf den Höchstwert von 209.000 MWh feststellen. Seitdem sank die Nachfrage bis zum Jahr 2006 auf einen Wert von 160.000 MWh. Von 1990 bis 2006 reduzierte sich der Strombedarf um über 12 %. Eine Auflistung ist in Tabelle 18 zu sehen. Anhand der realen Bruttowertschöpfung (Basisjahr 2006) lässt

sich die Stromintensität errechnen. Es handelt sich hierbei um eine spezifische Kennzahl, welche den Stromverbrauch ins Verhältnis zur Bruttowertschöpfung setzt. Sie lag im Jahr 2006 bei einem Wert von 239 MWh pro Mio. $€_{BWS}$. Zur besseren Einordnung dieses Wertes wurde die Stromintensität des gesamten Industriesektors in Deutschland ermittelt. Im Jahr 2006 lag sie bei 425 MWh pro Mio. $€_{BWS}$ [berechnet mit Daten aus: Statistisches Bundesamt 2009 c; AG Energiebilanzen 2009]. Schon anhand dieser beiden Zahlen wird deutlich, dass in Flensburg so gut wie keine stromintensive Industrie ansässig ist.

Tabelle 18 – Stromverbrauch und -intensität des Industriesektors

	1990	1994	1998	2002	2006
Stromverbrauch [MWh/a]	181.932	204.230	203.599	161.645	159.591
Stromintensität [MWh / Mio.$€_{BWS}$]	- / -	- / -	238	291	239

6.6 Zusammensetzung des Endenergieverbrauches im Jahr 2006

Eine Zusammenfassung des Endenergiebedarfes im Industriesektor und der Ergebnisse der Datenerhebung ist in Tabelle 19 dargestellt. Vom gesamten Strom- und Wärmebedarf der Flensburger Industrieunternehmen in Höhe von 343 GWh im Jahr 2006 wurden durch die eigene Datenerhebung 271 GWh im Detail abgebildet. Somit können über 80 % des Flensburger Energieverbrauchs im Industriesektor firmengenau zugeordnet werden. Die fünf Großverbraucher zuzüglich Danfoss verbrauchten alleine 265 GWh im Jahr 2006, entsprechend 77 % des gesamten industriellen Energiebedarfs. Diese Zahl verdeutlicht, dass eine detaillierte Betrachtung der großen Unternehmen unumgänglich ist.

Tabelle 19 – Zusammenfassung der Ergebnisse der Datenerhebung und des gesamten Endenergieverbrauches in MWh

	2006	Gesamt	Daten-erhebung	5 Großver-braucher	Verbrauch nicht befragter Firmen
Wärme	Heizöl	41.979	32.995	30.353	8.984
	Erdgas	105.576	93.087	92.904	12.489
	Fernwärme	35.746	30.847	11.474	4.899
	Wärme Gesamt	183.302	156.929	134.731	26.373
	Strom	159.591	114.570	70.504	45.021
	Gesamt	**342.893**	**271.499**	**205.235**	**71.394**

6.7 Emissionen

Bei der Berechnung der Emissionen im Industriesektor ist zwischen Eigenerzeugung und Fremdbezug zu unterschieden. Zur Deckung des Wärmebedarfs werden Heizöl, Erdgas und Fernwärme eingesetzt, die mit den in Abschnitt 3.4 angegebenen Emissionsfaktoren zur Bestimmung der freigesetzten Treibhausgase verrechnet

werden. Die Stromnachfrage wird größtenteils von den Stadtwerken Flensburg bedient. Nur ein Unternehmen, die Mitsubishi HiTec Paper Flensburg GmbH, erzeugte im Jahr 2006 einen geringen Anteil seines Strombedarfes selbst.

Die resultierenden Emissionen sind der Tabelle 20 zu entnehmen. Im Vergleich zum Jahr 1990 reduzierte sich die Freisetzung klimarelevanter Treibhausgase im Industriesektor um 23 % und lag somit im Jahr 2006 bei ca. 200.000 t CO_{2eq}.

Tabelle 20 – Treibhausgasemissionen im Flensburger Industriesektor in t CO_{2eq}

	1990	1994	1998	2002	2006
Wärme	90.721	76.973	71.074	54.260	52.678
Strom	171.588	192.937	195.113	148.295	147.603
Kraftstoffe	478	321	327	523	667
Gesamt	**262.787**	**270.231**	**266.513**	**203.078**	**200.948**

7 Verkehrssektor

Der Verkehrssektor umfasst den motorisierten Individualverkehr (MIV), den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) sowie den Gütertransport. Der hier betrachtete ÖPNV unterteilt sich in lokale und regionale Angebote. Überregionale Angebote wurden nicht einbezogen. Der Energiebedarf dieses Sektors wird im Wesentlichen durch direkten Kraftstoffeinsatz gedeckt, der Anteil des Bahnstroms ist gering. Es erfolgt keine Aufteilung in privaten und gewerblichen Verkehr.

7.1 Motorisierter Individualverkehr

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) stellt den Überbegriff für individuell genutzte Personenkraftwagen (PKW) und Krafträder dar. Der Energieverbrauch und die Emissionen des MIV hängen von den Entscheidungen einer großen Anzahl Einzelverbraucher ab. Eine exakte Bestimmung der Werte ist ohne einen unverhältnismäßigen Aufwand nicht möglich, weshalb auch die amtlichen Statistiken beide Werte über Modellrechnungen ermitteln [vgl. BMVBS 2009, S. 153]. Dazu werden Fahrleistungs- und Verbrauchsberechnungen angestellt, die jährlich vom BMVBS in der Publikation „Verkehr in Zahlen“ aktualisiert werden [BMVBS 2009]. Eine Übersicht der verwendeten Daten und Rechenschritte ist Abbildung 15 zu entnehmen.

