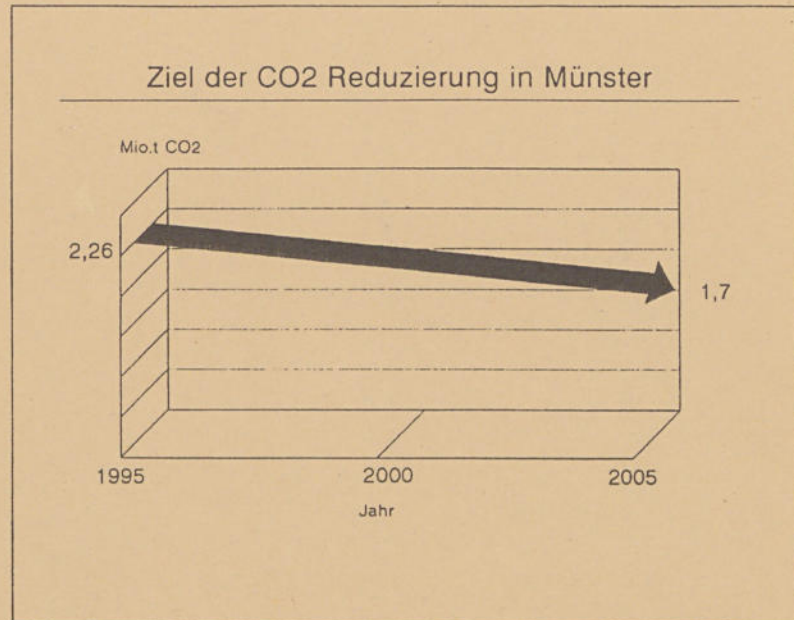


STADT MÜNSTER



ENDBERICHT DES BEIRATES FÜR KLIMA UND ENERGIE DER STADT MÜNSTER 1995 Teil 3 Dokumente



Werkstattberichte
zum Umweltschutz

7/1995



ENDBERICHT DES BEIRATES
FÜR KLIMA UND ENERGIE
DER STADT MÜNSTER 1995

Teil 3 Dokumente

Impressum

Herausgeber: Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster – Umweltamt –

Wissenschaftliche

Bearbeitung: Beirat für Klima und Energie der Stadt Münster
Prof. Dr. Dr. h.c. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
Prof. Dr. Wilfrid Bach
Prof. Dr. Jürgen Deiters
Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Thomas Klopfer
Dr. Karl-Otto Schallaböck
Prof. Dr. Helmut Weik

Layout: Umweltamt Stadt Münster

Textdruck: Firma UWZ Schnelldruck, Münster

Auflage: 500, November 1995
gedruckt auf Recyclingpapier

Inhalt

<u>Dokumente zu Kapitel 2 der Erläuterungen</u>		Seitenzahl
W1	Endenergie-Verbräuche und CO ₂ -Emission der statistischen Bezirke in Münster für die Bereitstellung von Niedertemperaturwärme der Haushalte	102
W2	Entwicklung der Endenergie-Verbräuche und CO ₂ -Emission der statistischen Bezirke in Münster für die Bereitstellung von Niedertemperaturwärme der Haushalte zwischen 1990 und 1992	21
W3	Energie-Grenzbelastung und CO ₂ -Problem im kosmischen Zusammenhang	8
W4	Einfluß der Gebäudeorientierung auf den passiv-solaren Energiegewinn in Münster	13
W5	Einfluß der Orientierung von Dachempfangsflächen auf den aktiven Solargewinn in Münster	12
W6	Niedertemperaturwärmebedarf der Schulen in Münster	12
 <u>Dokumente zu Kapitel 3 der Erläuterungen</u>		
	Energieeinspar- und CO ₂ -Vermeidungspotentiale in Münster im Bereich Stromeinsatz der Kleinverbraucher, 1990 - 2005, sowie Emissionen der Landwirtschaft in Münster	127
 <u>Dokumente zu Kapitel 4 der Erläuterungen</u>		
	entfallen aus Datenschutzgründen	
 <u>Dokumente zu Kapitel 5 der Erläuterungen</u>		
	Schienenverkehrskonzept - Region Münster	41
	Luftverkehr und Klimaschutz - Optionen für Münster	30

Vorwort

Der Endbericht des Beirates für Klima und Energie besteht aus drei Teilen.

Teil 1 Handlungsempfehlungen

Teil 2 Erläuterungen

Teil 3 Dokumente

Der Teil 1 stellt die Ergebnisse der Untersuchungen in Form von konkreten Handlungsempfehlungen zur Energieeinsparung und CO₂-Minderung an die Stadt und die Stadtwerke Münster dar. Zielgruppe des Berichtes sind neben städtischen Gremien auch Institutionen, Verbände und Bürgerinnen und Bürger Münsters. Für sie soll der Bericht die Thematik des Klimaschutzes stärker in das Bewußtsein rücken und Anregungen geben, die eigenen Möglichkeiten auszuschöpfen.

