

Klimaschutzkonzept 2020 für die Stadt Münster

Endbericht
hier:
Auszug der
Energie- und CO₂ - Bilanz der Stadt Münster

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 03KS0013 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Markus Duscha, Frank Dünnebeil, Benjamin Gugel, Frank Kutzner
ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg
Tel: 06221 / 4767-0, E-Mail: markus.duscha@ifeu.de

Andreas Hübner, Werner Murken
GERTEC GmbH
Martin-Kremmer-Str. 12, 45327 Essen
Tel: 0201 / 245640, E-Mail: andreas.huebner@gertec.de

Heidelberg, Essen, 30. November 2009

1 Energie- und CO₂-Bilanz

1.1 Systematik der Endenergie- und Emissionsbilanzierung

Die Stadt Münster hat nach 1990, 1995 und 2000 zuletzt für das Jahr 2005 eine CO₂-Bilanz vorgelegt. Im November des gleichen Jahres wurde das neue GuD-Kraftwerk der Stadtwerke an das Netz angeschlossen, welches einen großen Einfluss auf die kommunale CO₂-Bilanz hat. Für die Berücksichtigung des GuD-Kraftwerks wurden damals drei verschiedene Varianten bilanziert und präsentiert. Je nach Methodik und Anrechnungsweise ergaben sich CO₂-Minderungen zwischen 6,4% und 21% gegenüber dem Ausgangsjahr 1990. Im Zuge des Auftrags an IFEU und Gertec für die Fortschreibung der Bilanz ab 2005 sollte deshalb nun auch überprüft werden, inwieweit die vorliegenden Bilanzen mit der Bilanzierungssystematik des Klima Bündnisses und anderer Städte vereinbar sind. Darauf aufbauend sollte ein Vorschlag für eine zukünftige Systematik unterbreitet werden. Die Überprüfung erfolgte sowohl für den Energie- als auch den Verkehrsbereich.

1.1.1 Anpassungen im Energiebereich

Anpassungsvorschläge im Energiebereich erfolgten im Wesentlichen für zwei Bereiche:

- Vor dem Hintergrund der Inbetriebnahme des neuen GuD-Kraftwerks am alten Hafen im Jahr 2005 und der damit verbundenen CO₂-Berechnung für die Fernwärme wurden Empfehlungen für die zukünftige Erstellung der CO₂-Bilanz gegeben.
- Zudem sollten alternative Datenquellen geprüft werden, da die Stadtwerke den Wärmeatlas als bisherige Grundlage der Bilanz in Zukunft nicht fortführen wird. In der vorliegenden Bilanz wurde deswegen im Energiebereich auf Originaldaten der Energieversorger, Schornsteinfeger und des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik zurückgegriffen.

Entwicklungen und Unterschiede bei der Endenergiebilanzierung

Alle Daten für die Energie- und CO₂-Bilanz werden auf Endenergiebasis erhoben. Ein Großteil der Daten stammt, wie beim Wärmeatlas, aus Angaben der Stadtwerke Münster, denen an dieser Stelle noch einmal für die Kooperation gedankt werden soll. Vier größere Unterschiede haben sich nun zwischen 2005 und 2006 ergeben, die beim Vergleich zwischen den Einzeljahren berücksichtigt werden sollten¹:

- Teilweise neue Datenbasen aufgrund des Unbundlings der Energieversorger. Dort liegen nun unterschiedliche Datenbanken innerhalb der Stadtwerke vor.

¹ Details finden sich im Anhang 1

- Beim Wärmeverbrauch wurde sektorspezifisch der Anteil Raumwärme witterungsbereinigt. Prozesswärme- und Warmwasseranteile wurden nicht witterungskorrigiert.
- Neue Datenquellen für einzelne Energieträger (z.B. Schornsteinfeger bei Heizöl).
- Originaldaten zur Eigenerzeugung und zum Eigenverbrauch der Universität konnten berücksichtigt werden.

Entwicklungen und Unterschiede bei der CO₂-Bilanzierung

Ein erster Unterschied zwischen der alten und der neuen Bilanzmethodik ist die Aufteilung innerhalb der Bilanz nach Verbrauchssektoren anstatt wie bisher nach Anwendungsbereichen (Raumwärme, Prozesswärme etc.). Mit der neuen Aufteilung war es nun möglich, die Einsparpotenziale für die einzelnen Verbrauchssektoren zu berechnen. Darauf aufbauend konnten für die jeweiligen Sektoren Maßnahmenprioritäten zugeteilt werden.

Zudem wurden für die Bilanzen die Emissionsfaktoren und deren Berechnung angepasst. Eine Übersicht aller bisher genutzten Emissionsfaktoren und der Emissionsfaktoren, die für die Berechnung der neuen Bilanz Grundlage waren, finden sich in Tab. 2. Die vier wesentlichen Änderungen und ihre Auswirkungen auf die CO₂-Gesamtbilanz finden sich in Tab. 1.

Fazit: Entwicklung der Emissionsfaktoren in der neuen Systematik

Für eine Betrachtung der CO₂-Emissionsentwicklung seit dem Basisjahr 1990 mit der neuen Systematik wurden anhand vorliegender Kraftwerksdaten die Emissionsfaktoren auch rückblickend für 1990 ermittelt. In Tab. 2 sind die Ergebnisse dieser Berechnungen dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme auch nach der neuen Systematik seit 1990 deutlich gesenkt werden konnten. Dies ist in hohem Maße auf den Neubau des effizienteren und klimafreundlicheren GuD-Kraftwerks zurückzuführen. Der Anteil der lokalen Stromerzeugung in Münster betrug im Jahre 2006 etwa 35% am lokalen Stromverbrauch. Die Senkung des Wertes für den lokalen CO₂-Emissionsfaktor für Strom ist somit sowohl auf einen niedrigeren Emissionsfaktor für den Bundesstrommix als auch auf die klimafreundlichere Erzeugung von Strom in Münster zurückzuführen. Dadurch konnten trotz deutlicher Wachstumsentwicklungen in Münster (vgl. Abschnitt „Bewertung der Emissionsentwicklung“) die Gesamtemissionen gegenüber 1990 gesenkt werden (vgl. Kap. Endenergie- und CO₂-Bilanz).

Tab. 1: Veränderung der CO₂-Emissionsfaktoren für die neue Systematik und die Auswirkungen auf die Gesamtemissionen

1.	Berücksichtigung von CO ₂ -Äquivalenten (Methan, etc.) und Vorketten. Die CO ₂ -Gesamtemissionen steigern sich durch die neuen Emissionsfaktoren gegenüber der alten Systematik. Dafür werden jedoch alle klimarelevanten Treibhausgase und bei deren Abbau erzeugte Emissionen berücksichtigt ² .
2.	Berücksichtigung eines lokalen Strommixes nach dem Territorialprinzip. Aufgrund der klimafreundlichen Stromerzeugung im neuen GuD-Kraftwerk liegt der lokale Stromemissionsfaktor unter dem Wert des Bundesstrommixes (vgl. Tab. 2) ³ . Die Stromerzeugung des GuD-Kraftwerks in Münster kann nun durch das Territorialprinzip voll abgebildet werden.
3.	Berechnung der Strom- und Fernwärmefaktoren in Kraft-Wärme-Kopplungsprozessen nach der Exergiemethode. Die bisher genutzte Gutschriftenmethode wird nicht weiter angewendet. Diese Veränderung führt zu den größten Unterschieden zwischen der alten und neuen CO ₂ -Bilanz. Der Emissionsfaktor für Fernwärme liegt nun über den bisher ermittelten Werten. Die bisher in Münster vom Beirat seit 1995 eingesetzte Gutschriftenmethode ist für Techniksystemvergleiche entwickelt worden und ist bei diesen auch gut einsetzbar. Bei (kommunalen) CO ₂ -Bilanzierungen ist sie jedoch nur sehr begrenzt zielführend einsetzbar ⁴ .
4.	Nutzung des durchschnittlichen lokalen Strommixes auch bei Nachtspeicheröfen. Bisher wurde für Nachtspeicherheizungen der CO ₂ -Emissionsfaktor für Mittelastkraftwerke angenommen. Die Emissionsfaktoren für Nachtspeicherheizungen liegen nun für das Jahr 2006 bei Anwendung des Münsteraner Strommixes unter den Werten, die bisher in den Bilanzen genutzt wurden.

² Aus Gründen einer besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht vereinfachend weiterhin von CO₂-Emissionen gesprochen, auch wenn nach der neuen Systematik (und dort durchgängig) CO₂-äquivalente Gesamtemissionen gemeint sind.

³ Dies wird trotz des geringeren Anteils an Erneuerbaren Energien in Münster gegenüber dem Bund erreicht. Die Problematik, vor der Städte beim Ziel eines verstärkten Einsatz von erneuerbaren Energien stehen, wird in Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** erläutert

⁴ Negative Emissionsfaktoren für Fernwärme, wie sie in der GuD Bilanz für das Jahr 2005 ermittelt wurden, sind bei der Maßnahmenentwicklung und -evaluation nicht hilfreich, da in diesem Fall ein erhöhter Verbrauch von Fernwärme zu ausgewiesenen Emissionsminderungen führen würde. Mit dieser Rechenweise ist es schwierig darzustellen, dass die erste Priorität beim Klimaschutz die Einsparung von Energie sein sollte. Für den verbleibenden Energieverbrauch ist natürlich ein hoher Anteil von Fernwärme für den Klimaschutz zu begrüßen.

Tab. 2: Vergleich der Emissionsfaktoren in g CO₂ / kWh (Neuberechnung für 1990 überschlägig)

	Alte Systematik			Neue Systematik	
	1990	2005	2005 GuD	1990 neu	2006
Erdgas	200	200	200	252	252
Erdöl	270	266	266	321	321
Fernwärme	350	104	-415	266	144
Strommix Münster*	636	554	554	854	600
Strommix Deutschland	636	554	554	739	626 ⁵
Nachtspeicherheizung	925	925	925	854	600

* neue Systematik 1990 und 2006: Differenz zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch im Stadtgebiet Münster wird mit Strommix Deutschland ergänzt

1.1.2 Anpassungen im Verkehrsbereich

Für die Stadt Münster liegen bisher Bilanzen der CO₂-Emissionen im Verkehr für die Jahre 1995, 2000 und 2005 vor. Die Methodik dieser Bilanzierungen erfasst Emissionen des *Personen-Binnenverkehrs* im Stadtgebiet sowie des *Personen-Regionalverkehrs* (Quell-/Ziel-Verkehr) inkl. Weganteilen in Nachbarkommunen. Durchgangsverkehre durch das Stadtgebiet werden nach der Systematik nicht erfasst, ebenso sind Flug- und Güterverkehr nicht enthalten. Dieses bisherige Bilanzierungsprinzip der Stadt Münster für den Verkehr wurde im Rahmen der Fortschreibung des Klimaschutzkonzeptes überprüft und angepasst.

Bei Emissionsbilanzen kommunaler Verkehre für Klimaschutzkonzepte, aber auch in der Luftreinhaltung hat sich im Verkehrssektor eine Bilanzierung nach dem Territorialprinzip etabliert. Beim Territorialprinzip werden die *Emissionen des Verkehrs auf dem Stadtgebiet* erfasst, unabhängig davon, ob der Verkehr durch Einwohner oder Auswärtige erfolgt. So wird neben dem anteiligen Regionalverkehr auch der Durchgangsverkehr innerhalb des Stadtgebiets berücksichtigt. Bei der Territorialbilanz wird auch der gesamte Straßengüterverkehr im Stadtgebiet erfasst. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der in beiden Bilanzmethoden erfassten Verkehre.