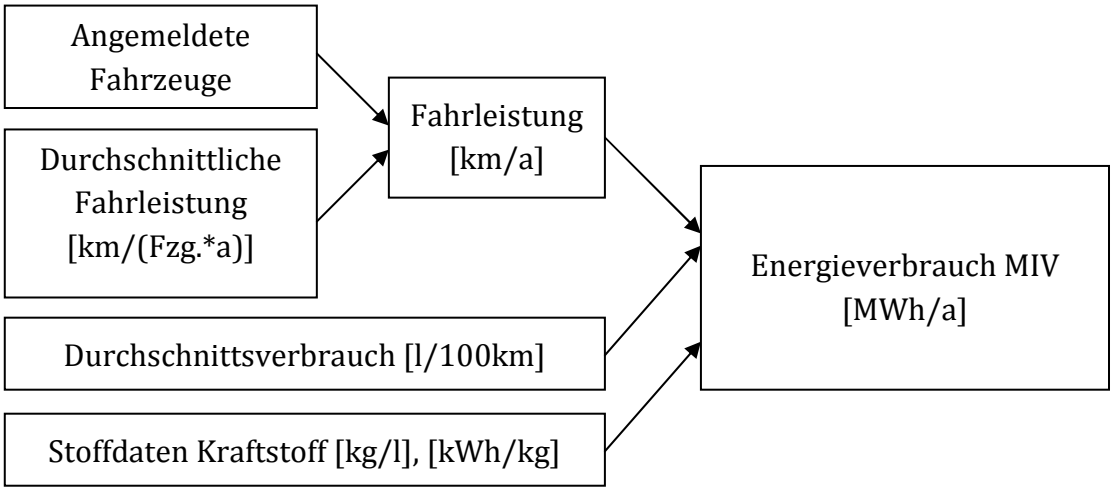

Abbildung 15 – Benötigte Daten zur Berechnung des Energieverbrauchs des MIV

7.1.1 Abgrenzung der einbezogenen Fahrzeugklassen

In der amtlichen Statistik wird die durchschnittliche Fahrleistung für alle Fahrzeugklassen ermittelt. Durchschnittsverbrauchswerte liegen dagegen nur für die Kategorie „PKW und Kombi insgesamt“ vor [BMVBS 2009, S. 154/5; S. 286/7]. Damit müssten zur Ermittlung des Energieverbrauchs durch Krafträder Schätzwerte herangezogen werden. Die Größenordnung des dadurch möglichen Fehlers wird durch

den Anteil der Fahrleistung von Mopeds und Krafträdern an der Gesamtfahrleistung des MIV bestimmt. Dieser lag im Jahr 2006 bundesweit bei 3,0 % [BMVBS 2009, S. 155].

Für die gemeldeten Krafträder in Flensburg ist im Betrachtungszeitraum keine vollständige Zeitreihe vorhanden; für die gegebenen Jahre 2003-2006 liegt der Wert bei ca. 2.900 Fahrzeugen [Statistikamt Nord 2006, S.1]. Geht man von einem Durchschnittsverbrauch von bspw. 4 l/100 km und der ausgewiesenen Fahrleistung von ca. 3.300 km/a aus [BMVBS 2009, S. 155], so ergibt sich ein Anteil am Energieverbrauch des MIV durch Krafträder von unter 1 %. Aufgrund dieses geringen Wertes sind die Krafträder in der Bilanz als vernachlässigbar anzusehen und werden nicht mit in die Betrachtung des Status Quo einbezogen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich somit ausschließlich auf die Kategorie „PKW und Kombi insgesamt".

7.1.2 Berechnung des Endenergieverbrauchs

Eine Aufgliederung der Fahrleistungen und Durchschnittsverbräuche bis auf die Ebene der Kreise und kreisfreien Städte liegt nicht vor. Eine Verbesserung der Datenlage könnte sich aus der für 2010 geplanten Mobilitätsumfrage für Flensburg ergeben.

Für das vorliegende Gutachten wurden die genannten bundesdurchschnittlichen Werte übernommen [BMVBS 2009]. Die bestimmende Größe für den Energieverbrauch des MIV ist die Anzahl der in Flensburg gemeldeten PKW. Abgesehen vom Jahr 2002 konnten entsprechende jährliche Angaben dem „Flensburger Zahlenspiegel 2001" und der schleswig-holsteinischen Übersicht des Kfz-Bestands entnommen werden. Vor allem in den Jahren 2005 und 2006 waren steile Zuwächse zu beobachten. Insgesamt stieg die Zahl der in Flensburg gemeldeten (privat **und** gewerblich genutzten) PKW von 35.283 im Jahr 1990 um 49 % auf 52.597 im Jahr 2006 an [Stadt Flensburg 2001, S. 153; Statistikamt Nord 2006, S. 1]. Dieser Trend ist unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung, wie die relative Kennzahl verdeutlicht: Im gleichen Zeitraum nahm der PKW-Besatz von 406 auf 607 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner zu. Auch dies entspricht einem Anstieg um knapp 50 % bzw. durchschnittlich 2,5 % p. a.

Es wird angenommen, dass der Flensburger Anteil von Dieselfahrzeugen an der Gesamtmenge gemeldeter PKW dem Bundesdurchschnitt entspricht. Dieser Anteil hat sich im Betrachtungszeitraum annähernd verdoppelt, er stieg von 11,8 % (1991) auf 21,9 % (2006) [BMVBS 2009, S. 134]. Diese Entwicklung beeinflusst die durchschnittliche Fahrleistung, die für PKW mit Dieselmotor grundsätzlich höher ist als für PKW mit Ottomotoren. Im Verlauf des Betrachtungszeitraums ist dieser Sachverhalt noch deutlicher hervorgetreten. Während die durchschnittliche Fahrleistung von PKW mit Ottomotoren von 13.300 km/a im Jahr 1990 auf 10.500 km/a im Jahr 2006 sank, erhöhte sich dieser Wert für PKW mit Dieselmotoren von 18.700 auf 19.600 km/a [BMVBS 2009; S. 286/7]. Daraus ergibt sich für die durchschnittliche Fahrleistung aller PKW im Betrachtungszeitraum eine Abnahme von 14.100 auf 12.600 km/a [ebd.].

Ausgehend von den genannten Daten und Annahmen ergibt sich für Flensburg eine Erhöhung der gesamten Fahrleistung in den Jahren 1990 bis 2006 durch PKW von knapp 492 auf 657 Mio. km - eine Zunahme um 34 %.

Zur Berechnung des Energieverbrauchs im MIV wird die Fahrleistung mit dem bundesdurchschnittlichen spezifischen Kraftstoffverbrauch multipliziert, wobei für beide Rechenglieder nach Kraftstoffarten unterschieden wird. Von 1990 bis 2006 nahm der spezifische Dieselverbrauch von 7,8 auf 6,9 l/100 km ab, der spezifische Benzinverbrauch sank von 9,7 auf 8,3 l/100 km. Eine Gegenüberstellung der Entwicklungen von Durchschnittsverbrauch und Fahrleistung ist in Abbildung 16 dargestellt.