Der Teil 2 des Endberichtes des Beirates für Klima und Energie beinhaltet die Erläuterungen der konkreten Handlungsempfehlungen des Endberichtes Teil 1. Es werden die Handlungsempfehlungen im Detail begründet und die jeweils möglichen Energieeinsparungen und CO₂-Emissionsreduzierungen in Szenarien hergeleitet. Er bietet den Fachstellen wie auch den interessierten Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit, die im Teil 1 kurz dargestellten Begründungen in ihrer Komplexität abzuleiten und aufzuarbeiten.

Die hier vorliegende Teil 3 des Endberichtes des Beirates für Klima und Energie beinhaltet die detaillierten wissenschaftlichen Ausarbeitungen, die durch die Mitglieder bzw. im Auftrag des Beirates erstellt wurden.

Analog zum Teil 1 und Teil 2 sind auch im Teil 3 die Bearbeitungsbereiche definiert, die jeweils von folgenden Autoren erstellt wurden:

Dokumente für den Bereich Haushalte und Wohnen/Bauen (B)

Prof. Dr. Helmut Weik

Dokument für den Bereich Stromeinsparungen im Tertiären Sektor (T)

Prof. Dr. Wilfrid Bach bzw. Dipl. Geogr. Stefan Lechtenböhmer

Dokumente für den Bereich Energieumwandlung und Industrie (U)

Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Thomas Klopfer

Dokumente für den Bereich Verkehr (V)

Prof. Dr. Jürgen Deiters (Nahverkehr)

Dr. Karl-Otto Schallaböck (Regionalverkehr)

Die Beiträge wurden dem Umweltamt als Druckvorlage zur Verfügung gestellt.

Dokumente

Kapitel 2 der Erläuterungen

Handlungsempfehlungen im Bereich

Haushalte und Wohnen/Bauen

W.1

**Endenergie-Verbräuche
und CO₂-Emission der
statistischen Bezirke in Münster
für die Bereitstellung von
Niedertemperaturwärme der Haushalte**

Arbeitspapier

**für den
Beirat für Klima und Energie
der Stadt Münster**

**Prof. Dr. H. Weik
23562 Lübeck**

Mitarbeit:
R. Blohm u. Dipl. Ing. M. Pietzner
Ing. Büro für rationelle Energienutzung
23552 Lübeck

Mai 1993

INHALT

	Seite
1 EINLEITUNG	2
2 IST-ZUSTAND	2
2.1 Flächen- und Personen-bezogener Endenergieverbrauch der Haushalte	2
2.2 Flächen- und Personen-spezifischer Primärenergieverbrauch der Haushalte	3
2.3 Flächen-spezifische bzw. Personen-bezogene Kohlendioxid-Emissionen	4
2.4 Tabellarische Übersicht der Daten-Auswertung	4
3 BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDES	5
3.1 Benutzte Energieformen in den Bezirken	5
3.2 Endenergieverbrauch der Haushalte	6
3.3 Primärenergieverbrauch der Haushalte	6
3.4 Kohlendioxid-Emission durch Heizwärmeversorgung	7
4 SUBSTITUTION BISHER BENUTZTER ENERGIETRÄGER	8
4.1 Substitution von Heizöl	8
4.2 Substitution von Kohle	9
4.3 Substitution von Strom im Wärmemarkt	9
4.4 Tabellarische Übersicht der vorgeschlagenen Substitutionen	9
4.5 Emissionsvergleich der verschiedenen Heizsysteme	10
4.6 Solare Brauchwassererwärmung	11
5 ANHANG	12
5.1 Verzeichnis der Tabellen und Grafiken	12
5.2 Vorschläge für geeignete Standorte von Nahwärmeinseln	93
5.3 Benutzte Formeln und Umrechnungsfaktoren	97
5.4 Literaturangaben	101

1 EINLEITUNG

Im Rahmen der Arbeit des Beirats für Klima und Energie der Stadt Münster interessiert die Frage, was im Sektor "Haushalte und Kleinverbraucher" getan werden kann, um deren CO₂-Ausstoß, der zur gesamten CO₂-Emission in der (alten) Bundesrepublik mit etwa 27 % beiträgt, merklich zu mindern, damit das Ziel, bis zum Jahr 2005 die gesamte CO₂-Emission um wenigstens 25 % zu senken, erreicht wird.

Anhand der vorliegenden statistischen Daten für Münster (Volkszählung 1987 und spätere Daten) wurde zunächst der Ist-Zustand der Endenergieverbräuche der 45 statistischen Bezirke berechnet und daraus auf die Primärenergieverbräuche und dann mittels der spezifischen CO₂-Emissionen auf die pro-Kopf- bzw. Wohnflächen-bezogenen Kohlendioxid-Emissionen umgerechnet.