⁵ Die Diskussion, welche Berechnungsgrundlage für den Emissionsfaktor Strommix Deutschland gewählt wird, ist derzeit beim Klima Bündnis noch nicht abschließend geklärt. Es wurde deswegen in der vorliegenden Bilanz im Gegensatz zu bisher präsentierten Bilanzen (ECO2-Strommix) auf den Strommix des IFEU-Strommasters zurückgegriffen (IPPC 2007-Methodik), der dem Klima Bündnis auch als zukünftige Datengrundlage angeboten wird.

Tab. 3: Berücksichtigte Verkehre in städtischen CO₂-Bilanzen

	Bisherige Methode Münster	Territorialprinzip
Motorisierter Individualverkehr (Pkw, Motor-, Zweiräder)	Binnenverkehr in Münster Regionalverkehr Münster inkl. Fahrleistungsanteile außerhalb der Stadt.	Binnenverkehr in Münster Regionalverkehr Münster: Nur Fahrleistungsanteile auf Stadtgebiet Durchgangsverkehr durch Münster
Öffentlicher Personennahverkehr ÖPNV (Linienbus)	Linien-Stadtbusse in Münster Linien-Regionalbusse Münster inkl. Fahrleistungsanteile im Umland	Linien-Stadtbusse in Münster Linien-Regionalbusse Münster: Nur Fahrleistungsanteile auf Stadtgebiet
Schienepersonen-Nahverkehr	Schienepersonenahverkehr (SPNV) Münster inkl. Verkehrsleistungsanteile außerhalb der Stadt	Schienepersonenahverkehr (SPNV) Münster: Nur Verkehrsleistungsanteile auf Stadtgebiet
Schienepersonen-Fernverkehr	-	-
Reisebusse	-	-
Straßengüterverkehr	-	Straßengüterverkehr: Fahrleistungsanteile auf Stadtgebiet, inkl. Ermittlung des Anteils von Durchgangsverkehr durch das Stadtgebiet
Güterverkehr mit Bahn und Schiff	-	-
Flugverkehr	-	-

IFEU 2009

Im Rahmen der Bilanzüberprüfung wurde die bisher in Münster verwendete Bilanzierungsmethode einer von IFEU ergänzend für das Jahr 2005 erstellten Territorialbilanz gegenübergestellt. Der Fokus lag dabei auf folgenden Fragestellungen:

- Wie wirken sich die unterschiedlichen räumlichen und methodischen Abgrenzungen auf die Höhe der erfassten Verkehrsleistungen und Emissionen aus?
- Wie stark unterscheiden sich die Anteile der berücksichtigten Verkehrsmittel an den Treibhausgasemissionen zwischen den beiden Methoden?
- Welchen Einfluss haben die verwendeten Emissionsfaktoren auf die berechnete Höhe der Treibhausgasemissionen im Verkehr?

Ausgehend von der Bilanzüberprüfung im Verkehr wurde anschließend eine Anpassung der Bilanzmethodik für den Verkehrsbereich in Münster vorgenommen.

Ergebnisse der Bilanzüberprüfung

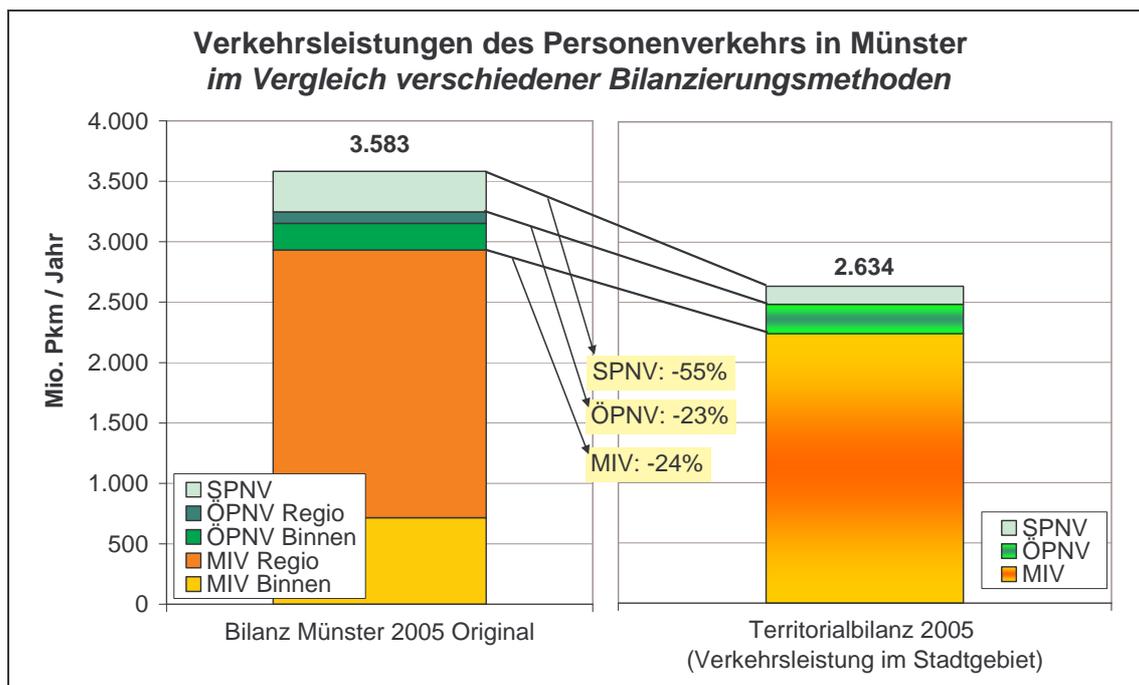
Die Stadt Münster gibt in ihrer Klimabilanz die Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Jahr 2005 mit 556 Kilotonnen an. Die Berechnungen nach dem Territorialbilanzprinzip ergeben 543 Kilotonnen CO₂ (inkl. Äquivalente), sind also um 2,5% niedriger. Die Abweichung zwischen beiden Bilanzen für 2005 folgt aus den genannten methodischen Unterschieden bei den erfassten Verkehren sowie einer unterschiedlichen Emissionsfaktorbasis. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Bilanzen gegenübergestellt, um die Unterschiede und ihre Ursachen zu veranschaulichen.

Verkehrsleistungen im Personenverkehr

Die Verkehrsleistung im Personenverkehr beträgt nach der bisherigen Bilanzierungsmethode 3.583 Mio. Pkm. Nach dem Territorialprinzip beträgt die Verkehrsleistung nur 2.634 Mio. Pkm und ist damit um 26% niedriger (Abb. 1). MIV und ÖPNV werden um 24% bzw. 23% niedriger angesetzt, der Schienenpersonennahverkehr (SPNV) um 55%.

Ursachen für die Unterschiede sind die einbezogenen Verkehrsarten und berücksichtigten Weglängen. Bisher sind in der Bilanz der Binnenverkehr in Münster sowie der Regionalverkehr mit seiner kompletten Weglänge (inkl. Hauptanteil der Fahrten im Umland) enthalten. Wegen der deutlich größeren Fahrtweiten ist die Verkehrsleistung im Regionalverkehr etwa dreimal so hoch wie im Binnenverkehr. Nach der Territorialbilanz werden Binnen-, Regional- und auch Durchgangsverkehr berücksichtigt. Allerdings werden nur die Fahrtabschnitte innerhalb des Stadtgebiets der Stadt Münster zugerechnet.

Abb. 1: Verkehrsleistungen im Personenverkehr Münster 2005 nach bisheriger Bilanzierungsmethode und nach Territorialprinzip



Höhe und Aufteilung der Emissionen des Verkehrs

Die Emissionsfaktoren zu Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr und Schienenverkehr in der bisherigen Bilanz für Münster basieren ursprünglich auf der Datenbank GEMIS. Für spätere Bezugsjahre wurden die Faktoren im Straßenverkehr anhand der relativen Entwicklung in anderen Datenquellen (v.a. UBA-Datenbasis „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehr“) fortgeschrieben, im SPNV blieben die Faktoren in allen Jahren unverändert. Für die Territorialbilanz wurden Emissionsfaktoren aus dem Modell TREMOD verwendet, die fortlaufend aktualisiert und an aktuelle Entwicklungen angepasst werden. TREMOD ist Grundlage für alle diesbezüglichen Berechnungen der

Bundesregierung und Basis der offiziellen Berichterstattung (Kyoto-Protokoll, NEC-Protokoll).

Der Vergleich der in Münster verwendeten Emissionsfaktoren mit den auf Bundesebene verwendeten Faktoren ergab Abweichungen bei allen Verkehrsmitteln, am stärksten waren die Unterschiede im Schienenpersonennahverkehr (s. Tab. 4). Für das Jahr 2005 ergaben sich unter Beibehaltung der bisherigen Münsteraner Bilanzierungsmethodik insgesamt um 5% niedrigere Treibhausgasemissionen (Abb. 2, Mitte).

Tab. 4: Vergleich der Emissionsfaktoren im Verkehr für das Jahr 2005

		Motorisierter Individualverkehr	Bus	Schienen-Personen-Nahverkehr
Bilanzierung Münster	<i>g/Pkm</i>	170	59	120
Bundesdurchschnitt¹	<i>g/Pkm</i>	165	56	86,5
¹ Mittlere Emissionsfaktoren in CO ₂ -äquivalenten unter Berücksichtigung der lokalen Fahrleistungsanteile in Münster auf verschiedenen Straßentypen (innerstädtisch, außerhalb, Autobahn)				

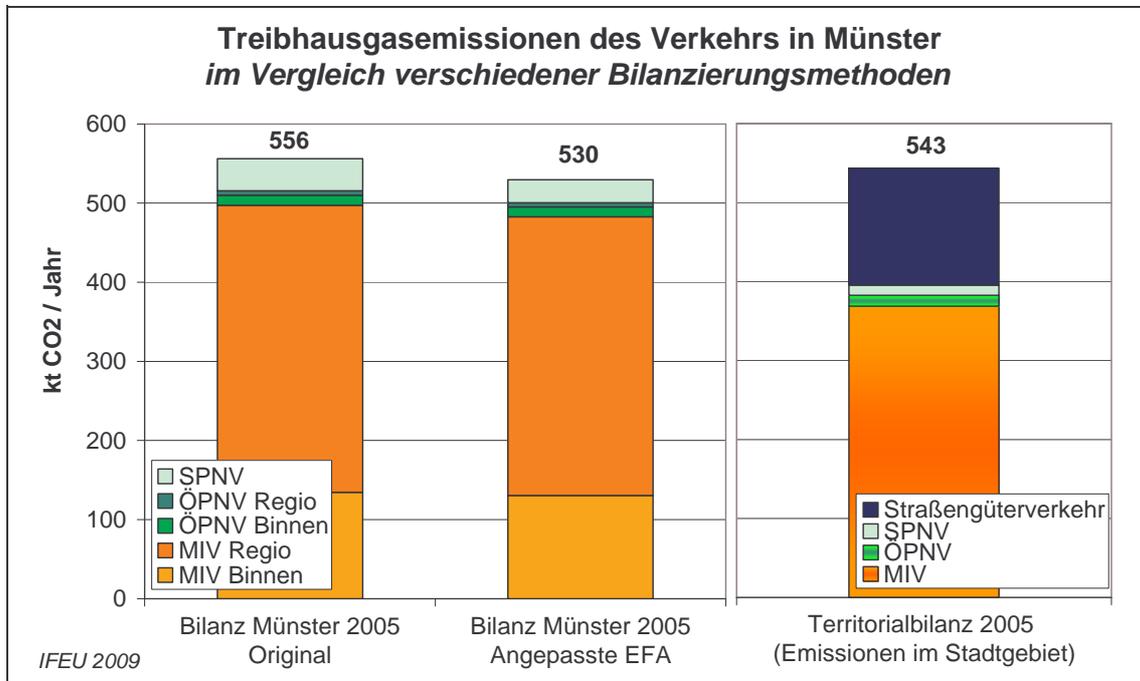
Wird nach dem Territorialprinzip bilanziert, dann liegen die berechneten Emissionen mit den neuen Emissionsfaktoren etwa 2,5% niedriger (Abb. 2, rechts). Die Emissionen des Personenverkehrs liegen deutlich niedriger als nach bisheriger Methodik (-160 Kilotonnen CO₂-äquivalente), da Fahrleistungen außerhalb des Stadtgebiets nicht mehr berücksichtigt werden. Durch die Erfassung der Emissionen des Straßengüterverkehrs in Höhe von 148 Kilotonnen CO₂-äquivalenten liegen die Gesamtemissionen des Verkehrs dennoch wieder im Bereich des Gesamtemissionsniveaus der bisherigen Systematik.