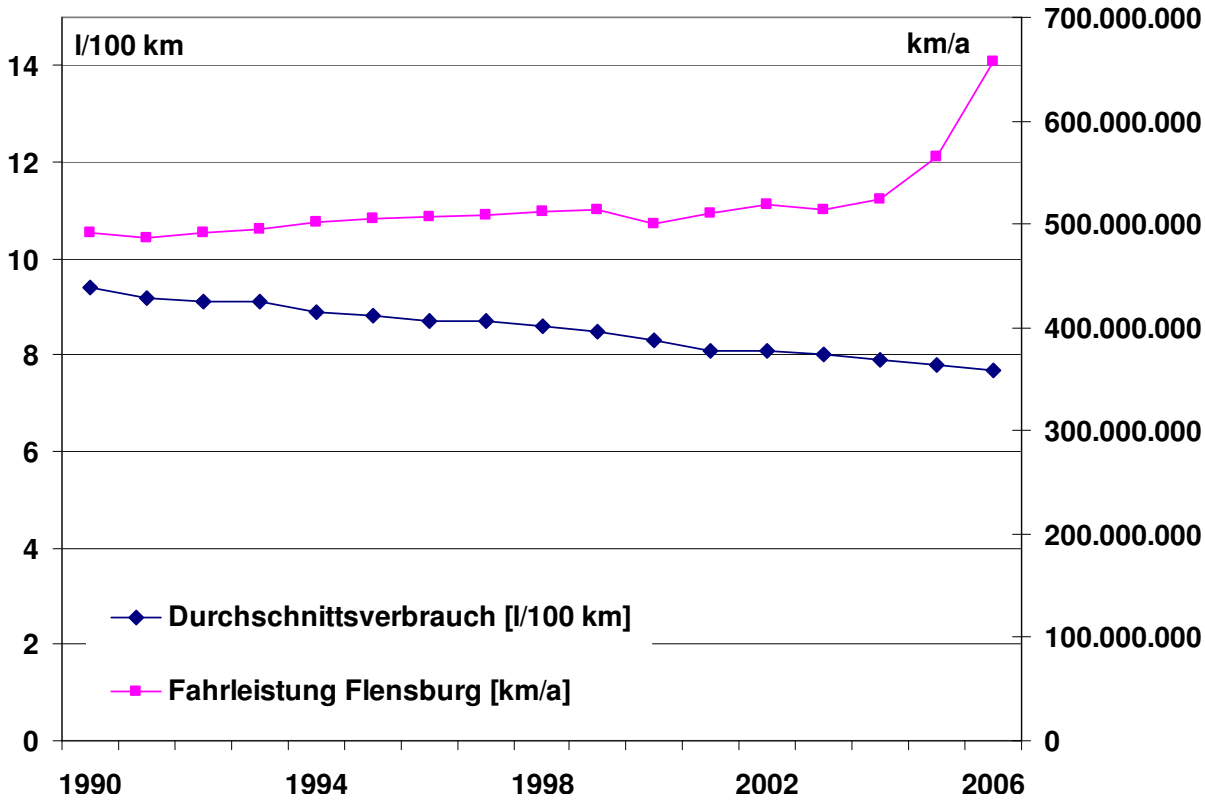

Abbildung 16 – Entwicklung von Durchschnittsverbrauch und Fahrleistung (PKW)

Aus der dargestellten gegenläufigen Entwicklung von Durchschnittsverbrauch und Fahrleistung ergibt sich im Betrachtungszeitraum eine Zunahme des Endenergieverbrauchs im MIV um 13,7 %. Tabelle 21 gibt eine Übersicht dieser Entwicklung.

Tabelle 21 – Endenergieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs in Flensburg

MIV Energieverbrauch	1990	2000	2006
Diesel [MWh/a]	60.217	73.508	154.397
Benzin [MWh/a]	351.280	297.663	313.271
Summe [MWh/a]	411.497	371.172	467.668

7.1.3 Berechnung der Treibhausgasemissionen

Wie auch in den anderen Sektoren wird zur Berechnung der Treibhausgasemissionen des MIV jedem Energieträger ein direkter und indirekter Emissionsfaktor zugeordnet (s. Abschnitt 3.4). Unter Verwendung der auf S. 20 in Tabelle 1 dargestellten Emissionsfaktoren für Diesel und Benzin ergibt sich die in Tabelle 22 zusammengestellte Entwicklung.

Tabelle 22 – Treibhausgasemissionen des motorisierten Individualverkehrs in Flensburg

MIV Emissionen	1990	2000	2006
Diesel [t CO_{2eq}]	16.277	19.869	41.733
Benzin [t CO_{2eq}]	95.513	80.935	85.178
Summe [t CO_{2eq}]	111.790	100.804	126.912

Die Treibhausgasemissionen des MIV haben im Betrachtungszeitraum um 13,5 % zugenommen. Der geringe Unterschied zur Zuwachsrate des Endenergieverbrauchs erklärt sich durch den gestiegenen Anteil an Dieselkraftstoff an der Bilanz. Diesem wird gemäß der Tabelle 1 auf S. 20 ein etwas niedrigerer spezifischer Emissionsfaktor zugeordnet.

7.2 Öffentlicher Personenverkehr

Bei der Betrachtung des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV) wurde zwischen lokalen, regionalen und überregionalen Angeboten unterschieden und je nach Relevanz über die Einbeziehung in die Energie- und Treibhausgasbilanz entschieden.

7.2.1 Überregionale Angebote

Eine eindeutige Zuordnung des überregionalen Verkehrsaufkommens zu einzelnen Kreisen oder kreisfreien Städten ist aus der vorliegenden Bundesstatistik nicht möglich. Eine anteilige Zurechnung je Einwohner wird dem Anspruch einer Stadtgebiets-Bilanz nicht gerecht. Sie kann auch in der Fortschreibung nicht an Aussagekraft gewinnen, da der entstehende Trend stets vom Bevölkerungswachstum und bundesweiten Entwicklungen abhängen wird. Überregionale ÖPV-Angebote werden **nicht** in die Flensburger Energie- und Treibhausgasbilanz mit einbezogen.

Dennoch soll nachrichtlich eine Größenordnung für den damit nicht berücksichtigten Anteil am Fernverkehr genannt werden. Allein für private Flugreisen stellte das Statistische Bundesamt im Zeitraum von elf Jahren ein Wachstum der Treibhausgasemissionen um 60 % fest; von 15 Mio. t im Jahr 1995 auf 24 Mio. t im Jahr 2006 [Mayer/Flachmann 2006, S. 1115]. Umgerechnet auf den Bundesbürger entspricht dies Emissionen von 0,3 t CO_2 pro Person. Im Vergleich hierzu werden in Flensburg durch den motorisierten Individualverkehr jährlich 1,5 t CO_2 pro Bürger emittiert.

In der differenzierten Ausarbeitung des kommunalen Klimaschutzkonzepts für Flensburg wird diese Problematik daher erneut aufgegriffen werden, z.B. in den Bereichen Nachhaltigkeitsbildung und Öffentlichkeitsarbeit.

7.2.2 Regionale Angebote

Auch für regionale ÖPV-Angebote ist eine Zuordnung zu einzelnen Kommunen strenggenommen nicht möglich. Es ist jedoch ein erklärtes Ziel des Klimapakt Flensburg e.V., mittelfristig auch Partner aus der Region in das Klimaschutzkonzept einzubeziehen [Klimapakt 2008, S. 3]. Gerade im Verkehrssektor bietet sich eine regionale Kooperation an, da Lösungen durch einzelne Kommunen kaum realisierbar sind.

Daher wurde eine Schätzung für den Flensburger Anteil am regionalen ÖPV angestellt und in die Energie- und Treibhausgasbilanz einbezogen.

Dabei wurden die Strecken von Flensburg nach Eckernförde, Rendsburg, Niebüll, Kappeln und Husum betrachtet. Damit wird ein großer Teil der Auspendlerströme aus Flensburg erfasst [vgl. traffic-Kontor 2009].