Die Daten sind als Tabellen (T) und, zwecks besserer Veranschaulichung, ebenso in Form von Grafiken (G) bzw. als Schaubild (S) im Anhang wiedergegeben.

Nach einer versuchten Bewertung der Ergebnisse in Teil 3, die naturgemäß lückenhaft bleiben muß, weil ein 'ortsfremder' Bearbeiter der Daten nicht alle lokalen bzw. stadtspezifischen Einflüsse einbeziehen kann, werden im 4. Teil Vorschläge zur Substitution von bisher benutzten Energieträgern gemacht, die zu geringeren CO₂-Verbräuchen führen könnten.

2 IST-ZUSTAND: ANALYSE DER VORLIEGENDEN DATEN

2.1 Flächen- und Personen-bezogener Endenergieverbrauch der Haushalte

Im Anhang sind in der Grafik 1 (S. 13) die Gesamt-Endenergieverbräuche der Bezirke dargestellt, und zwar nach den einzelnen Energieformen Fernwärme, Gas, Öl, Kohle und Strom (letzteres nur der *als Wärme verwendete Anteil*).

Mit Hilfe der Relation (1), Anhang 5.3, die von der Methode der Dimensionsanalyse Gebrauch macht, wurden für jeden statistischen Bezirk der Flächen-spezifische und nach Relation (2) der Personen-bezogene Endenergieverbrauch berechnet.

Angemerkt sei, daß bei Beginn der Auswertung nur die Bevölkerungszahlen von 1987 zur Verfügung standen, die gegenüber den neueren Zahlen (31.12.92; Dokument 49) im Mittel um 4,55 % zu niedrig sind. Besonders gewachsen sind die Bezirke 43 (+32 %), 51 (+19 %), 52 (+10 %), 54 (+14 %), 62 (+12 %) und 97 (+14 %); dies ist bei der Beurteilung der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Für den *Flächen-spezifischen Endenergieverbrauch* ergeben sich:

<u>im Mittel aller Bezirke</u>	233,7 kWh/m ² a
mit Minimum im Bezirk 63	114 "
Maximum im Bezirk 13	338 "

Die Gesamtheit der Daten für beide Endenergieverbräuche findet sich in Tabelle 2 (T), Anhang S. 36, zusammen mit den für die Berechnung relevanten statistischen Daten der einzelnen Bezirke. In der Grafik 3 (G), S. 38, sind die Endenergieverbräuche der Haushalte aller Bezirke nach Energieträgern aufgeschlüsselt wiedergegeben.

Desgleichen ergeben sich für den *Personen-spezifischen Endenergieverbrauch*:

<u>im Mittel aller Bezirke</u>	8,5 MWh/P·a
mit Minimum im Bezirk 63	3,65 "
Maximum im Bezirk 13	14 "

Die vollständigen Daten sind in Tabelle 2 (T), letzte Spalte, mit-aufgeführt.

2.2 Flächen- und Personen-spezifischer Primärenergieverbrauch der Haushalte

Die Endenergieverbräuche wurden unter Verwendung der in der Arbeit der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" (1), sowie in der GEMIS-Schrift (2) publizierten, im Anhang 5.3 angegebenen Umrechnungsfaktoren auf den *Primärenergieverbrauch* umgerechnet, weil dieser für die Beurteilung der Energie-Situation wesentlicher ist als nur die Endenergieverbräuche.

Die Ergebnisse, wiederum Flächen- und Personen-bezogen (Gleichungen (3) und (4), Anhang 5.3), sind:

Flächen-spezifischer Primärenergieverbrauch:

<u>im Mittel aller Bezirke</u>	330 kWh/m ² a
mit Minimum im Bezirk 63	153 "
Maximum im Bezirk 61	537 "

Personen-spezifischer Primärenergieverbrauch

<u>im Mittel aller Bezirke</u>	12 MWh/P·a
mit Minimum im Bezirk 63	5 "
Maximum im Bezirk 13	21 "

Die Einzeldaten sind in Tabelle 4 (T) zu finden. Grafik 5 (G) veranschaulicht den Primärenergieverbrauch der einzelnen Bezirke nach Energieformen und Grafik 6 (G) die Personen-bezogenen Primärenergieverbräuche.

2.3 Flächen-spezifische bzw. Personen-bezogene Kohlendioxid-Emissionen

Unter Verwendung der Umrechnungsfaktoren nach Bach (3) (Anhang 5.3) wurden die für die Wärmeversorgung der Haushalte und Kleinverbraucher anteilige CO₂-Emission berechnet: sie ist in Tabelle 7 (T) in kg pro m² und Jahr und ebenso Personen- wie Wohnungs-bezogen (gem. Gleichungen (5) und (6), Anhang 5.3) als Tabellenwert und Personen-bezogen grafisch und als Gesamtschaubild in Stadtübersicht in 9 (G + S), sowie nach benutzter Energieform in 8 (G) wiedergegeben.