Anpassung der Bilanzierungsmethodik

Auf Basis der Bilanzüberprüfung wurden folgende Anpassungen der Bilanzierungsmethodik im Verkehrssektor vorgenommen:

- **Räumliche Abgrenzung und Differenzierung:** Abgrenzung des Bilanzraums nach dem Territorialprinzip zur Erfassung des kompletten Verkehrs im Stadtgebiet. Um die unterschiedlichen Handlungsfelder und Einflussmöglichkeiten der Stadt zu dokumentieren sowie daraus resultierende Minderungspotenziale ermitteln zu können, erfolgt weiterhin eine Differenzierung nach Binnen-, Regional- und Durchgangsverkehr.
- **Einbeziehung des Straßengüterverkehrs in die Bilanz:** Neben dem Personenverkehr wird auch der Straßengüterverkehr in der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen berücksichtigt, da er einen relevanten Anteil an den verkehrlichen Emissionen im Stadtgebiet hat und auch anteilig im Bereich der kommunalen Handlungsmöglichkeiten ist.
- **Verwendung aktueller Emissionsfaktoren:** Verwendung von aktuellen Emissionsfaktoren inkl. energetischer Vorkette und unter Einbeziehung der Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O nach dem Emissionsmodell TREMOD, welches u.a. Grundlage für die Klimaberichterstattung der Bundesregierung ist.

Abb. 2: Treibhausgasemissionen des Verkehrs in Münster 2005 nach bisheriger Bilanzierungsmethode und nach Territorialbilanz



1.2 Entwicklung Endenergie und CO₂-Emissionen 1990 bis 2005/2006

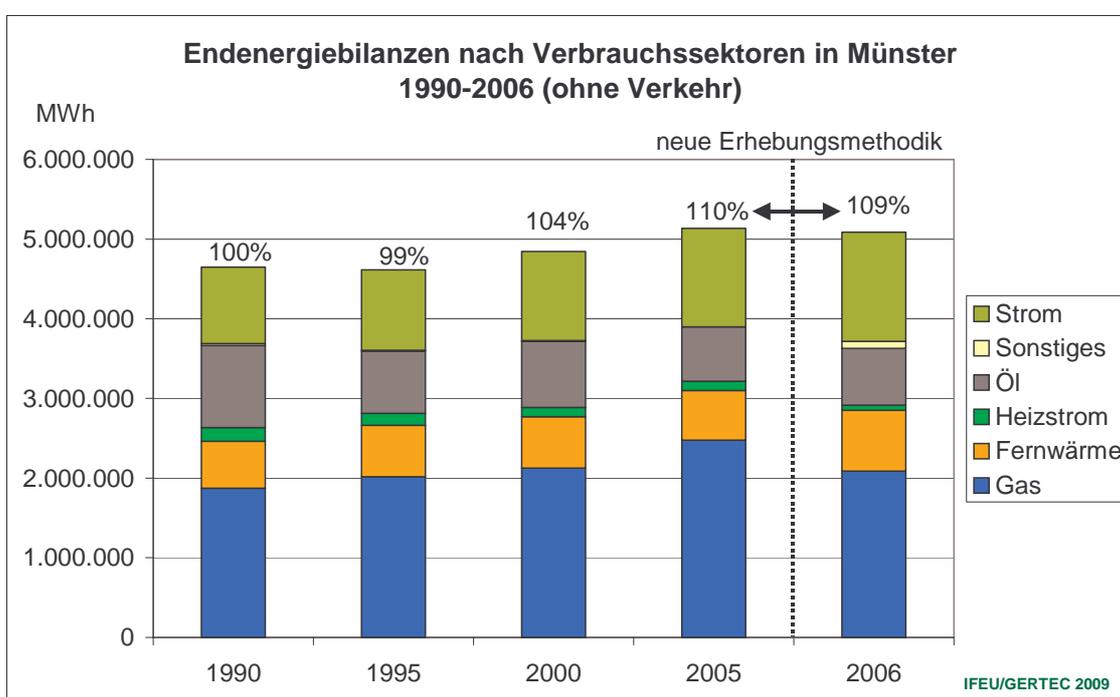
In Abb. 3 und Abb. wurden auf der linken Seite die Berechnungen der Stadt für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2005 übernommen⁶. Auf der rechten Seite sind jeweils die Ergebnisse nach neuer Berechnung dargestellt. Das Jahr 2006 wurde vom IFEU-Institut mit neuer Systematik für Endenergie und Emissionen bilanziert. Diese neue Systematik soll in den Folgejahren fortgeschrieben werden, so dass die Ergebnisse ab 2006 weiterhin verglichen werden können. Für das Startjahr 1990 wurde zudem noch einmal überschlägig eine CO₂-Bilanz anhand der vorliegenden Endenergieverbräuche mit der neuen Bilanzierungsmethodik berechnet.

⁶ Die Berechnung der Jahre 1990 bis 2005 erfolgte in Anlehnung an die Empfehlungen des Beirats. Ab 2006 wird mit der vom IFEU vorgeschlagenen Methodik gerechnet.

1.2.1 Endenergie

Die Ergebnisse für den Energiebereich nach Endenergieträgern sind in Abb. 3 zu sehen. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 steigerte sich der Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2005 von 4.649 GWh auf 5.131 GWh um 10%. Aus den genannten Gründen sind die Ergebnisse zwischen 2005 und 2006 nur noch bedingt vergleichbar. Trotz vereinzelter Differenzen bei den Energieträgern bleibt der ermittelte Endenergieverbrauch für 2006 gegenüber 2005 nahezu konstant bei 5.087 GWh (-1%).

Abb. 3: Entwicklung Endenergieverbrauch in Münster (Tabellen dazu im Anhang)



1.2.2 CO₂-Emissionen

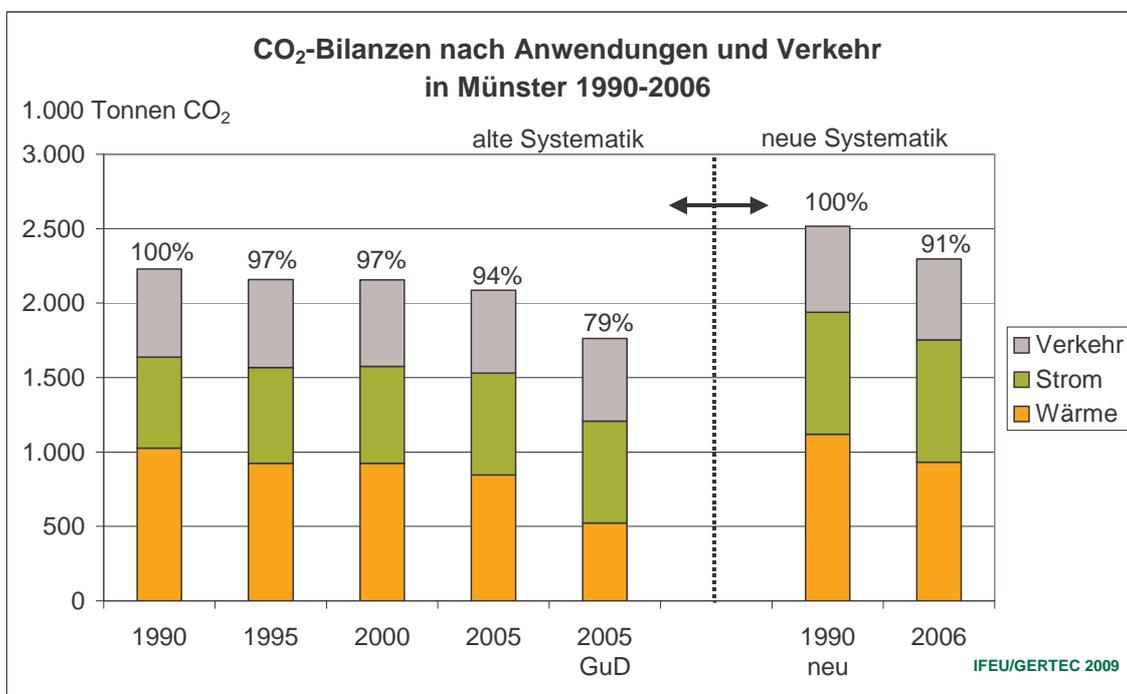
Entwicklungen 1990-2005 nach alter Systematik

Betrachtet man die Entwicklung der CO₂-Emissionen (vgl. Tab. 5 und Abb. 4) von 1990 bis 2005, die mit der alten Bilanzierungssystematik berechnet wurden, so zeigt sich für die GuD-Variante eine deutliche Verringerung von 21% bzw. von 2,229 Mio. Tonnen im Jahr 1990 auf 1,763 Mio. Tonnen im Jahr 2005. Während die Emissionen im Sektor Verkehr nahezu gleich geblieben sind, ist dieser Rückgang zu großen Teilen auf Reduktionen bei den energiebedingten Emissionen im Bereich Wärme zurückzuführen (-26%). Bezogen auf die Einwohner entspricht das einer Verringerung von 8,1 Tonnen auf 6,3 Tonnen pro Einwohner (-22%).

Vergleich alte und neue Systematik bei der CO₂-Bilanzierung

Zwischen den Bilanzen der Jahre 2005 und 2006 sind die Unterschiede mit einer Zunahme von 532.000 Tonnen CO₂ aufgrund der neuen Methodik erheblich (vgl. Tab. 5). Während der Verkehrsbereich durch die neue Systematik kaum Veränderungen aufweist (ca. -2,5%), finden sich bei den energiebedingten Emissionen Unterschiede von zusätzlich 545.000 Tonnen CO₂. Dies ist vor allem auf die unterschiedliche Bewertung der Koppelprodukte Fernwärme und Strom⁷ sowie der Berücksichtigung der Vorketten bei den Emissionsfaktoren zurückzuführen (vgl. Tab. 2). Auch die Unterschiede beim Endenergieverbrauch von Strom im Jahr 2006 gegenüber 2005 schlagen sich aufgrund des höher berechneten Emissionsfaktors für Strom in der CO₂-Bilanz nieder.

Abb. 4: Entwicklung der CO₂-Emissionen nach Anwendungen und Sektor



⁷ Die Neubewertung der Fernwärmeemissionen durch die Exergie- statt der Gutschriftenmethode ist für über zwei Drittel der Differenz zwischen den Bilanzen verantwortlich, Strom noch etwa zu einem Fünftel.