Regionalzüge

Für die Zugverbindungen Flensburg-Eckernförde und Flensburg-Rendsburg konnten jeweils spezifische Emissionsfaktoren verwendet werden, welche das Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) für die Deutsche Bahn in ihrem „UmweltMobilCheck“ zur Verfügung stellt [DB/ifeu 2008]. Wenn mehrere Zugarten mit unterschiedlichen Emissionsfaktoren zur Auswahl standen, wurde der Regionalexpress (RE) als mittlere Geschwindigkeit gewählt. Die Emissionsfaktoren wurden vom ifeu je beförderter Person unter Berücksichtigung der bundesdurchschnittlichen Zugauslastung je Zuggattung für das Basisjahr 2007 berechnet [ifeu 2008, S. 14]. Aus dem schleswig-holsteinischen Landesnahverkehrsplan gehen die entsprechenden Beförderungsleistungen (Personen pro Tag) für die einzelnen Zugstrecken für das Jahr 2007 hervor [LVS 2009, S. 36]. Zur Festlegung eines Flensburger Anteils an den jeweiligen Emissionen und Energieverbräuchen wurde angenommen, dass 10 % der beförderten Personen Flensburger sind. Es ist zu prüfen, ob diese Annahme im Licht der Flensburger Mobilitätsumfrage 2010 untermauert bzw. korrigiert werden kann.

Tabelle 23 - Daten und Annahmen zum Regionalzugverkehr [DB/ifeu 2008; LVS 2009, S. 36]

Regionalzug	kg CO_2/Person	kWh/Person	Personen/Tag	Anteil Flensburg (Annahme)
Flensburg-Eckernförde	6,3	24,5	1150	10%
Flensburg-Rendsburg	5,1	25,4	1650	10%

Aus den in Tabelle 23 zusammengestellten Daten und Annahmen zum regionalen Zugverkehr können der jährliche Energieverbrauch und die jährlichen Emissionen des öffentlichen Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) berechnet werden. Dabei ist das Bezugsjahr das Jahr 2007. Da der Anteil an der Flensburger Energie- und Treibhausgasbilanz sehr gering ist, wurden die in Tabelle 24 angegebenen Ergebnisse vereinfachend auch für die Jahre 1990 und 2006 angenommen.

Tabelle 24 – Energieverbrauch und Emissionen des Regionalzugverkehrs (Flensburger Anteil, 2007)

Regionalzug	MWh/a	t CO_{2eq}/a
Flensburg-Eckernförde	1.028	264
Flensburg-Rendsburg	1.528	307

Regionalbusse

Für die Relationen Flensburg-Niebüll, Flensburg-Kappeln und Flensburg-Husum können ebenfalls personenbezogene Emissionsfaktoren im UmweltMobilCheck abgefragt werden. Zur Anzahl der Personenfahrten pro Tag oder Jahr lagen jedoch für die Regionalbusse keine Daten vor, so dass ein anderes Berechnungsschema angewendet werden musste. Es wurde davon ausgegangen, dass der durchschnittliche Verbrauch von Regionalbussen bei 33 l Diesel je 100 km liegt. Dieser Wert wurde aus dem Mittelwert der Verbrauchsangaben von dem Regionalbusbetreiber Autokraft mit 30 Litern und den Verbauchsdaten aus dem "Handbook emission factors for road transport" (HBEFA) von 35,9 Litern ermittelt. Die jährlichen Fahrleistungen wurden aus den jeweiligen Entfernungen und Fahrplänen abgeleitet. Auch hier wurde ein Flensburger Anteil an den Energieverbräuchen und Emissionen von 10 % angenommen. Da der Anteil an der Flensburger Energie- und Treibhausgasbilanz sehr gering ist, wurden die in Tabelle 25 angegebenen Ergebnisse vereinfachend auch für die Jahre 1990 und 2006 angenommen.

Tabelle 25 – Energieverbrauch und Emissionen des Regionalbusverkehrs (Flensburger Anteil, 2007)

Regionalbus	MWh/a	t CO_{2eq}/a
Flensburg-Niebüll	146	46
Flensburg-Kappeln	129	40
Flensburg-Husum	87	27

Bedeutung für Bilanz und Fortschreibung

Die in Tabelle 24 und Tabelle 25 dargestellten Energieverbräuche und Emissionen durch den öffentlichen Regionalverkehr stellen Schätzwerte dar. Ihre Aufnahme in die Bilanz ist weniger quantitativ als qualitativ zu sehen – z. B. im Zusammenhang mit den Energieverbräuchen und Emissionen des MIV. Reduktionsmaßnahmen in diesem Teilsektor könnten zu einer Verlagerung auf den öffentlichen Regionalverkehr führen, und die hier beschriebenen Rechenschritte und Daten müssten dann in der Fortschreibung entsprechend angepasst werden. Insgesamt ist für den Verkehrssektor zu hoffen, dass die Datenlage durch die Flensburger Mobilitätsumfrage verbessert und die Energie- und Treibhausgasbilanz dementsprechend verfeinert werden kann.

7.2.3 Lokale Angebote

Angebote im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) werden in Flensburg von den Klimapakt-Mitgliedern Aktiv Bus und AFAG sowie verschiedenen Taxiunternehmen bereitgestellt. Energiebedarf und Emissionen der Taxiunternehmen werden nicht gesondert ausgewiesen; sie sind in der Bilanz des MIV enthalten, da in der amtlichen Statistik nicht nach gewerblichen und privaten PKW unterschieden wird. Die Kategorie ÖPNV der Flensburger Energie- und Treibhausgasbilanz setzt sich daher aus den Verbräuchen und Emissionen der beiden Busunternehmen zusammen.

Bei den Flensburger Busunternehmen lagen jeweils Verbrauchs- und Fahrleistungsdaten für die Jahre 1990 und 2006 vor. Diese sind in Tabelle 26 aufsummiert und mit den entsprechenden Treibhausgasemissionen inkl. Vorkette dargestellt.

Tabelle 26 – Fahrleistung, Energieverbrauch und Emissionen des Flensburger ÖPNV

ÖPNV Flensburg	1990	2006
Fahrleistung [km/a]	2.345.835	2.489.034
Energieverbrauch [MWh/a]	10.411	12.601
Emissionen [t CO_{2eq}]	3.265	3.952

Die Emissionen des Flensburger ÖPNV haben demnach im Betrachtungszeitraum um 21 % zugenommen, während die Fahrleistung um 6 % gewachsen ist. Zur Interpretation dieser Daten sind jedoch auch die Fahrgastzahlen eine wichtige Größe. Die Aktiv Bus Flensburg GmbH konnte zusätzlich zur Fahrleistung die beförderten Personen angeben; diese Zahl stieg im Betrachtungszeitraum von 7 auf 8,5 Mio. Fahrgäste. Das entspricht einer Zunahme um 20 %.

7.3 Güterverkehr

Wie für den Personenfernverkehr liegen auch für den Güterverkehr keine kommunalen Statistiken vor. Im Unterschied zum Personenfernverkehr ist es für den Güterverkehr

denkbar, während der Fortschreibung der Bilanz spezifische und aussagekräftigere Daten für Flensburg zu bestimmen, da der ausgehende Güterverkehr direkt von den Flensburger Unternehmen induziert wird. Maßnahmen für eine Emissionsreduktion im Güterverkehr könnten daher in die unternehmensspezifischen Konzepte integriert werden und müssten nicht, wie im Personenfernverkehr, auf Dauer bei den zahlreichen, nur schwierig abzubildenden Einzelentscheidungen der Bürger ansetzen. Zunächst findet der Güterverkehr als proportionaler Anteil an den bundesweiten Emissionen Berücksichtigung in der Flensburger Energie- und Treibhausgasbilanz.