Flächen-spezifische bzw. Personen-bezogene Kohlendioxid-Emission

<u>im Mittel aller Bezirke</u>	62 kg/m ² a	bzw.	2,75 t/P·a
mit Minimum im Bezirk 63	31 "	bzw.	1 "
Maxima im Bezirk 82	87 "	bzw.	3,29 "
und 13	80 "	bzw.	3,3 "

2.4 Tabellarische Übersicht der Daten-Auswertung

Zur schnelleren Orientierung über den Ist-Zustand der Energieverbrauchs-Situation im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher der Stadt Münster seien die Rechenergebnisse noch einmal in Tabellenform dargestellt:

Energieverbrauch		Mittel	Minimum	Maximum
Endenergieverbrauch				
Wärme, gesamt	[kWh/m ² a]	234	114	338
	[MWh/P a]	8,5	3,7	14
davon:				
Brauchwasser-Anteil	[kWh/m ² a]	21		
Stromverbrauch f. Heizen	[MWh/P a]	0,6	0,2	1,3
Primärenergieverbrauch	[kWh/m ² a]	330	153	537
	[MWh/P a]	12	5	21
CO ₂ -Emission	[kg/m ² a]	62	31	87
	[t/P a]	2,8	1	3,3

3 BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS

3.1 Benutzte Energieformen für die Wärmeversorgung in den Bezirken

Altstadt (Bezirke 11, 12, 13, 14, 15):

Gas Vorrang; Fernwärme und Öl etwa gleichrangig, gegen Gas aber zurücktretend

Innenstadtring (Bezirke 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29):

kaum Fernheizung, Gas stark vorrangig; in Bez. 28 und 29 auch Heizöl

Mitte Süd (Bezirke 31, 32, 33, 34):

im wesentlichen Gas; daneben Öl; in Bez. 31 etwa gleiche Anteile beider

Mitte Nordost (Bezirke 43, 44, 45, 46, 47):

meist Gas; etwas Fernheizung; Öl und Strom

West (Bezirke 51, 52, 54, 56, 57, 58):

Gas und Öl etwa gleichrangig; auffallend starker Einsatz von Strom in der Wärmeversorgung; Bezirk 52: Fernwärme Vorrang.

Nord (Bezirke 61, 62, 63, 68):

vornehmlich Gas, auch Strom; auffallende Ausnahmen: Bezirk 61: Fernwärme und Bezirk 68: Heizöl

Ost (Bezirke 71, 76, 77):

Gas, Öl, Strom; Heizöl besonders stark in Bezirken 76 und 77

Südost (Bezirke 81, 82, 86):

vornehmlich Öl, daneben Gas und Strom; in Bezirk 86 auch Fernwärme

Hilstrup (Bezirke 91, 95, 96, 97, 98):

hauptsächlich Öl; daneben Gas und Strom

Auffallend ist der stärkere Einsatz von elektrischer Heizwärme-Versorgung in den Randbezirken. Während das Teilmittel der Bezirke 11 bis 47 bei 0,52 MWh/P·a liegt, haben die Bezirke ab 51 einen mittleren Verbrauch von fast 0,72 MWh/P·a.

Insgesamt ergeben sich aus Tabelle 2 folgende Personen-spezifischen Verbräuche:

<u>mittlerer Stromverbrauch für Wärme:</u>	0,61 MWh/P·a
mit Minimum in Bezirk 61 mit	0,19 "
und Maximum in Bezirk 43 mit	1,33 "

3.2 Endenergieverbrauch der Haushalte

Der mittlere Flächen-bezogene Endenergieverbrauch der Haushalte aller 45 Bezirke ist mit 234 kWh/m²a recht hoch. Insbesondere verwundert, daß der Maximalwert (338 kWh/m²a) in Bezirk 13, einem *Innenstadtbezirk*, gemessen bzw. aus den Verbrauchsdaten berechnet wird.

Da in den Endenergie-Verbrauchsdaten die Heizwärme für die Warmwasserversorgung enthalten ist, muß für den reinen Raumwärmebedarf korrigiert werden, was anhand der mittleren Wohnraumfläche (gem. Anhang 2 (T), Spalte 9, 36,14 m²/P) leicht möglich ist, wenn man als Jahresenergiebedarf für die Warmwasserbereitung etwa 750 kWh/P·a ansetzt. Dann ergibt sich ein

$$\text{äquivalenter Flächen-Energiebedarf der Warmwasserbereitung} = \frac{750 \text{ kWh/P}\cdot\text{a}}{36,14 \text{ m}^2/\text{P}} = 20,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

und damit ein mittlerer Raumwärme-Endenergieverbrauch von 213 kWh/m²a.

Ein reichlich hoher Wert, gemessen an angestrebten 60 bis 80 kWh/m²a.

3.3 Primärenergieverbrauch der Haushalte

Der Primärenergieverbrauch der Bezirke (Bild 5 G) ist sehr unterschiedlich: auf den ersten Blick scheinen die Bezirke 27, 61 und 71 den höchsten Verbrauch. Dies relativiert sich jedoch, wenn auf den Quadratmeter - oder besser - auf die Person bezogen wird.