Tab. 5: Entwicklung der CO₂-Emissionen (1.000 Tonnen) nach Energieträgern (Sektor Verkehr ohne Aufteilung)

Jahr	Erdgas	Fernwärme	Heizstrom	Öl	Sonstiges	Strom	Verkehr	Gesamt
1990	374	206	160	278	8	610	592	2.229
1995	403	166	141	211	3	642	591	2.158
2000	425	166	107	224	2	649	581	2.155
2005	495	65	104	182	0	684	556	2.087
2005 GuD	495	-259	104	182	0	684	556	1.763
Neue Systematik								
1990 neu	472	157	148	331	11	819	578	2.516
2006	526	110	37	229	28	821	543	2.295

Entwicklungen 1990-2006 nach neuer Systematik

Für 1990 wurde mit den noch vorliegenden Daten eine überschlägige Bilanz nach neuer Emissionssystematik gerechnet⁸. Demnach beliefen sich die CO₂-Emissionen in Münster im Jahr 1990 auf 2,516 Mio. Tonnen CO₂. Bis 2006 konnten 221.000 Tonnen CO₂ oder 9% eingespart werden. Bezogen auf die Einwohner entspricht dies einer Verringerung von 9,1 Tonnen auf 8,2 Tonnen pro Einwohner (minus 10%).

1.2.3 Bewertung der Emissionsentwicklung

Wie ist das Erreichte zu bewerten? Mit den folgenden Hinweisen werden Bewertungsansätze aufgezeigt, welche eine Einordnung des Ergebnisses vor dem Hintergrund des Wachstums der Stadt sowie den Klimaschutzfolgen anderer Städte ermöglicht.

Relation der CO₂-Entwicklung zu anderen wichtigen Kenndaten der Stadt

Die wohnberechtigte Bevölkerung in Münster ist von 275.150 Einwohnern im Jahr 1990 auf 280.023 Einwohner im Jahr 2006 gestiegen (plus ca. 2%). Die spezifische Wohnfläche hat sich dabei im Schnitt von 34 auf 40 Quadratmeter pro Person erhöht. Dadurch ist die Wohnfläche in diesem Zeitraum um 21 % von 9 Mio. auf 11 Mio. Quadratmeter angestiegen (vgl. Abb. 5). Die Anzahl der Haushalte stieg um 15% von 127.465 im Jahr 1990 auf 146.802 im Jahr 2006. Die Anzahl der Bewohner pro Haushalt verringerte sich dadurch von einem Wert von 2,2 auf einen Wert von 1,9 im Jahr 2006.

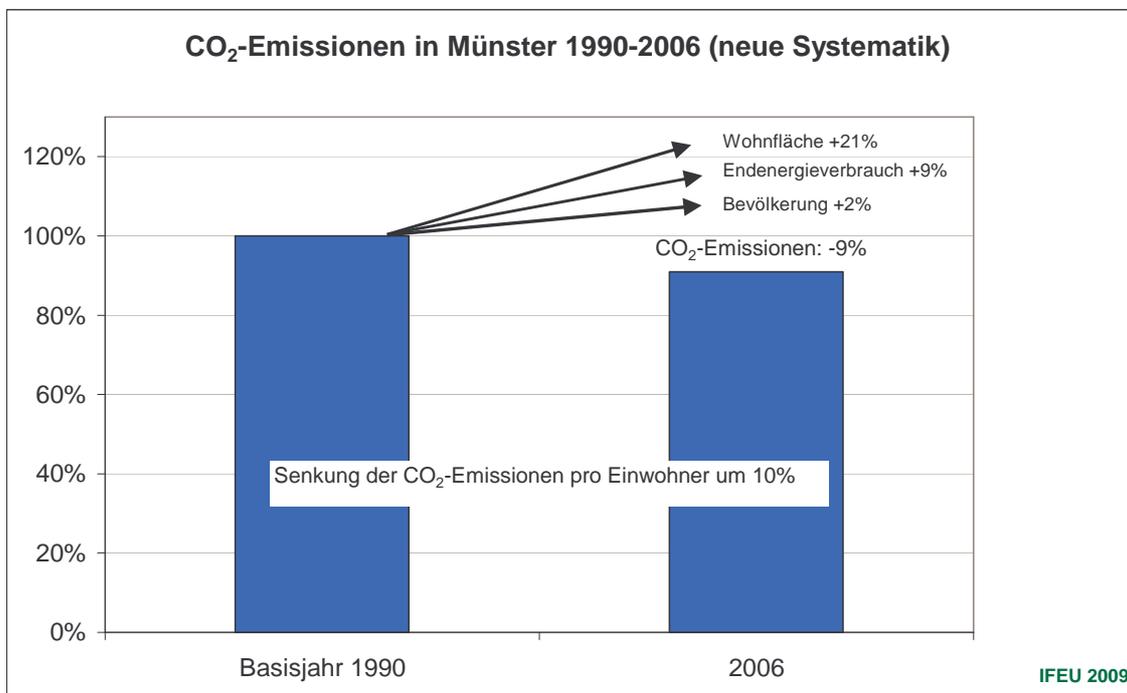
Trotz dieses Wachstums der Stadt konnten die CO₂-Emissionen in den 16 Jahren von 1990-2006 nach neuer Systematik verringert werden. Zum Beispiel sanken die Pro-Kopf-Emissionen der Münsteraner um 10%. Diese Minderungen sind im hohen Maße auf den Neubau des GuD-Kraftwerks zurückzuführen. Aber auch die anderen Klimaschutzaktivitäten der Stadt und Einwohner spielen dabei eine wichtige Rolle.

⁸ Der Verkehrsbereich wurde überschlägig für 1990 betrachtet. Dabei wurde die prozentuale Differenz, die aufgrund der unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden im Jahr 2005 entstanden ist, für das Jahr 1990 übernommen.

Vergleich der Emissionsentwicklungen in anderen Klimaschutzstädten

Um vor Augen zu führen, welche Auswirkungen diese und andere Rahmenbedingungen auf die CO₂-Bilanz in anderen Städten hatten, zeigt Abb. 6 die Entwicklung verschiedener Faktoren im Vergleich. Dabei werden neben Einwohnerzahl und Wohnfläche auch die Entwicklung der Endenergieverbräuche und der CO₂-Emissionen für die Städte Mannheim, Mainz, Heidelberg und Münster über verschiedene Zeiträume aufgezeigt.

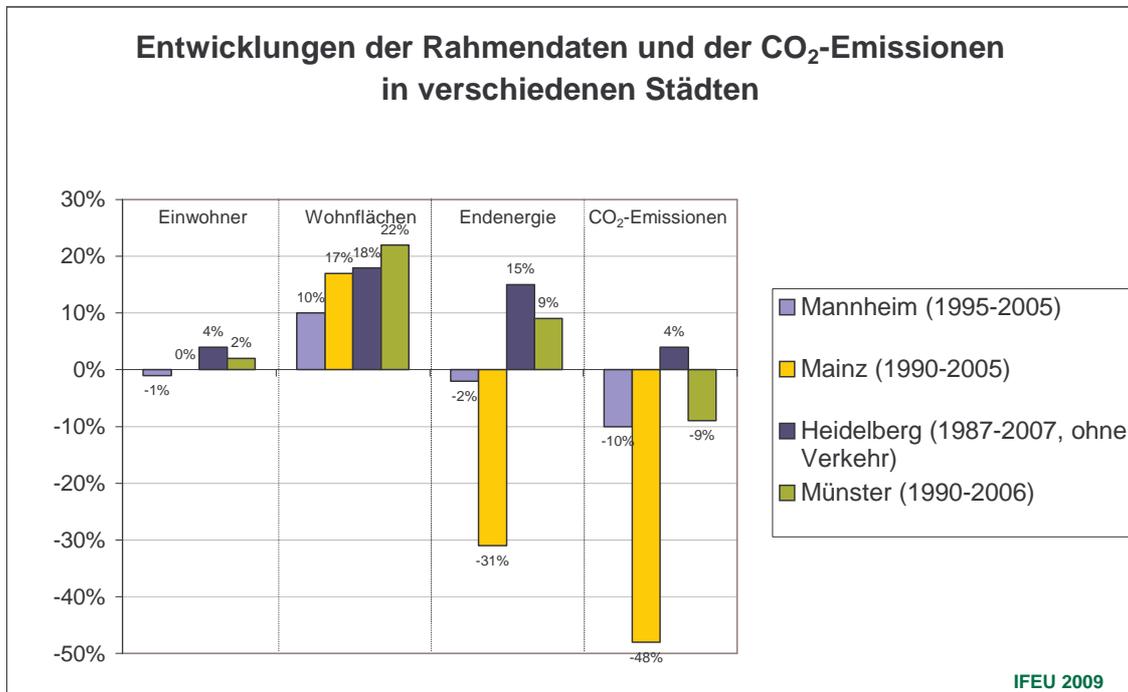
Abb. 5: Entwicklung der Wohnflächen, des Endenergieverbrauchs, der Bevölkerung sowie der CO₂-Emissionen in Münster von 1990 bis 2006 (Quellen: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, eigene Berechnungen).



Während Heidelberg und Münster in den betrachteten Zeiträumen einen Bevölkerungszuwachs zu verzeichnen hatten (+4% bzw. +2%), sank die Bevölkerungszahl in Mannheim bzw. blieb in Mainz konstant. Parallel nahmen die Wohnflächen in allen Städten zu.

Bei der Entwicklung der Endenergie finden sich in Mannheim und Mainz Senkungen von -2% bzw. -31%. Während dies in Mannheim auf einen geringeren Endenergieverbrauch im Sektor Gewerbe zurückzuführen ist, findet sich die Ursache für die deutlichen Energieverbrauchssenkung in Mainz aufgrund des Wegfalls eines (!) großen Industriebetriebes. Diese Entwicklungen sind auch, neben dem Neubau eines GuD-Kraftwerkes in Mainz, die Ursache für den Rückgang der CO₂-Emissionen im betrachteten Zeitraum (-10% bzw. -48%).

Abb. 6: Vergleich der Entwicklung in anderen Städten



Heidelberg und Münster verzeichnen dagegen im betrachteten Zeitraum eine Steigerung des Endenergiebedarfs (+15% bzw. +9%), was vor allem auf einen verstärkten Stromverbrauch zurückzuführen ist. Während es in Heidelberg aufgrund dessen auch zu einer Steigerung der CO₂-Emissionen kam (+4%), konnten diese in Münster trotz des erhöhten Energieverbrauchs um 9% gesenkt werden.

Fazit: Münster steht beim Vergleich der spezifischen CO₂-Entwicklung dieser Städte mit am besten da, weil man singuläre Ereignisse wie den Wegfall sehr großer Industriebetriebe als solche gesondert bewerten muss.

1.3 Endenergie- und CO₂-Bilanz 2006 im Detail

Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Energie- und CO₂-Bilanz 2006 nach der neuen Systematik von Münster (vgl. Abb. 7 und Abb. 81) aufgeführt und erläutert.