7.3.1 Abgrenzung der einbezogenen Verkehrsträger

Ausgehend von diesem Ansatz wurden die anteiligen Energieverbräuche und Emissionen des bundesweiten Straßen- und Schienengüterverkehrs in die Flensburger Energie- und Treibhausgasbilanz einbezogen. Es wird davon ausgegangen, dass Flensburger Unternehmen keine Güter per Luftfracht exportieren.

Da im Gegensatz zur Flensburger Situation die Treibhauswirkung der bundesweiten Luftfracht jedoch durchaus relevant ist, werden die Daten nachrichtlich mit aufgeführt (vgl. Tabelle 27) [BMVBS 2009, S. 236/7]. Die angegebenen Werte gelten unter der Annahme, dass der Emissionsfaktor in g CO_2/tkm über die Zeit konstant war, da statt einer Zeitreihe nur ein Durchschnittswert vorlag [ifeu 2008 a, S. 38].

Tabelle 27 – Bundesweite Verkehrsleistung und Treibhausgasemissionen der Luftfracht [BMVBS 2009a, S. 236 f.; ifeu 2008 a, S. 38]

bundesweite Emissionen der Luftfracht	1990	2006
spez. Emissionsfaktor [g CO_2/tkm]	656	656
Verkehrsleistung [Mio. tkm]	440	1.172
Emissionen [t CO2/a]	288.312	768.712
"Flensburger Anteil" [t CO2/a]	314	809

Der in Tabelle 27 ausgewiesene „Flensburger Anteil“ wurde über die durchschnittlichen Emissionen der Luftfracht je Bundesbürger berechnet. Er unterstellt einen gleichen Anteil jedes Bundesbürgers an der Verantwortung für die Treibhauswirkung. Eine Erfassung der Daten auf kommunaler Ebene ist nicht möglich. Diese Werte sind aktuell und in Zukunft wenig aussagekräftig und wurden nicht in die vorliegende Energie- und Treibhausgasbilanz einbezogen.

Für den internationalen **Schiffsgüterverkehr** gelten analoge Überlegungen: die Konsumentscheidungen der Bürger sind nicht auf kommunaler Ebene messbar. Für den eigenen Hafen gilt, dass im Jahr 2006 über 55 % der im Flensburger Hafen umgeschlagenen Tonnage der Kohle zuzuordnen waren [Flensburger Hafen GmbH 2009, S. 1]. Die durch die Anlieferung entstehenden Treibhausgase sind jedoch schon in den Emissionsfaktoren der Energieträger berücksichtigt (s. 3.4). Für die verbleibenden Umschlagsgüter liegen keine Informationen über die Länge der Transportwege und

Energieverbräuche vor. Der Schiffsgüterverkehr wird ebenfalls nicht in die vorliegende Energie- und Treibhausgasbilanz einbezogen.

7.3.2 Straßen- und Schienengüterverkehr

Für den Straßengüterverkehr sind in der amtlichen Statistik jährliche Energieverbräuche angegeben [BMVBS 2009, S. 286 f.], die anteilig nach Einwohnerzahl der Flensburger Bilanz zugerechnet werden konnten. Das Ergebnis ist in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28 – Energieverbrauch des Güterverkehrs (Flensburger Anteil) [BMVBS 2009, S. 286 f.; eigene Berechnungen]

Energieverbrauch [MWh/a]	1990	2006
Schienengüterverkehr	8.031	13.398
Straßengüterverkehr	158.664	170.201
Gesamt	166.695	183.599

Für den Schienengüterverkehr weist die amtliche Statistik lediglich die Verkehrsleistung in Tonnen-Kilometern (tkm) aus [BMVBS 2009, S. 236 f.]; der Energieverbrauch des Schienenverkehrs wird jedoch nicht nach Personen- und Güterverkehr untergliedert [BMVBS 2009, S. 284 f.]. Zur Berechnung des Energieverbrauchs wurde auf die Arbeiten des ifeu zurückgegriffen, in denen spezifische Verbrauchsfaktoren in kWh/tkm ausgewiesen werden [Allianz pro Schiene 2008, S. 5]. Da keine Zeitreihe für diesen Faktor vorlag, wird der jeweilige Energieverbrauch des Schienengüterverkehrs von der erbrachten Verkehrsleistung bestimmt. Diese wuchs von 1990 bis 2006 um 67 %. Der daraus resultierende Energieverbrauch ist in Tabelle 28 dargestellt.

Der vom ifeu ermittelte spezifische Verbrauchsfaktor für den Schienengüterverkehr unterscheidet nicht nach Energieträgern. Bei der Zuordnung des Energieverbrauchs zur Flensburger Bilanz wurde angenommen, dass die benötigte Energie zu 100 % durch Dieselkraftstoff bereitgestellt wurde. Der Einsatz von Bahnstrom wird hierbei vernachlässigt. Für die Berechnung der Emissionen hat diese Vereinfachung jedoch keine Bedeutung, da auch hier auf einen durchschnittlichen spezifischen Emissionsfaktor des ifeu in gCO_2/tkm zurückgegriffen wurde [Allianz pro Schiene 2008, S. 7]. Die Ergebnisse dieser Berechnung und die Treibhausgasemissionen des Straßengüterverkehrs sind in Tabelle 29 zusammengestellt.

Tabelle 29 – Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs (Flensburger Anteil)

THG-Emissionen [t CO_{2eq}/a]	1990	2006
Schienengüterverkehr	1.553	2.590
Straßengüterverkehr	49.757	53.375
Gesamt	51.310	55.965

7.4 Kommunalfahrzeuge

Die Stadt Flensburg hat für das Jahr 2008 eine Liste der kommunalen Fahrzeuge mit deren Kraftstoffverbräuchen und CO_2-Emissionen erstellt. Bei den Fahrzeugen handelt es sich zum größten Teil (205 von 243) um Nutzfahrzeuge wie Kipper, Schlepper, Krankentransport- und Löschfahrzeuge. Die ebenfalls aufgeführten Verbräuche und Emissionen von einigen städtischen PKW, Kombi, Rollern und Krafträdern wurden in der Energie- und Treibhausgasbilanz nicht berücksichtigt, da sie bereits im Durchschnitt der für den MIV berechneten Daten enthalten sind. Für die Nutzfahrzeuge konnte aus den durchschnittlichen Kraftstoffverbräuchen je 100 km und der jährlichen Fahrleistung in km der gesamte Energieverbrauch im Jahr 2008 errechnet werden. Vereinfachend wurde angenommen, dass der Verbrauch im Jahr 2006 diesem entsprach. Für das Vergleichsjahr 1990 lagen keine Daten vor. Es wurde angenommen, dass der Energieverbrauch 1990 um 10 % höher lag, basierend auf den Angaben des Online-Tools des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA). Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 30 und Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 30 – Energieverbrauch der kommunalen Nutzfahrzeuge

Energieverbrauch [MWh/a]	1990	2006
Diesel [MWh/a]	4.404	3.994
Benzin [MWh/a]	66	60
Summe [MWh/a]	4.471	4.054

Tabelle 31 – Treibhausgasemissionen der kommunalen Nutzfahrzeuge

THG-Emissionen	1990	2006
Diesel [t CO_{2eq}/a]	1.381	1.252
Benzin [t CO_{2eq}/a]	22	20
Summe [t CO_{2eq}/a]	1.403	1.272

8 Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung

Außer durch die Windkraftanlage der Fachhochschule wird in Flensburg auch in Photovoltaikanlagen regenerativer Strom erzeugt. Die Leistung der im Oktober 1996 in Betrieb genommenen Windkraftanlage beträgt 200 kW und erzeugte seitdem durchschnittlich 480 MWh pro Jahr.