In beiden Fällen bleibt dann Bez. 27 mit 269 kWh/m²a bzw. 10 MWh/P·a unterhalb der Mittelwerte, die bei 330 kWh/m²a bzw. 12 MWh/P·a liegen.

Besonders hohen pro-Kopf-Primärenergieverbrauch hat jedoch Bezirk 13 mit 21 MWh/P·a, gefolgt von Bezirk 61 mit 17 MWh/P·a. Bei dem Flächen-spezifischen Primärenergieverbrauch wird die Spitzenposition nun von Bezirk 61 mit 537 kWh/m²a eingenommen, gefolgt von Bezirk 13 mit 516 kWh/m²a. (Die Personenzahl hat in Bezirk 13 seit 1987 um 3 % ab-, die von Bezirk 61 um 1 % zugenommen.)

Ein Schlüssel für diese extrem hohen Werte könnte in dem relativ hohen Fernwärmeanteil liegen, durch den sich beide Bezirke auszeichnen, insbesondere der Bezirk 61. Zu dieser Erklärungsmöglichkeit paßte auch der Befund von Bezirk 52, der ebenfalls einen überdurchschnittlich hohen Fernwärmeanteil hat, und dessen Flächen-spezifischer Primärenergieverbrauch bei 409 kWh/m²a (15 MWh/P·a) liegt (vergl. dazu auch das in 4.5 Gesagte).

3.4 Kohlendioxid-Emission durch Heizwärmeversorgung

Hier sind Spitzenreiter die Bezirke 27 und 71 mit 27.000 bzw. 28.000 t/a Gesamtausstoß. Bezieht man auf die Wohnfläche, so liegt Bezirk 82 vorn mit 87 kg/m²a, dicht gefolgt von den Bezirken 81 und 62 mit je 86 kg/m²a bzw. Bezirk 13 mit 80 kg/m²a.

Interessanter sind die Personen-bezogenen Werte der CO₂-Emission. Während der Mittelwert aller Bezirke bei 2,2 t/P·a liegt, gibt es

5 Bezirke mit einer CO₂-Emission > 3 t/P·a: (Änderung der Bevölkerung)

Bezirk 13 mit	3,30 t/P·a	(- 3 %)
Bezirk 82 mit	3,29 "	(+ 5 %)
Bezirk 29 mit	3,15 "	(+ 2 %)
Bezirk 81 mit	3,04 "	(+ 5 %)
Bezirk 62 mit	3,03 "	(+ 12 %)

Demgegenüber weist der Bezirk 63 nur eine CO₂-Emission von < 1 t/P·a auf. Einen ähnlich niedrigen Wert hat Bezirk 61. Die Erklärung scheint in beiden Fällen eindeutig: in Bezirk 63 gibt es einen sehr hohen Einsatz von Erdgas in der Wärmeversorgung (65 %; bei 24 % Öl und 9 % Strom), und in Bezirk 61 dominiert die Fernwärme bei gleichzeitig hoher Wohndichte (vergl. Tab.2).

Demgegenüber ist in den Bezirken 82 und 81 mit 64 bzw. 55 % der Anteil von Heizöl besonders hoch (Gas 26 bzw. 35 %), was den hohen CO₂-Ausstoß erklären könnte.

Bei den Bezirken 62 und 29 trifft dies jedoch nicht zu, da hier vornehmlich mit Gas (61 bzw. 71 %) und (zu etwa 33 bzw. 20 %) mit Öl geheizt wird; allerdings hat Bez. 29 die *geringste Wohndichte*, was den hohen Personen-bezogenen CO₂-Ausstoß erklären könnte. Auch ist Strom (zu etwa 5 bzw. 8 %) an der Wärmeversorgung beteiligt. Auch Bezirk 13 hat eine sehr geringe Wohndichte, deren Einfluß offenbar größer ist als die Energieart (Gas mit 59 % Hauptwärmeerzeuger gegenüber 20 % Öl, 16 % Fernwärme und 5 % Strom).

Alle diese Bezirke haben mit mehr als 15 MWh/Pa (Mittelwert 12 MWh/Pa), Bezirk 13 sogar mehr als 20 MWh/Pa auch einen *überdurchschnittlichen pro Person-Primärenergieverbrauch*, was ebenfalls die Folge einer geringen Wohndichte d.h. großen Wohnfläche pro Person ist.

Es muß also bei der Wärmedämmung und der Substitution von Energieträgern mit hoher CO₂-Emission angefangen werden, insbesondere bei schwach belegten Wohneinheiten.