- Im Jahr 2006 beträgt der witterungskorrigierte Endenergieverbrauch aller Sektoren 6.843 GWh (vgl. Abb. 7). Pro Einwohner sind das etwa 24.500 kWh jährlich.
- Sowohl im Sektor Gewerbe und Sonstiges als auch im Sektor Private Haushalte werden 33% der Endenergie verbraucht. Weitere 26% am Gesamtenergiebedarf werden im Bereich Verkehr verbraucht. Im Sektor Industrie beträgt der Anteil am Energieverbrauch noch 8%.
- Die CO₂-Emissionen liegen 2006 bei 2,295 Mio. Tonnen (einschließlich Prozesskette und äquivalenten Emissionen). Pro Einwohner sind das 8,2 Tonnen jährlich.
- 34% davon fallen auf Gewerbe und Sonstiges, 33% auf die Privaten Haushalte, 24% auf den Bereich Verkehr und 10% auf die Industrie.

Abb. 7: Aufteilung des Endenergieeinsatzes in Münster im Jahr 2006 nach Sektoren und Energieträgern

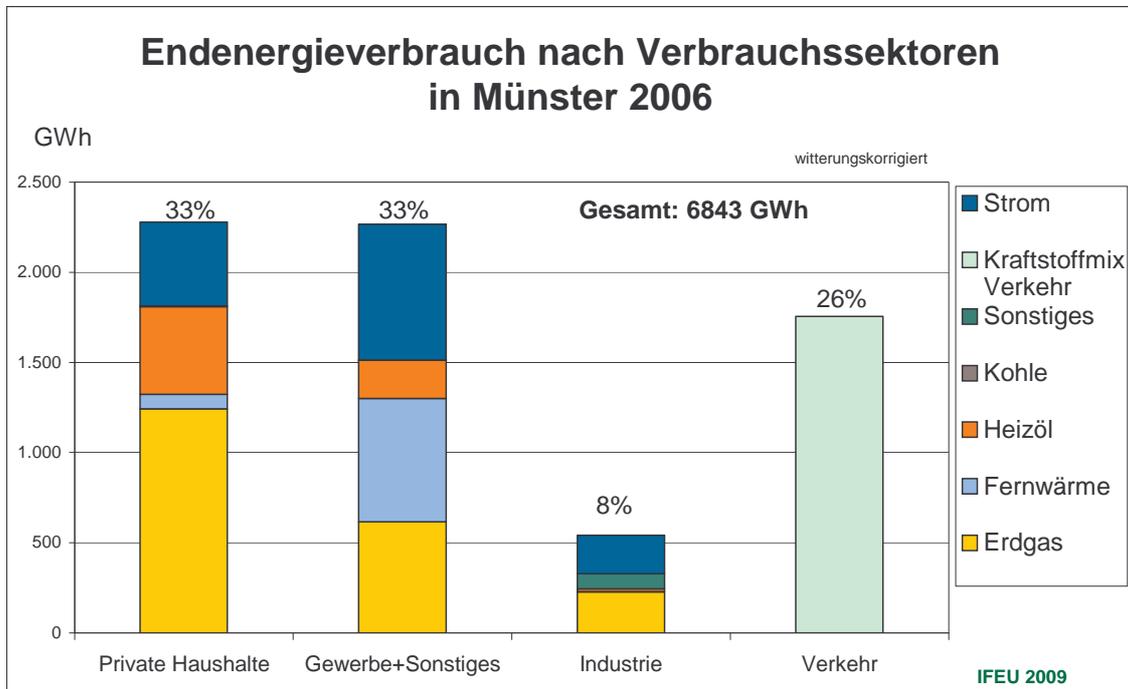
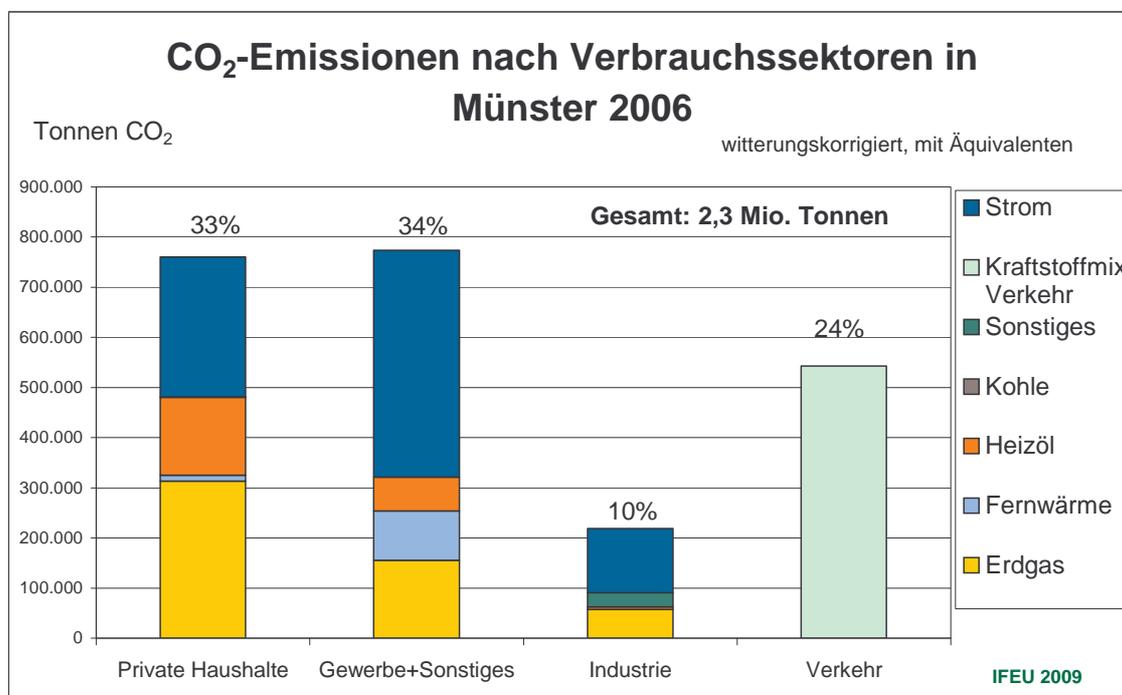


Abb. 81: Aufteilung der CO₂-Emissionen in Münster im Jahr 2006 nach Sektoren und Energieträgern



Der Endenergieverbrauch des Sektors **Private Haushalte** betrug im Jahre 2006 2.280 GWh, was CO₂-Emissionen von 760.000 Tonnen entspricht. Pro Einwohner bedeutet dies 2,7 Tonnen CO₂.

Erdgas hatte sowohl endenergetisch als auch bei den CO₂-Emissionen den größten Anteil (55% bzw. 41%). Strom (inkl. Stromheizung) hat noch einen Anteil von 20% endenergetisch bzw. 37% bei den CO₂-Emissionen. Heizöl hatte 2006 in Münster einen Anteil von 21% sowohl bei der Endenergie als auch bei den CO₂-Emissionen. Fernwärme und Sonstige Energieträger spielen mit 4% und 0,2% sowohl bei der Endenergie als auch bei den CO₂-Emissionen (2% bzw. 0,02%) im Haushaltssektor bisher eine untergeordnete Rolle.

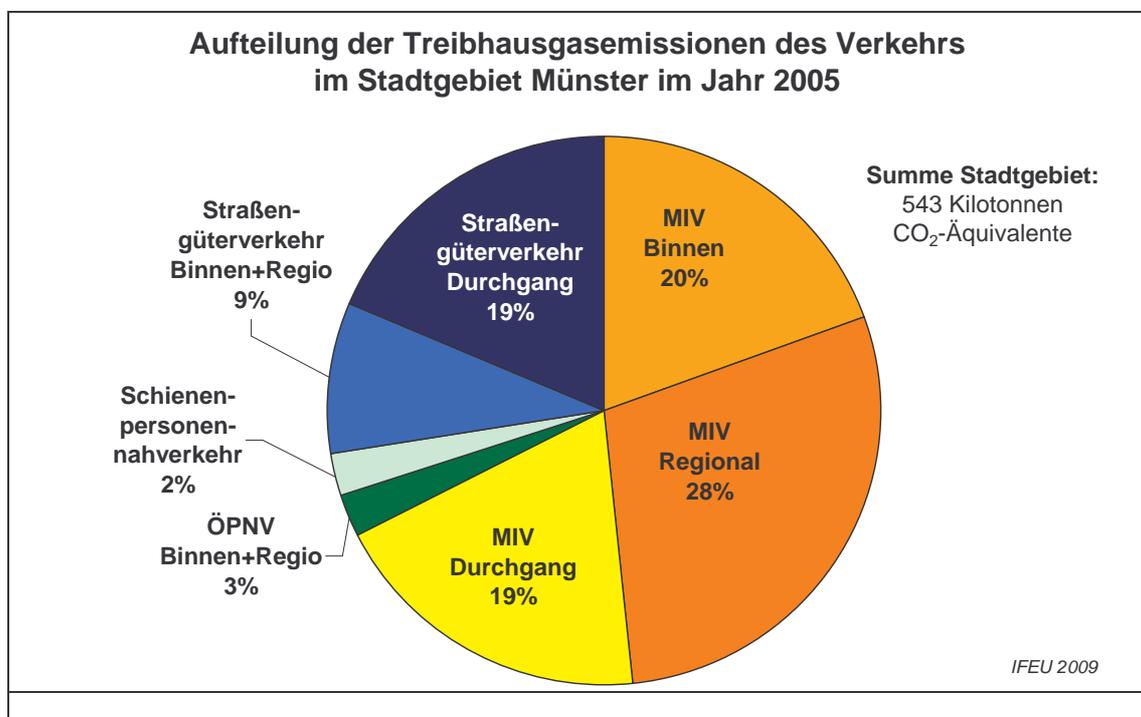
Der Sektor **Gewerbe und Sonstiges** hat einen Endenergieverbrauch von 2.266 GWh und Emissionen von 774.000 Tonnen CO₂. Dies entspricht Emissionen von 2,8 Tonnen CO₂ pro Münsteraner Einwohner und 6,6 Tonnen CO₂ pro sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in diesem Sektor. Strom hat sowohl endenergetisch als auch auf CO₂ Seite als Energieträger die größten Anteile (33% bzw. 58%) im Sektor Gewerbe und Sonstiges. Endenergetisch hat Erdgas mit 27% und Fernwärme (inkl. Ferndampf) mit 30% in etwa die gleichen Anteile. Bei den CO₂-Emissionen liegt der Anteil von Erdgas nur noch bei 20%, bei Fernwärme (inkl. Ferndampf) nur noch bei 13%. Heizöl hat einen endenergetischen Anteil von 9% und bei den CO₂-Emissionen von ebenfalls noch 9%. Sonstige Energieträger spielen hier kaum eine Rolle.

Der **Sektor Industrie** hat Emissionen von 218.000 Tonnen CO₂. Dies entspricht Emissionen von 0,8 Tonnen CO₂ pro Einwohner bzw. 14,4 Tonnen CO₂ pro sozialversiche-

zungspflichtigen Beschäftigten in diesem Sektor. Auch in diesem Sektor haben Erdgas und Strom sowohl bei der Endenergie (42% bzw. 39%) als auch bei den CO₂-Emissionen (26% bzw. 58%) die größten Anteile. Sonstige Energien haben einen Anteil von 16% am Endenergieverbrauch und 13% an den CO₂-Gesamtemissionen. Heizöl und Fernwärme haben in diesem Sektor nur sehr geringe Anteile von unter 3% bzw. 1% endenergetisch als auch bei den CO₂-Emissionen.