Nach dem EEG vom 25. Oktober 2008 sind die Stadtwerke Flensburg als Netzbetreiber dazu verpflichtet, Daten zum eingespeisten erneuerbar erzeugten Strom zu veröffentlichen. Aus diesen Angaben wurde die Jahresarbeit für die Jahre 1990 bis 2004 und 2006 über die installierte Leistung nach dem Zeitpunkt der ersten Inbetriebnahme jeder Photovoltaikanlage im Flensburger Stadtgebiet errechnet. Ergänzend lagen für die Jahre 2005, 2007 und 2008 die real gemessenen Daten für die Jahresarbeit bei den Stadtwerken Flensburg vor. Die Ergebnisse sind in Tabelle 32 dargestellt.

Tabelle 32 – Entwicklung der Stromerzeugung aus Photovoltaik- und Windkraftanlagen in Flensburg

	1990	1994	1998	2002	2003	2004	2005	2006
el. Jahresarbeit PV [MWh/a]	0	0	5	11	12	141	174	239
el. Jahresarbeit Wind [MWh/a]	0	0	480	480	480	480	480	480

9 Gesamtentwicklung

9.1 Endenergieverbrauch

Zusammenfassend ist der Endenergieverbrauch aller Sektoren in Abbildung 17 dargestellt. Im Jahr 1990 wurden 2.152 GWh nachgefragt. Bis zum Jahr 2006 war nur ein leichter Rückgang des Bedarfs zu verzeichnen. Mit einem Wert von 2.090 GWh entsprach dies einer Senkung des Endenergiebedarfs von 2,9 %. Hiermit lag Flensburg nah am Bundestrend. In dem gleichen Zeitraum (1990 bis 2006) war der Endenergieverbrauch in Deutschland um 3,4 % gesunken (AG Energiebilanzen).

In Flensburg wurden die Abwanderung von Unternehmen im Industriebereich und die damit einhergehende Senkung der Energienachfrage vor allem durch das Wachstum des Verkehrssektors kompensiert.

Die aufgezeigte Entwicklung macht sehr deutlich, dass der bisherige autonome technische Fortschritt und die Verbesserungen auf Grund von politischen Maßnahmen bei weitem nicht ausreichend sind, um den Energiebedarf sowohl in Flensburg als auch in ganz Deutschland deutlich zu senken. Ohne eine Reduzierung des Energiebedarfes wird es schwer sein, die gesetzten Ziele zur Verminderung der CO_2-Emissionen zu erreichen.

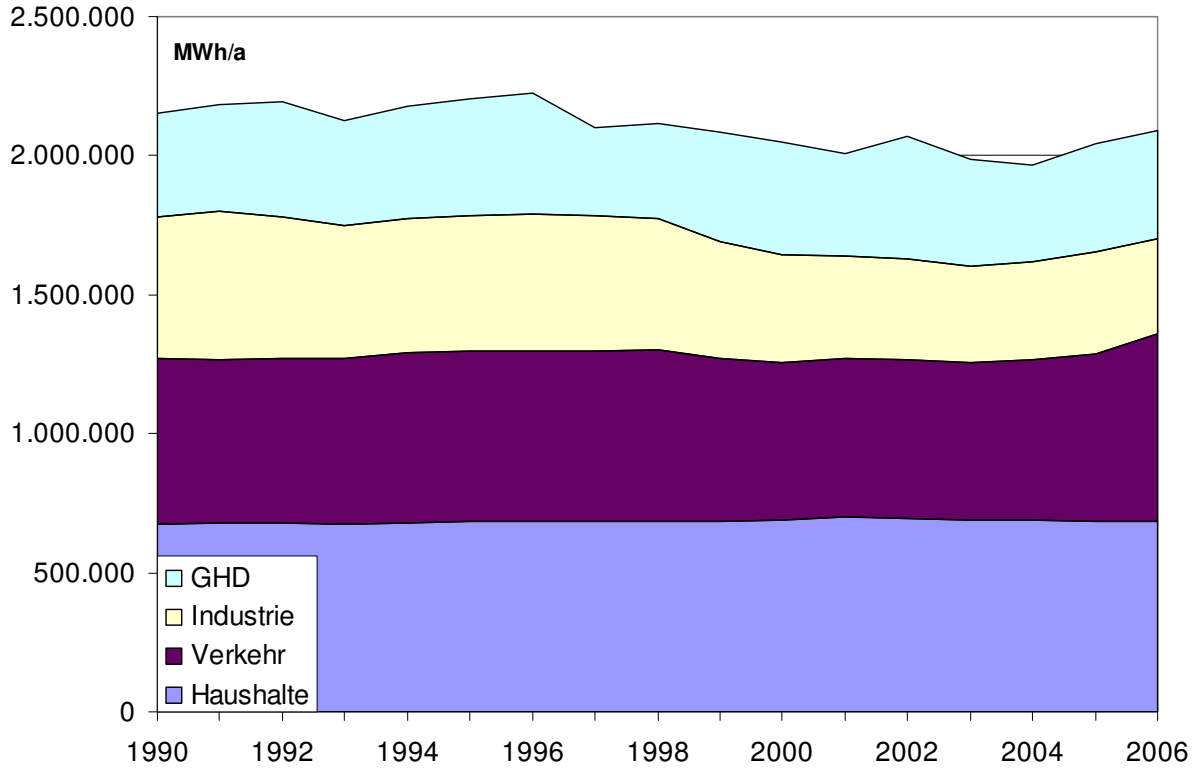

Abbildung 17 – Endenergieverbrauch in Flensburg

9.2 Emissionen

In Abbildung 18 sind die aus dem Endenergieverbrauch resultierenden CO_{2eq}-Emissionen dargestellt. Im Jahr 1990 wurden 1,05 Mio. Tonnen CO_{2eq} emittiert. Bezogen auf jeden einzelnen Flensburger entsprach dies über 12 t CO_{2eq} pro Person und Jahr.

Bis zum Jahr 2006 sanken die Emissionen nur leicht um insgesamt 3,7 %. Somit lagen sie im Jahr 2006 noch bei 1,01 Mio. t CO_{2eq}. Spezifisch emittierte jeder Flensburger Bürger ca. 11,7 t CO_{2eq}.