4 SUBSTITUTION BISHER BENUTZTER ENERGIETRÄGER

Es wurden die Substitutionen der bisher in den Bezirken für die Wärmeerzeugung eingesetzten Energieträger Heizöl, Kohle und Strom durch

- Erdgas
- Fernwärme
- Nahwärme

(jeweils als Einzelmaßnahme) durchgerechnet und die daraus resultierenden CO₂-Einsparungen ermittelt:

4.1 Substitution von Heizöl

In Tabelle 10 (T) sind in Spalte 2 zunächst die durch den Heizölverbrauch hervorgerufenen CO₂-Emissionen in t/a für die einzelnen Bezirke aufgelistet. Sie entsprechen den in der Balkengrafik 8 (G) dargestellten Anteilen an der CO₂-Produktion des betreffenden Bezirks.

In Spalte 3 der Tabelle ist die durch die *Substitution von Öl durch Erdgas* erzielbare reduzierte CO₂-Emission und in Spalte 4 die CO₂-Einsparung berechnet. Sie beträgt insgesamt für alle 45 Bezirke 60.450 t/a oder 27,4 % (wie aus dem Vergleich der spezifischen CO₂-Emissionswerten der beiden Energieformen zu erwarten).

Analog sind in Spalte 5 und 7 die durch *Substitution von Öl durch Fern- und Nahwärme* erreichbaren CO₂-Emissionen, bzw. in Spalte 6 und 8 die entsprechenden Einsparungen angegeben. Die Substitution von Öl durch Fernwärme würde eine CO₂-Einsparung von 60 % erbringen. In den Balkendiagrammen 11 und 12 sind die aus der Substitution resultierenden CO₂-Emissionen bzw. -Einsparungen veranschaulicht. (Für die Darstellung der CO₂-Emissionen und -Differenzen der Bezirke 52 ff. ist ein kleinerer Maßstab gewählt.)

Analog sind in den Diagrammen 13 (G) und 14 (G) die CO₂-Emissionen und -Einsparungen bei Substitution des Öls durch Nahwärme dargestellt. Daß die Kohlendioxid-Emissionen bei Nahwärme-Einsatz negativ sind (Spalte 7, Tabelle 10, Diagramm 13), womit dann rein rechnerisch ein 'Gewinn' in der CO₂-Bilanz resultiert, hängt damit zusammen, daß die dafür eingesetzten Gas-BHKW's gleichzeitig (und z.T. in erster Linie) Strom liefern und die Emissionen demgemäß diesem zugeordnet werden, d.h. der Bereich Wärmeerzeugung als 'Bonus' behandelt wird (vergl. Abschnitt 4.5 und die GEMIS-Schrift (2)).

Die Darstellung 15 (G) veranschaulicht die in-toto-Substitutions-Effekte.

4.2 Substitution der Kohle

Analog der Substitution von Heizöl in Abschnitt 4.1 wurde auch der Effekt der Substitution der Kohle durch andere Energieträger berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 16 (T) wiedergegeben, und in den Diagrammen 17 (G) und 18 (G) die CO₂-Emissionen bzw. -Einsparungen bei Substitution durch Fernwärme, sowie in den Diagrammen 19 (G) und 20 (G) die CO₂-Emissionen und -Einsparungen bei Substitution durch Nahwärme veranschaulicht.

Die in-toto-Substitutionseffekte für die in der Heizwärmeversorgung eingesetzte Kohle sind für ganz Münster in Bild 21 (G) dargestellt. Man beachte den gegenüber Bild 15 (G) geänderten Ordinaten-Maßstab.

4.3 Substitution von Strom im Wärmemarkt

Analog den Substitutionen von Heizöl und Kohle wurden auch die Substitutionseffekte bei Ersatz von in der Raumwärme und der Brauchwassererwärmung eingesetztem Strom berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 22 (T) und den Diagrammen 23 (G) bis 27 (G) dargestellt.

4.4 Tabellarische Übersicht der vorgeschlagenen Substitutionen (Zahlenwerte in t/a)

Ist-Zustand	220.500	5.900	101.300
CO ₂ -Emission bei Substitution von	Heizöl	Kohle	Strom
durch			
Erdgas	160.100	3.500	31.600
Fernwärme	88.200	1.900	17.100
Nahwärme (s. auch 4.5)	- 37.600	- 800	- 7.300
[Tabelle	10 (T)	16 (T)	22 (T)]

4.5 Emissionsvergleich der verschiedenen Heizsysteme

Die Tabelle in 4.4 macht deutlich, daß die Substitution der in Münster für die Wärmeversorgung eingesetzten Energieträger (Heizöl, Kohle, Strom) durch Fernwärme aus dem *Steinkohle-befeuerten* Heizkraftwerk trotz eines Emissionsbonus für die Stromerzeugung ('Stromgutschrift') mit erheblichen CO₂-Emissionen verbunden sein kann (vergl. die Interpretation in Abschnitt 3.3). Das macht deutlich, daß Kraft-Wärme-Kopplung *allein* noch keine hinreichende Voraussetzung für ein Klima-gerechtes Wärmeversorgungssystem ist.