Die Treibhausgasemissionen des **Verkehrs** in Münster beliefen sich nach der angepassten Bilanzierungsmethodik im Jahr 2005 insgesamt auf 543.000 Tonnen CO₂. Die Beiträge der verschiedenen Verkehrsarten zu den Emissionen wurden entsprechend der Bilanzierungsmethodik aufgeteilt. Den größten Anteil an den Emissionen hatte mit 67% der motorisierte Individualverkehr MIV durch Pkw und motorisierte Zweiräder (Abb. 92). Dabei trugen Binnen- und Regionalverkehr zusammen etwas weniger als die Hälfte der Treibhausgasemissionen im Stadtgebiet bei, 19% kamen aus dem MIV-Durchgangsverkehr. Der ÖPNV durch Stadt- und Regionalbusse sowie Schienennahverkehr trug etwa 5% zu den Emissionen bei. Insgesamt kamen damit 72% der Treibhausgasemissionen aus dem Personenverkehr. Der Straßengüterverkehr durch Lkw und leichte Nutzfahrzeuge hatte einen Anteil an den Emissionen von etwa 28%, dabei sind 9% dem Binnen- und Regionalverkehr zugerechnet, 19% entfielen auf den Durchgangsverkehr. Insgesamt sind dem Durchgangsverkehr (Personen + Güter) ca. 38% der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen im Stadtgebiet Münster zuzurechnen.

Abb. 92: Aufteilung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Stadtgebiet Münster 2005



1.4 Fortschreibungsfähiges Berichtssystem

Für die Endenergie- und CO₂-Bilanz wurde für den Energie- und Verkehrsbereich ein EXCEL-Blatt speziell für Münster entwickelt. Zur Berechnung wurden die aktuelle und die künftig zu erwartende Datenlage berücksichtigt und dafür einfache Eingabemasken entwickelt. Dies soll der Stadt Münster ermöglichen, künftig die Bilanzierung mit weniger Aufwand als bisher fortzuschreiben.

2 Anhang

1. Anpassung bei der CO₂-Bilanzierung (Energie)

Entwicklungen und Unterschiede bei der Endenergiebilanzierung

1. Aufgrund des Unbundlings von Energieversorgungsunternehmen, das mit der Liberalisierung des Strommarktes erforderlich wurde, können einzelne Gesellschaften des Unternehmens nicht mehr auf alle im Unternehmen vorliegenden Daten zurückgreifen bzw. es werden in verschiedenen Abteilungen auf unterschiedliche Weise Daten erhoben⁹. Selbst für leitungsgebundene Energieträger kommt es deswegen zwischen 2005 und 2006 zu größeren Sprüngen. Beispielsweise ist der Heizstromverbrauch zwischen den beiden Jahren um knapp 50% gesunken. Vermutlich wird dieser Verbrauch nun dem allgemeinen Stromverbrauch zugerechnet oder die Zahlen wurden zuletzt einfach nicht mehr aktualisiert. Es ist daher für die zukünftige Bilanzierung ratsam, konsistent von einer Gesellschaft alle Daten zu erhalten.
2. Die Witterungskorrektur wurde mit den von den Stadtwerken genutzten Gradtagszahlen nach VDI 2067 genutzt. Bis 2005 wurden alle Niedertemperaturverbräuche (mit Warmwasser) witterungsbereinigt. Da diese Unterteilung nach Anwendungsarten ab 2006 nicht mehr vorliegt, werden für die verschiedenen Sektoren und Energieträger in Studien ermittelte Anteile der Raumwärme angenommen und diese witterungskorrigiert.
3. Die Datenquellen haben sich für einzelne Energieträger geändert. Beispielsweise wird für eine Abschätzung des Ölverbrauchs auf die Daten der Schornsteinfegerstatistik zurückgegriffen. Im Wärmeetlas wurde diese Abschätzung noch auf Grundlage der Kennwertmethode gemacht. Auch die vom Landesamt für Statistik ermittelten Energieverbräuche des verarbeitenden Gewerbes beziehen sich auf konkrete Angaben der Betriebe. In dieser Statistik werden auch „Sonstige Energieträger“ und Erneuerbare Energien erfasst. Damit kann die Bilanzierung für diesen Sektor sehr genau erfolgen.
4. Die Universität mit ihrem Kraftwerk verbraucht einerseits Fernwärme aus dem Netz der Stadtwerke, andererseits wird auch aus dem eigenen Kraftwerk Ferndampf und Fernwärme für das eigene Netz und Dritte erzeugt. Bei der Erhebung für den Wärmeetlas 2005 wird davon ausgegangen, dass aufgrund von fehlenden Informationen die im Universitätskraftwerk erzeugte Fernwärme bzw. der erzeugte Ferndampf nicht vollständig berücksichtigt werden konnten und stattdessen dem Erdgasverbrauch der Universität zugerechnet wurden. Dies

⁹ Die Gesellschaften Vertrieb und Durchleitung haben unterschiedliche Datenbanken. Für den Wärmeetlas wurde auf verschiedene Datenbanken verschiedener Gesellschaften zurückgegriffen.

würde die Differenzen bei Fernwärme und Erdgas zwischen 2005 und 2006 erklären.

Unterschiede bei der CO₂-Bilanzierung

Vier wesentliche Punkte haben sich bei den Emissionsfaktoren zwischen 2005 und 2006 geändert.

1. Bislang wurde mit Emissionsfaktoren ohne Vorkette inkl. CO₂-Äquivalenten gerechnet, wie dies vom damaligen Klimaschutz-Beirat empfohlen wurde. Für die Bilanz 2006 werden nun die CO₂-Emissionsfaktoren inkl. Äquivalente und Vorketten genutzt. Dies wird empfohlen, um einerseits alle energierelevanten Treibhausgase einzubeziehen und gleichzeitig auch die Emissionen, die bei Transport und Abbau entstehen, zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung der Vorketten entspricht auch der Bilanzsystematik des Klima Bündnisses.
2. Eine weitere Änderung betrifft die Berechnung der CO₂-Emissionsfaktoren für Strom. Ziel von CO₂-Bilanzen sollte es sein, lokale Klimaschutzbemühungen auf Effizienz- und Versorgungsseite gleichzeitig abzubilden. Für die vorliegende Bilanz wurde deswegen der Emissionsfaktor Strom nach dem Territorialprinzip als Grundlage genommen (vgl. Anhang Methodik). Im UBA Klimaschutzbenchmark für Kommunen wird aktuell zusätzlich empfohlen, daneben noch eine CO₂-Bilanz mit einem bundesdeutschen Strommix darzustellen. Die Ergebnisse der Berechnung mit diesem Mix finden sich im Anhang.
3. Eine weitere Änderung bei der vorliegenden Bilanz betrifft die Ermittlung des Emissionsfaktors von Strom und Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung. Für die Ermittlung der Emissionsfaktoren der Koppelprodukte Strom und Wärme gibt es verschiedene, aber noch keine einheitliche Berechnungsmethode. Bisher wurde in Münster die Gutschriftenmethode angewandt. Hier werden anhand von Vergleichsanlagen, in denen die gleiche Menge eines Koppelprodukts erzeugt wird, entweder Strom oder Wärme Emissionen gutgeschrieben. Je nach Vergleichsanlage kann dies dazu führen, dass manchmal negative Emissionsfaktoren¹⁰ auftreten. Für die Berechnung in kommunalen Bilanzen eignet sie sich deswegen nur bedingt. In der neuen Bilanz wird nun nach der Exergiemethode gerechnet. Sie spiegelt neben der Wirkungsgradmethode am korrektesten die physikalische Realität wider. Anhand des Exergiegehalts der Koppelprodukte werden hier die Emissionsfaktoren zugeordnet (vgl. Anhang Methodik).
4. Zuletzt wurde der Emissionsfaktor für Nachtspeicheröfen angepasst. In der Bilanz für 2006 wird für die Bilanzen nun ein einheitlicher Stromfaktor für alle Stromanwendungen für die Berechnung genommen. Eine Unterscheidung zwischen dem bisher angewandten Mittellaststrommix und kommunalen Strommix ist im Rahmen einer Bilanzierung bisher in keiner anderen Kommune so bekannt und entspricht auch nicht der Vorgehensweise des Klima Bündnisses.

¹⁰ Vgl. die Berechnung für den Strommix 2007

2. Anpassung der CO₂-Bilanzierung (Verkehr)

Für das aktuelle Basisjahr 2005 ist eine Territorialbilanz des Verkehrs in Münster unter Verwendung aktueller bundesdurchschnittlicher Emissionsfaktoren erstellt worden. Notwendige Zusatzarbeiten zur Anpassung der Bilanzierungsmethodik betrafen hauptsächlich die zusätzliche Differenzierung des Personenverkehrs im Stadtgebiet nach den Verkehrsarten Binnen-, Regional- und Durchgangsverkehr sowie die Einbeziehung und Differenzierung des Straßengüterverkehrs.

Differenzierung nach Verkehrsarten im Personenverkehr

Wesentliche Grundlage für die Aufteilung der Fahrleistungen im Personenverkehr nach den Verkehrsarten Binnen-, Regional- und Durchgangsverkehr waren die bei der Stadt verfügbaren Verkehrsinformationen aus der bisherigen Bilanzierung. Diese wurden anhand zusätzlicher Informationen für den Motorisierten Individualverkehr MIV angepasst und auf das Verkehrsgerüst der Territorialbilanz übertragen. Die Verkehrsdaten zum öffentlichen Verkehr lagen bereits in der erforderlichen Differenzierung vor.

Fahrleistungen des MIV im Binnenverkehr wurden anhand der städtischen Angaben zur jährlichen Anzahl der Fahrten (als Selbstfahrer) sowie der mittleren Weglänge berechnet. Da der Binnenverkehr vollständig innerhalb des Stadtgebiets stattfindet, wurden seine Fahrleistungen vollständig in die Territorialbilanz eingerechnet. MIV-Fahrleistungen im Regionalverkehr wurden ebenfalls über die städtischen Angaben zur jährlichen Fahrtenanzahl berechnet. Zur Ermittlung des in die Territorialbilanz einzurechnenden Fahrleistungsanteils des Regionalverkehrs im Stadtgebiet wurde eine mittlere Weglänge innerhalb der Stadtgrenzen von 10 km anhand des durchschnittlichen Stadtradius abgeschätzt. Nach diesen Berechnungen hatten Binnen- und Regionalverkehr im Jahr 2005 zusammen eine Fahrleistung von 1.248 Mio. Fahrzeug-km. Das sind 73% der gesamten Fahrleistungen des MIV im Stadtgebiet von 1.713 Mio. Fz-km. Die übrige MIV-Fahrleistung von 465 Mio. Fz-km ist demnach als Durchgangsverkehr anzunehmen.

Zur Plausibilisierung der Gesamthöhe des Durchgangsverkehrs und zur Aufteilung nach Straßenkategorien wurden ergänzend Verkehrszählraten aus der bundesweiten Straßenverkehrszählung 2005 der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) für die Autobahn- und Bundesstraßenabschnitte im Stadtgebiet Münster ausgewertet. Über die Höhe der Verkehrsbelastung auf den einzelnen Straßenabschnitten vor und nach Ab- bzw. Zufahrten erfolgte eine vereinfachte Abschätzung der Verkehrsanteile mit Start oder Ziel in Münster (Regionalverkehr), der übrige Verkehr wurde als Durchgangsverkehr gerechnet. Der MIV-Durchgangsverkehr findet überwiegend auf den Autobahnen statt, die durch das Stadtgebiet verlaufen. Für die Autobahnabschnitte in Münster ergab sich eine Fahrleistung des MIV im Durchgangsverkehr von ca. 380 Mio. Fz-km, damit ca. 82% des gesamten Durchgangsverkehrs. Auf Nicht-Autobahnen würden demnach ca. 85 Mio. Fz-km Durchgangsverkehr entfallen. Das entspricht auch der Größenordnung, die sich anhand der Informationen im ersten Zwischenbericht zum Verkehrsentwicklungsplan Münster 2025 zum Durchgangsverkehr auf Nicht-Autobahnen ergibt.