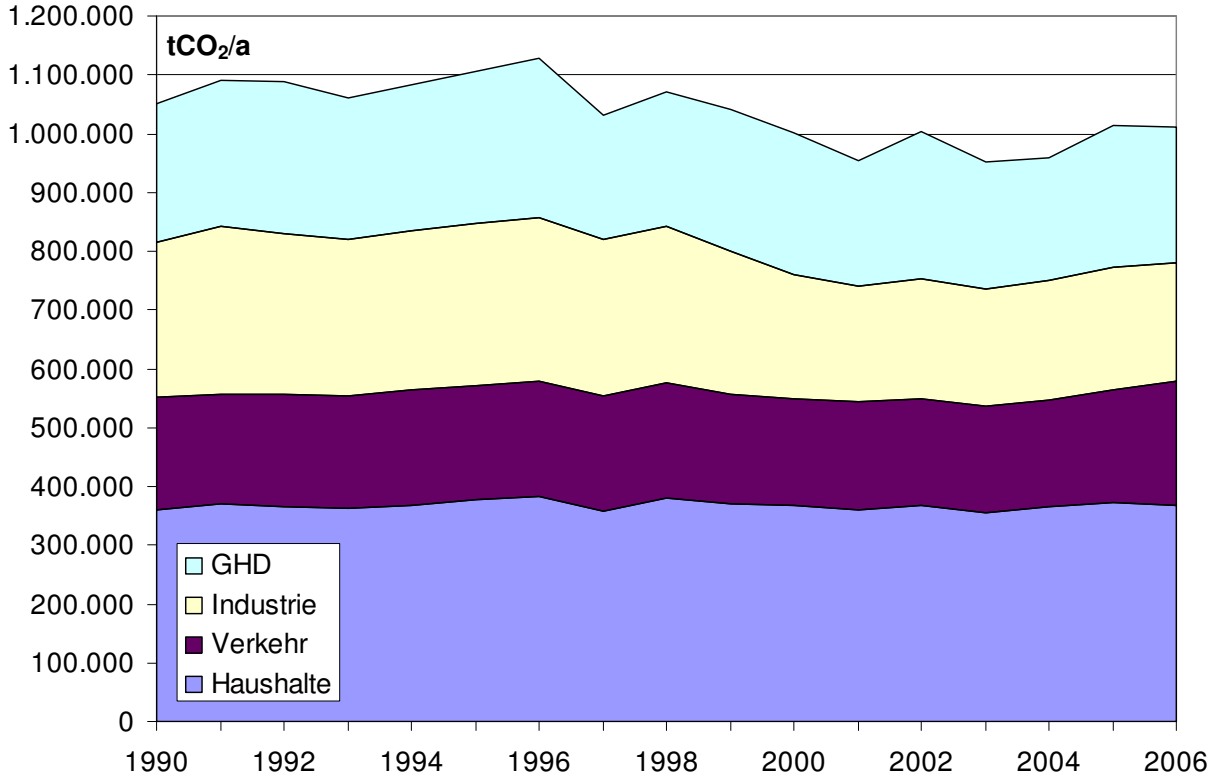

Abbildung 18 – Entwicklung der Emissionen in Flensburg

9.3 Schlussfolgerung

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Emission klimarelevanter Treibhausgase in Flensburg verdeutlicht, dass die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichen, um die notwendigen Senkungen zu erreichen. Wird die bisherige Entwicklung der Emissionen linear fortgeschrieben, so würde Flensburg erst nach dem Jahr 2130 CO_2-Neutralität erreichen; 80 Jahre zu spät. Um die Entwicklung der Emissionen bis zum Jahr 2050 ohne weitere Anstrengungen bezüglich des Klimaschutzes abzubilden und damit zu zeigen, wie weit das Ziel der notwendigen Emissionsreduktionen verfehlt wird, erfolgt im zweiten Teil des Gutachtens die Erstellung eines Business-As-Usual-Szenarios.

10 Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen 2008
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. 2008: Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland.

AG Energiebilanzen 2009
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. 2009. Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2008. Berechnungen auf Basis des Wirkungsgradansatzes. Stand: September 2009

Allianz pro Schiene 2008
Allianz pro Schiene 2008. Umweltschonend mobil. Bahn, Auto, Flugzeug, Schiff im Umweltvergleich.
Abrufbar unter https://www.allianz-pro-schiene.de/publikationen/umweltschonend-mobil/umweltschonend-mobil.pdf

BMELV 2010
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2010. Ausgewählte Daten und Fakten der Agrarwirtschaft 2010.
(http://www.bmelv.de/cln_163/cae/servlet/contentblob/909822/publicationFile/61474/Daten-Fakten-Agrarwirtschaft-2010.pdf, abgerufen am 27.07.10)

BMVBS 2007
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2007. Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte im Wohngebäudebestand vom 26. Juli 2007 des BMVBS.

BMVBS 2009
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2009. Bericht über die Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Deutschland 2009. Stand: 03. Juni 2009

BMVBS 2009 a
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2009.
Verkehr in Zahlen 2008/2009. ISBN 978-3-87154-390-6.

Barzantny 2007
Barzantny, K., S. Achner, and A. Böhling (2007). Klimaschutz: Plan B. Greenpeace e.V.

DB/ifeu 2008
Deutsche Bahn / Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH 2008. UmweltMobilCheck, abrufbar über die Reiseauskunft unter www.bahn.de

DEHSt/UBA 2007
Deutsche Emissionshandelsstelle 2007. Einheitliche Stoffwerte für Emissionsfaktoren, Heizwerte und Kohlenstoffgehalte für Brennstoffe, Rohstoffe und Produkte. Abrufbar unter www.dehst.de/nn_477804/SharedDocs/Downloads/DE/Zuteilung__2008-

2012/ZuV2012__Anhang01__Stoffliste,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/ZuV2012_Anhang01_Stoffliste.pdf

DIW 2004
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)/Umweltbundesamt (UBA) /Forschungszentrum Jülich/Fraunhofer-Institut für System- und Innovationstechnik (ISI): Politikszenarien für den Klimaschutz – Langfristszenarien und Handlungsempfehlungen ab 2012 (Politikszenarien III), Berlin, 2004

Fischer/Kallen 1997
Annett Fischer/Carlo Kallen (Hrsg)., difu (Deutsches Institut für Urbanistik) 1997. Klimaschutz in Kommunen. Leitfaden zur Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimaschutzkonzepte. Berlin, 1997. ISBN 3-88118-227-6

Flensburger Hafen GmbH 2009
Flensburger Hafen GmbH 2009. Güterumschlag der Flensburger Hafen GmbH. Abrufbar unter http://flensburger-hafen.de/uploads/media/Jahresumschlagszahlen-2009.pdf

Fritsche et al. 1999
Uwe R. Fritsche/Wolfgang Jenseit/Christian Hochfeld, Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.) 1999. Methodikfragen bei der Berechnung des Kumulierten Energieaufwands (KEA). Arbeitspapier im Rahmen des UBA-F&E-Vorhabens Nr. 104 01 123: Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits.

Fritsche/Schmidt 2007
Uwe R. Fritsche/Klaus Schmidt, Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.) 2007. Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsvorketten
Kurzbericht im Auftrag des Bundesverbands der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW). Abrufbar unter
http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/gemis44thg_emissionen_fossil.pdf

Fritsche/Rausch 2008
Uwe R. Fritsche und Lothar Rausch, Hrsg.: Umweltbundesamt 2008. Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme. Forschungsbericht 360 16 008. UBA-FB 001145.