Günstiger ist die Substitution von Wärme aus den herkömmlichen Energieträgern durch ein *Erdgas-befeuertes* Blockheizkraftwerk (BHKW) in Nahwärme-Versorgungseinheiten zu beurteilen, bei dem die mit der Erzeugung von thermischer Energie gleichzeitig erzeugte elektrische Energie Strom aus der öffentlichen Stromversorgung ersetzt.

Für die Ermittlung der CO₂-Emissionsfaktoren wurden in der vorliegenden Studie daher die CO₂-Emissionen eines Fernwärmenetzes auf der Basis Steinkohle-HKW mit Öl-Spitzkessel bzw. einer Nahwärmeinsel mit Erdgas-befuenerter BHKW-Anlage und Gas-Spitzkessel mit den CO₂-Emissionen verglichen, die bei konventioneller Stromerzeugung in einem Kondensationskraftwerk entstehen würden, wofür bei den Bilanzierungen ein modernes, in der Mittel-last eingesetztes Steinkohlekraftwerk diente (2).

Trotz der Stromgutschrift ist bei Kohle-befeuerten Fernwärmenetzen, wie dem in Münster (jedoch ohne Öl-Spitzkessel) betriebenen, noch mit z.T. erheblicher, der Wärmeproduktion zuzurechnendem CO₂-Ausstoß auf, wie aus den Daten ersichtlich. Dagegen tritt bei der Gas-befeuerten, in Kraft-Wärme-Kopplung betriebenen Nahwärmeversorgung der Effekt ein, daß die über die Stromerzeugung eingesparten Emissionsmengen an CO₂ und anderen Schadstoffen (SO₂, NO_x, Staub) größer sind als die Gesamtemission der KWK-Anlage, was die in den betreffenden Grafiken dargestellten Negativ-Werte in der CO₂-Bilanz der KWK-Anlage erklärt. Ist k die Stromkennzahl der KWK-Anlage, so werden bei Bereitstellung einer Wärmemenge Q und einer Strommenge k·Q aus der Anlage weniger Emissionen frei als bei Bereitstellung *nur* der Strommenge k·Q in einem Steinkohle-Kondensationskraftwerk. *Allerdings muß hinzugefügt werden, daß es sich hier um einen globalen Saldo handelt, weil die CO₂-Einsparung beim Stromlieferanten entsteht, also außerhalb der Stadt, und nicht am Aufstellungsort des BHKW in Münster.*

Im Anhang S. 93 ff. werden aufgrund der potentiellen Wärmeabnehmer sinnvolle Standorte für BHKW's in den Bezirken 29, 32, 44, 63 und 96 vorgeschlagen.

4.6 Solare Brauchwassererwärmung

Außer dem Effekt der Substitution von Heizöl, Kohle und Strom durch die mehr konventionellen Energieformen Erdgas, Fern- und Nahwärme wurde schließlich untersucht, welche Wirkung auf die CO₂-Emission der Einsatz der (vollständig Schadstoff- und CO₂-freien) Solarthermie für die (in der Hauptsache) sommerliche Brauchwassererwärmung haben könnte.

Da in den Innenstadtbezirken dem Einsatz von Sonnenkollektor-Anlagen Grenzen gesetzt sind (obwohl es, z.B. in Holland, auch eindrucksvolle Beispiele für die (zentrale) solare Brauchwasserversorgung von Mehrgeschoß-Wohnhäusern gibt), wurde mit einer, zu den Außenbezirken zunehmenden Aufstellungsrate der Anlagen von 10 bis 30 % gerechnet, wie in Tabelle 28 (T) aufgeführt.

Die für die diversen Rechenergebnisse benutzten Formeln sind als Gleichungen (7) bis (12) in Anhang S. 98 zusammengestellt. Für den Jahres-Energiebedarf für die Brauchwasserbereitung wurden 750 kWh/P·a angesetzt, entsprechend einem täglichen Bedarf von 45 Liter 50-gradigem Wasser pro Person.

Die maximale Installations-Wahrscheinlichkeit wurde mit 30 % bewußt niedrig gewählt, um eine untere Grenze des Substitutionseffekts zu ermitteln, die mit Sicherheit auch in der Praxis zu realisieren ist. Nach unseren Erfahrungen dürften bei entsprechenden Informationskampagnen und angemessenen Förderungen eher 50 % anzusetzen sein; denn selbst bei Gebäuden mit ungünstiger Dachorientierung lassen sich bei Ausloten aller technisch und baulich denkbaren Möglichkeiten noch effiziente Anlagen ästhetisch ansprechend realisieren.