An den gesamten Fahrleistungen des MIV im Stadtgebiet im Jahr 2005 hatte der Binnenverkehr einen Anteil von 29%. Der Regionalverkehr war trotz alleiniger Berücksichti-

gung der Strecken im Stadtgebiet für 43% der Fahrleistungen verantwortlich. Der vorwiegend auf den Autobahnen erfolgende Durchgangsverkehr hatte einen Anteil von 27% an den Fahrleistungen. Abb. 103 zeigt die Aufteilung der MIV-Fahrleistungen im Stadtgebiet Münster im Jahr 2005 nach den Verkehrsarten.

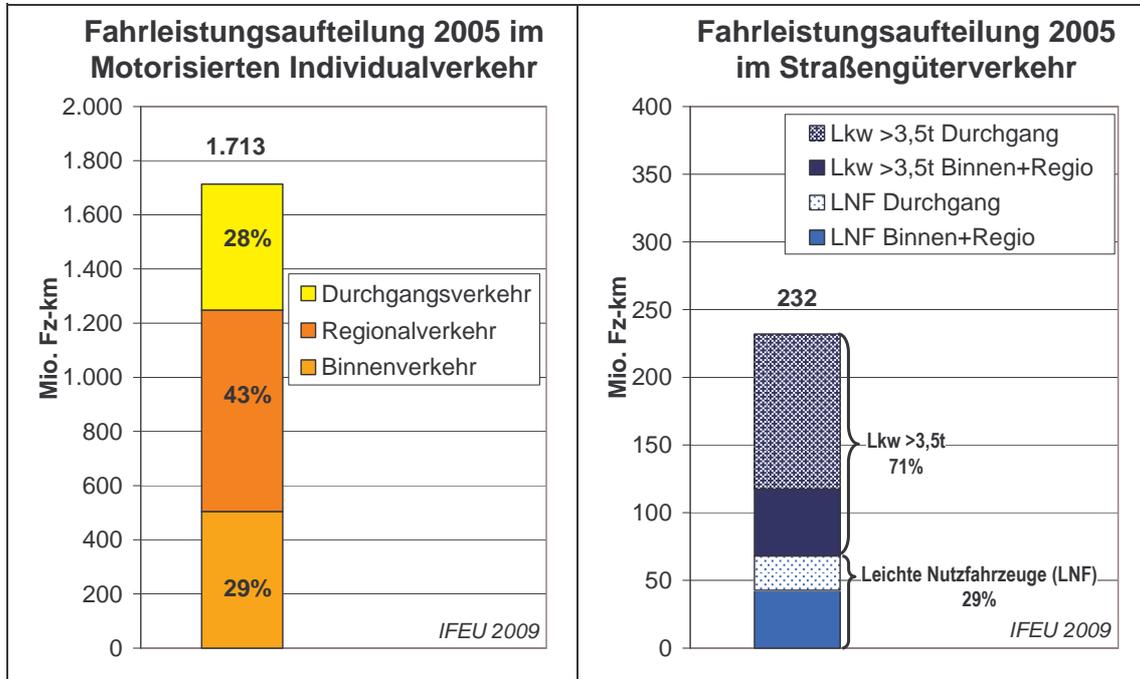
Differenzierung nach Verkehrsarten im Straßengüterverkehr

Die Stadt Münster verfügt über keine eigenen Datenerhebungen im Straßengüterverkehr. Entsprechend war die Aufteilung der Fahrleistungen nach Binnen-, Regional- und Durchgangsverkehr hier nicht in gleichem Maße möglich wie für den MIV. Der Anteil von Durchgangsverkehr auf Autobahnen mit Leichten Nutzfahrzeugen und mit Lkw wurde analog zum Vorgehen beim MIV über eine Auswertung der Verkehrszählungen der Straßenverkehrszählung 2005 abgeleitet. Danach ergab sich für Leichte Nutzfahrzeuge ein Anteil des Durchgangsverkehrs auf Autobahnen von 90%, für Lkw >3,5t von 95%. Die restliche Autobahn-Fahrleistung wurde dem Regionalverkehr zugerechnet. Für Nicht-Autobahnen sind keine ausreichenden Informationen verfügbar, um eine Aufteilung des Straßengüterverkehrs nach Verkehrsarten zu ermöglichen¹¹. Vereinfachend wurde deshalb für Nicht-Autobahnen kein Lkw-Durchgangsverkehr angenommen. Binnen- und Regionalverkehr wurden gemeinsam dargestellt.

Insgesamt war der Straßengüterverkehr in Münster 2005 durch Lkw >3,5t mit einem Fahrleistungsanteil von 71% dominiert, leichte Nutzfahrzeuge <3,5t trugen 29% zur Fahrleistung bei (vgl. Abb. 103, rechts). Der Anteil des Binnen- und Regionalverkehrs war bei Lkw >3,5t mit 30% relativ niedrig, während bei leichten Nutzfahrzeugen mit 63% der Großteil der Fahrleistungen auf Binnen- und Regionalverkehr entfiel. Insgesamt ergibt sich für die Fahrleistungen im Straßengüterverkehr 2005 ein Anteil im Binnen- und Regionalverkehr von 40%.

¹¹ Angaben im 1. Zwischenbericht zum Verkehrsentwicklungsplan Münster 2025 belegen für Lkw >12t eine geringe Bedeutung des Durchgangsverkehrs auf Nicht-Autobahnen im Stadtgebiet. Für Lkw kleinerer Größenklassen liegen keine Informationen vor.

Abb. 103: Fahrleistungen des Straßenverkehrs im Stadtgebiet Münster im Jahr 2005 in der Differenzierung nach Verkehrsarten



3. Methodik der CO₂-Bilanzierung

Auf Bundesebene baut das Klima Bündnis mit dem Tool ECO2 gerade eine einheitliche Bilanzierungssystematik für seine etwa 400 Mitgliedskommunen auf. Damit kann mittelfristig eine einheitliche CO₂-Bilanzierungssystematik flächendeckend etabliert werden. Das IFEU lehnt sich weitestgehend an die Bilanzierungsgrundlagen des Klima Bündnisses an. Sofern die konkreten Verhältnisse in Münster es erfordern, wie zum Beispiel bei der Allokation von Fernwärme, wird die Systematik durch eigene Ansätze des IFEU ergänzt. Im Rahmen von kommunalen Bilanzen werden vom IFEU folgende Bilanzierungsmethoden verwendet:

Territorialprinzip

Die Energie- und CO₂- Bilanzierung des IFEU für Kommunen in der Größenklasse von Münster basiert auf dem Territorialprinzip. Demnach werden beispielsweise alle im Stadtgebiet Münster anfallenden Verbräuche auf Ebene der Endenergie (Energie, die z.B. am Hauszähler gemessen und verrechnet wird) bilanziert und den verschiedenen Verbrauchssektoren zugeordnet. Graue Energie (die z.B. in Produkten steckt) und Energie die außerhalb der Stadtgrenzen konsumiert wird (z.B. Hotelaufenthalt) wird nicht bilanziert¹².

Auf Energieversorgungsseite werden ebenfalls alle Energieumwandlungen im Stadtgebiet berücksichtigt und fließen in die Bilanz ein, sofern Sie dem Endenergieverbrauch in Münster zugeordnet werden können.

Vorkette

Zur Berechnung der CO₂- Emissionen werden, neben den direkten Emissionen bei der Umwandlung der Energie im Stadtgebiet Münster, auch die Emissionen der Vorkette einberechnet. So sind auch die Emissionen für die Förderung, den Transport und die Umwandlung außerhalb der Stadt Münster enthalten. Die einzelnen Faktoren stammen aus dem GEMIS-Datensatz und Berechnungen des IFEU Heidelberg (UMBERTO- und ECO-Invent-Daten).

Äquivalente Emissionen

Zusätzlich zur Prozesskette werden in der Regel vom IFEU auch die äquivalenten CO₂-Emissionen von Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) einberechnet. Z.B. entstehen bei der Förderung und dem Transport von Erdgas oder der Bioabfallvergärung und Kompostierung auch Methanverluste. Methan ist um ein Vielfaches klimaschädlicher als CO₂.

¹² Eine verursacherbasierte Bilanz einzelner Personen in Münster kann aber z.B. über das CO₂- Bürgertool des IFEU Heidelberg (siehe <http://ifeu.klima-aktiv.de/>) erfolgen.

Allokation von Koppelprodukten (Strom / Wärme)

Die gemeinsame Erzeugung¹³ von Strom und Wärme (Kraftwärmekopplung = KWK) schont die Ressourcen, da vergleichsweise wenig Energie als Abwärme verloren geht. Für die Aufteilung der Emissionsfrachten auf die Koppelprodukte Strom und Wärme gibt es verschiedene Rechenansätze.

Die Gutschriftenmethode des GEMIS wird meist bei einem Systemvergleich herangezogen. Für die kommunale Bilanzierung ist diese nicht geeignet, da sie zwar den Gesamteffekt eines KWK-Prozesses gut beschreibt, dem Endprodukt Wärme aber keinen „realen“ CO₂-Emissionsfaktor zuordnet¹⁴.

Für die Abbildung der tatsächlich auftretenden spezifischen CO₂-Emissionen rechnet das IFEU entweder mit dem Prinzip des Brennstoffmehraufwandes, das auch von der Kraftwerkswirtschaft verwendet wird, oder mit der Aufteilung der Emissionen entsprechend dem Exergie-Gehalt¹⁵ der Koppelprodukte.

Beim Brennstoffmehraufwand wird berechnet, wie viel Brennstoff als Mehraufwand eingesetzt werden müsste um die gleiche Stromproduktion zu erreichen, die ohne eine Wärmeauskopplung möglich wäre. Diese Betrachtungsweise wird häufig bei großen KWK-Prozessen (z.B. bei Kohleheizkraftwerken) angewandt.

Liegen keine detaillierten Daten von Kraftwerken vor oder kann die Zuordnung nicht über den Brennstoffmehraufwand erfolgen (z.B. bei BHKWs), wird die Allokation der Emissionen über den Exergiefaktor der Koppelprodukte berechnet. Werden z.B. in einem gasbetriebenen Block-Heiz-Kraftwerk mit 100 MWh (Wirkungsgrad 90%) 30 MWh Strom und 60 MWh Wärme erzeugt, so werden dem Strom wesentlich mehr Emissionen zugeteilt als der Wärme. Da Strom exergetisch hochwertiger ist als Wärme, werden ihm von den Emissionen der 100 MWh Erdgas etwa 75% zugeordnet. Etwa 25 % der Emissionen der 100 MWh Erdgas werden der erzeugten Wärme zugeordnet.

¹³ Physikalisch korrekt handelt es sich immer um eine Umwandlung der Energie.

¹⁴ Bei der Stromgutschrift werden zuerst die gesamten Emissionen des KWK-Prozesses vor Ort an Hand des Brennstoffbedarfs der Anlage und den spezifischen CO₂-Faktoren ermittelt. Dann werden die CO₂-Emissionen gut geschrieben, die durch die Stromerzeugung der KWK-Anlage auf Bundesebene verdrängt werden. Die resultierenden Emissionen werden dann der ausgekoppelten Wärme zugeordnet. Je nach Brennstoffeinsatz der KWK-Anlage kann der spezifische Fernwärmefaktor dadurch negativ werden (z.B. bei Einsatz von Biomasse) oder extrem hoch ausfallen (z.B. bei Einsatz von Kohle).