Hauser 1997
Hauser, Prof. Dr.-Ing. Gerd 1997. Energieeinsparpotential im Bestand des Wohnungsbaus. In: GRE inform 14/97, S. 14-18

ifeu 2008
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH 2008. UmweltMobilCheck. Wissenschaftlicher Grundlagenbericht. Abrufbar unter
http://www.bahn.de/p/view/mdb/bahnintern/services/umwelt/MDB58033-umc_grundlagen_ifeu_080531.pdf

ifeu 2008 a
Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH 2008. EcoTransIT:

Ecological Transport Information Tool. Environmental Methodology and Data. Update 2008.

IfS 2008
IfS: Zielgruppenorientierte Wohnungsmarktanalyse für die Stadt Flensburg – Endbericht, IfS Institut für Stadtforschung und Strukturpolitik GmbH. 2008

ISI/FFE 2003
Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung / Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. / Christiane Schmid / Günter Layer 2003. Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie und Kleinverbrauch. Abrufbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/projekte/091s.php?WSESSIONID=8c81f2fca5b3c79f816e60d2a689df57

IWU 2009
Institut Wohnen und Umwelt 2009. Klimadaten deutscher Wetterstationen. Abrufbar unter
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagszahlen_Deutschland.xls

IZU 2007
Infozentrum Umwelt Wirtschaft des Bayerisches Landesamts für Umwelt 2007. Ermittlung der CO_2-Emissionen. Tabelle abrufbar unter http://www.izu.bayern.de/download/xls/Berechnung_CO2_Emissionen_Stand_070530.xls

Klimapakt 2008
Klimapakt Flensburg e.V. 2008. Satzung des gemeinnützigen Vereins Klimapakt Flensburg e. V.

Knörr et al. 2005
Knörr, Wolfgang / ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2005. Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030. Zusammenfassung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes UFOPLAN Nr. 204 45 139 Abrufbar unter
http://www.ifeu.de/verkehrundumwelt/pdf/IFEU(2005)_TREMOD_Grundlagenbericht_Zusammenfassung.pdf

Leuschner o.J.
Leuschner, Udo o.J. Primärenergie – Sekundärenergie – Endenergie – Nutzenergie. (http://www.udo-leuschner.de/energie/SB102-08.htm, abgerufen am 27.07.10).

LVS 2009
Landesweite Verkehrsservicegesellschaft mbH Schleswig-Holstein 2009. Landesweiter Nahverkehrsplan 2008-2012.

Mayer/Flachmann 2009
Mayer, Helmut; Flachmann, Christine: Energieverbrauch der privaten Haushalten 1995

bis 2006. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. 2009. Abrufbar unter http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/WirtschaftStatistik/Umwelt/EnergieverbrauchHaushalte2006,property=file.pdf

Nitsch et al. 2008
Nitsch, Dr. Joachim; DLR: Leitstudie 2008. Stuttgart 2008

Nitsch et al. 2009
Nitsch, Dr. Joachim; Wenzel, Dr. Bernd; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland - "Leitszenario 2009"; 2009

Prognos 2009
Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Prognos AG und Öko-Institut. 2009

Schmidt und Forsbach 2009
Prof. Dr. D. Schmitt, H. Forsbach, Entwicklungsperspektiven des deutschen Elektrizitätsmarktes – Untersuchung im Auftrag der HSE AG. 2009

Stadt Flensburg 2001
Stadt Flensburg: Zahlenspiegel 2001. Flensburg: Statistikstelle. 2001

Stadt Flensburg 2008
Stadt Flensburg: Zahlenspiegel 2008. Flensburg: Statistikstelle. 2008

Statistikamt Nord
Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein: Statistische Berichte des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein (Jahre 1990 – 2002, anschließend elektronische Auszüge)

Statistikamt Nord 2005
Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein: Agrarstruktur in Schleswig-Holstein 2003. Sozialökonomische Betriebstypen und betriebswirtschaftliche Ausrichtung in den Gemeinden. Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung 2003 (zugleich EG-Agrarstrukturerhebung). Abrufbar unter http://www.statistik-nord.de/uploads/tx_standocuments/C_IV_9_4j03_T1_H2_S.pdf, aufgerufen am 26.07.10)

Statistikamt Nord 2006
Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein: Der Bestand an Kraftfahrzeugen 1 und Kraftfahrzeuganhängern in den Kreisen Schleswig-Holsteins am 1. Januar der Jahre 2003 bis 2006. Hamburg: Statistikamt Nord. 2006 (http://statistik-nord.de/uploads/tx_standocuments/H_I_2_j05_T2_S.pdf, aufgerufen am 15.10.2009)

Statistikamt Nord 2008

Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein:
Bevölkerungsentwicklung in Schleswig-Holstein bis 2025 Ergebnisse der aktuellen Bevölkerungsvorausberechnung. 2008

Statistikamt Nord 2009
Statistisches Landesamt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2009: Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Tabelle Regio: Energieverbrauch in 1000 MJ (einschl. nichtenergetischen Verbrauch). Berichtszeitraum: 2006

Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2010
Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2010. Bruttoinlandsprodukt / Bruttowertschöpfung - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. VGR der Länder: Entstehungsrechnung. Abrufbar unter https://www.regionalstatistik.de/

Statistisches Bundesamt 2008
Statistisches Bundesamt 2008. Statistisches Jahrbuch 2008, Bevölkerung
http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/SharedContent/Oeffentlich/AI/IC/Publikationen/Jahrbuch/Bevoelkerung,property=file.pdf

Statistisches Bundesamt 2009
Statistisches Bundesamt 2009. Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung

Statistisches Bundesamt 2009 a
Statistisches Bundesamt 2009. Energieverbrauch der privaten Haushalte 1995 bis 2006. In: Wirtschaft und Statistik 12/2008, S. 1107-1116. Wiesbaden 2009

Statistisches Bundesamt 2009 b
Statistisches Bundesamt 2009. Regionaldatenbank des Statistischen Bundesamtes, genesis online. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon

Statistisches Bundesamt 2009 c
Statistisches Bundesamt 2009. Bruttoinlandsprodukt, Bruttonationaleinkommen, Volkseinkommen. Lange Reihen ab 1950. Abrufbar unter
http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/Inlandsprodukt/Tabellen/Volkseinkommen1950,property=file.xls

SWF 2009
Stadtwerke Flensburg GmbH 2009. Persönliche Mitteilungen, E-Mails und Datenanfragen.

traffic-Kontor 2009
traffic-Kontor GmbH Berlin 2009. Stadt Flensburg. Auspendler. Statistik der Bundesagentur für Arbeit. Stichtag: 30.6.2006 (vorläufig)

UBA et al. 2008

Umweltbundesamt Berlin / BUWAL Bern / UBA Wien / Mario Keller, Peter de Haan, Wolfram Knörr, Stefan Hausberger, Heinz Steven 2008. Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 2.1. Dokumentation.

UBA 2009
Umweltbundesamt 2009. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2009. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2007.

UBA 2010
Umweltbundesamt 2010. Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen. 1990 - 2008 (Fassung zur EU-Submission 15.01.2010)