¹⁵ Als Exergie bezeichnet den Anteil der Gesamtenergie eines Systems, der Arbeit verrichten kann. Die hochwertige Energie Strom hat den Exergiefaktor 1, d.h. theoretisch kann 100% der Energie in Arbeit umgewandelt werden. Wärme von z.B. 90 bis 140 Grad Celsius hat den Exergiefaktor von etwa 0,17 bis 0,3, d.h. theoretisch können 17% bis 30% der Energie in Arbeit umgewandelt werden.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren für Fernwärme und die lokale Stromerzeugung spiegelt die Strukturen der emissionsrelevanten Energieumwandlung im Stadtgebiet Münster wider.

Zu der Planung wird nach der EnEV für die Berechnung von Fernwärmeversorgung der nach DIN 4701-10 berechnete Primärenergiefaktor der Fernwärme benötigt. Dieser beträgt in Münster 0,0 und schneidet damit sogar beispielsweise besser als Holz (0,2) ab. Die Ursache liegt darin begründet, dass die Fernwärmeerzeugung gegen einen bundesweit einheitlichen Stromprimärenergiefaktor (3,0) gutgeschrieben wird. Unabhängig von der lokalen Situation können deswegen neue hocheffiziente Kraftwerke, wie das neue GuD-Kraftwerk sehr gute Werte bei der Fernwärmebereitstellung nach DIN 4701-10 erreichen. Für eine physikalisch korrekte Aufteilung der Emissionen der Koppelprodukte bei der Erzeugung vor Ort ist diese Methode jedoch nicht geeignet.

Lokaler Strommix oder Bundesmix

Das IFEU rechnet in seinen Bilanzen mit dem lokalen Strom- und Fernwärmemix. Strom, der im Stadtgebiet durch erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke erzeugt wird, wurde auch bei der Berechnung eines lokalen spezifischen Emissionsfaktors berücksichtigt. Zwei mögliche Fälle könnten dabei eintreten.

Im ersten Fall ist die Stromerzeugung geringer als der Stromverbrauch im Stadtgebiet. Für die Berechnung des Emissionsfaktors fließt nun die gesamte lokale Stromerzeugung in die Berechnung ein. Für den fehlenden Anteil am Stromverbrauch wird der Bundesmix für Strom herangezogen. Dieser Fall liegt für die CO₂-Bilanz 2006 in Münster vor. Durch die Kraftwerksstruktur vor Ort wurde knapp ein Drittel des in Münster erzeugten Stroms auch in Münster erzeugt. Für etwa zwei Drittel wurde bei der Emissionsfaktorberechnung der Faktor für den Bundesmix herangezogen.

Im zweiten Fall liegt die Stromerzeugung im Stadtgebiet höher als der Stromverbrauch. Strom würde mit dem Emissionsfaktor, der aus der gesamten Stromerzeugung resultiert, nur anteilig am Verbrauch in Münster der Stadt angerechnet.

Mit diesem verbrauchsorientierten Territorialprinzip wird versucht, kommunale Klimaschutzbemühungen und -entscheidungen sowohl auf Verbrauchs- als auch auf Erzeugungsseite in einer CO₂-Bilanz abzubilden.

Eine weitere Möglichkeit, die derzeit im Klimaschutzbenchmark-Projekt des UBA diskutiert wird, ist die Verwendung eines einheitlichen Bundesstrommixes für kommunale Bilanzen. Zum einen ist damit eine verbesserte Vergleichbarkeit zwischen den Kommunen gegeben zum anderen können kommunale Erfolge auf der Effizienzseite über mehrere Jahre in der Bilanz besser dargestellt werden. Im weiteren Anhang findet sich deswegen auch eine Bilanz, die mit dem Bundesmix Strom berechnet wurde.

Witterungskorrektur

Der Energieverbrauch für die Raumheizung ist stark von der Witterung, insbesondere von den Lufttemperaturen, abhängig. In einem kalten Winter kann der Heizenergieverbrauch deshalb im Vergleich zu einem milden Winter im Jahr zuvor deutlich ansteigen, ohne dass Nutzungsänderungen oder Anlagenfehler vorliegen. Um die Verläufe und Entwicklungen des Energieverbrauchs einschätzen und aufschlussreich interpretieren zu können, müssen die Heizenergieverbräuche daher stets witterungsbereinigt werden. Das bedeutet, dass die Witterungsbedingungen eines betrachteten Jahres in einen langjährigen, gemittelten Kontext gestellt werden.

Daher wurden auch in dieser Bilanzierung alle Energieverbräuche bzw. Energieträger, die zum Zwecke der Raumwärmetermperierung eingesetzt werden, mit den Gradtagszahlen (15/20) und dem langjährigen Mittel witterungskorrigiert. Die Gradtagszahl für das Jahr 2006 ist 3.190 Gradtage (Quelle Stadtwerke). Aufgrund des langjährigen Mittels von 3.781 Gradtagen ergibt sich für Münster ein Korrekturfaktor von 1,19. Das Jahr 2006 war demnach ein wärmeres Jahr als die Jahre im langjährigen Mittel. Die absoluten Heizenergieverbräuche in den einzelnen Sektoren wurden um den Faktor 1,19 nach oben korrigiert.

4. Daten- und Tabellen zur CO₂-Bilanz

Jahr	Gas	Fernwärme	Heizstrom	Heizöl	Sonstiges	Strom	Verkehr	Gesamt
1990	1.872	589	173	1.031	26	959	k.A.	4.649
1995	2.017	645	153	780	11	1.009	k.A.	4.615
2000	2.126	644	115	831	7	1.119	k.A.	4.843
2005	2.476	625	113	684	0	1.235	k.A.	5.132
2006	2.087	765	62	714	90	1.369	*	5.087

* Verkehr 2006 wird für eine bessere Vergleichbarkeit nicht in der Summe berücksichtigt

Enenergieverbrauch in Münster 2006 , witterungskorrigiert (GWh)

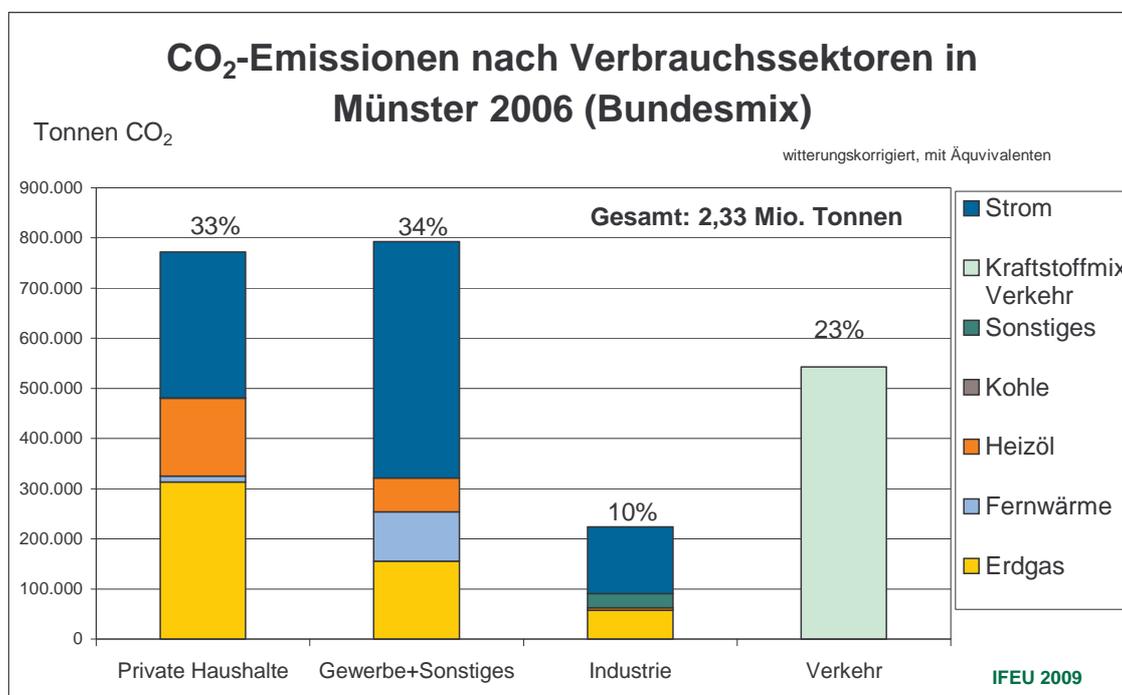
	Erdgas	Fernwärme	Heizöl	Kohle	Sonstiges	Kraftstoffmix	Verkehr	Strom	Summe
Private Haush	1.243	80	486	0	5			465	2.280
Gewerbe+So	617	683	211	0	2			753	2.266
Industrie	227	1	16	0	84			213	542
Verkehr								1.756	1756
Summe	2.087	765	714	0	91			1.756	6.843

CO₂-Emissionen in Münster 2006, witterungskorrigiert mit Vorketten und Äquivalenten (t)

	Erdgas	Fernwärme	Heizöl	Kohle	Sonstiges	Kraftstoffmix	Verkehr	Strom	Summe
Private Haush	313.283	11.540	156.017	0	160			279.222	760.222
Gewerbe+So	155.420	98.300	67.874	0	53			451.942	773.589
Industrie	57.263	190	5.206	0	28.115			127.608	218.382
Verkehr								543.000	543.000
Summe	525.966	110.030	229.097	0	28.328			543.000	858.771

5. CO₂-Bilanz mit Bundesmix

Abb. 114: CO₂-Bilanz Münster mit dem Bundesmix für Strom 2006



Erfolge von Endenergieeffizienzmaßnahmen im Klimaschutz können in CO₂-Bilanzen häufig durch größere Veränderungen im Versorgungsbereich verfälscht bzw. gar nicht dargestellt werden. Besonders in Kommunen mit von Bundeswerten besonders abweichenden Bedingungen im Versorgungsbereich, beispielsweise mit einem Braunkohlekraftwerk oder einem großen Windpark vor Ort, kommt es auf des ersten Blick zu unüblichen Werten für kommunale CO₂-Bilanzen. Im UBA-Klimaschutzbenchmark wird deswegen vorgeschlagen, neben dem Territorialmix auch eine Bilanz darzustellen, die auf dem Strom Bundesmix basiert. Der Bundesmix lag nach IFEU-Berechnungen¹⁶ im Jahr 2006 mit Vorketten und Äquivalenten bei 626 g CO₂/kWh Strom. Gegenüber Münster, für das ein Strommix von 600 g CO₂/kWh ermittelt wurde, liegt der Bundesmix für das Jahr 2006 also leicht höher. Dementsprechend liegen die Emissionen für Münster bei dieser Berechnungssystematik in Abb. 114 auch um 37.000 Tonnen höher. Sektoren, wie der GHD-Sektor haben durch hohen Strombedarf in dieser Darstellung auch einen erhöhten Anteil an den Gesamtemissionen.

¹⁶ In bisher präsentierten Bilanzen wurde der LCA-Faktor (Life Cycle Assessment) von ECO2 für den Bundesmix Strom genutzt. Da die Berechnungssystematik dieses Faktors nicht bekannt ist und der Wert anhand vorliegender Informationen des IFEUs zu niedrig erscheint, wird der Strommix Deutschland angenommen, der mit UMBERTO großteils anhand von Daten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen errechnet wurde.