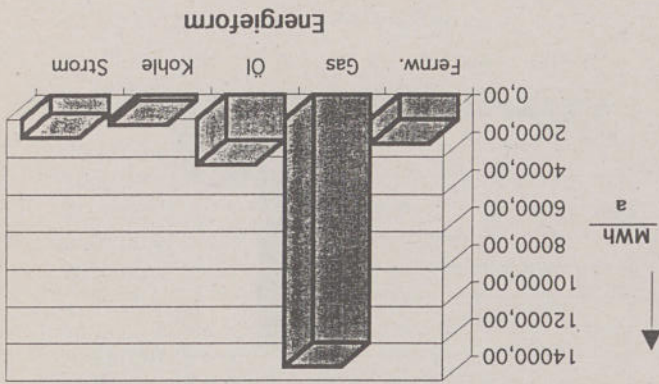
Wegen der "vorsichtigen" Annahmen ist der insgesamt zu erwartende Substitutionseffekt *prozentual* nicht sehr hoch. Er ist jedoch mit fast 30.000 MWh/a solarer Nutz-Endenergie und einer jährlichen Vermeidung von fast 8.000 t/a CO₂-Emission eine nicht-vernachlässigbare Größe.

Angemerkt sei, daß W. Bach (und Mitautoren) in der Studie "Kommunales Klimaschutzkonzept" (Beirats-Dokument Nr. 51) die CO₂-Emissionsminderung durch solare Brauchwassererwärmung für Münster auf 20.000 t/a geschätzt hat (als Einzelmaßnahme; bzw. 16.000 t/a als Maßnahme im Gesamtpaket); dabei ging er vom Gesamtenergiebedarf für die Niedertemperaturwärme und einem 8 %-igen Energieanteil für die Brauchwassererwärmung aus. Legt man jedoch eine nur etwa 30 %-ige Installationsrate zugrunde, so stimmt die in der vorliegenden Studie berechnete CO₂-Vermeidung gut mit den Bach'schen Abschätzungen überein.

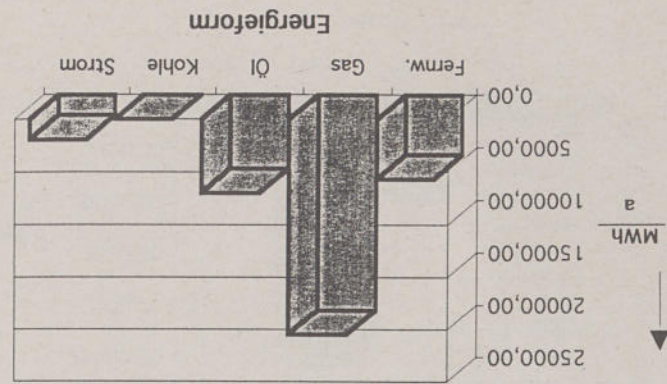
5 ANHANG

5.1 Verzeichnis der Tabellen und Grafiken

	Seite
1 (G) Endenergieverbrauch der Haushalte, Einzeldarstellung der Bezirke nach eingesetzten Energieformen	13
2 (T) Endenergieverbräuche der Haushalte, Gesamtübersicht nach Energieformen, inkl. Flächen- u. Personen-spezif. Nutzwärme	36
3 (G) Endenergie der Haushalte, Balkendiagramme aller Bezirke	38
4 (T) Primärenergieverbräuche der Haushalte, Gesamtübersicht nach Energieformen u. Flächen- und Personen-bezogener Primärwärme	40
5 (G) Primärenergieverbräuche, grafische Darstellung aller Bezirke	42
6 (G) pro-Kopf-Primärenergieverbrauch	44
7 (T) Kohlendioxid-Emission der Haushalte für Wärmezwecke nach Energieformen, sowie Flächen- und Personen-bezogen	46
8 (G) Kohlendioxid-Emissionen der Bezirke, Balkendiagramm	48
9 (G) Kohlendioxid-Emission der Haushalte pro Person und Jahr	50
9 (S) wie 9 (G), Schaubild der einzelnen Bezirke	52
10 (T) Substitution des Energieträgers Öl durch Gas, Fernwärme und Nahwärme mit eingespartem CO ₂	54
11 (G) Kohlendioxid-Emission bei Substitution von Heizöl durch Fernwärme	56
12 (G) CO ₂ -Einsparung durch Substitution des Heizöls durch Fernwärme	58
13 (G) Kohlendioxid-Emission bei Substitution von Heizöl durch Nahwärme	60
14 (G) CO ₂ -Einsparung durch Substitution des Heizöls durch Nahwärme	62
15 (G) Substitution der Ölheizungen durch Gas, Fern- und Nahwärme; mögliche CO ₂ -Einsparungen für Münster insgesamt	64
16 (T) Substitution des Energieträgers Kohle durch Gas, Fernwärme und Nahwärme mit eingespartem CO ₂	65
17 (G) Kohlendioxid-Emission bei Substitution der Kohle durch Fernwärme	67
18 (G) CO ₂ -Einsparung durch Substitution der Kohle durch Fernwärme	69
19 (G) Kohlendioxid-Emission bei Substitution der Kohle durch Nahwärme	71
20 (G) CO ₂ -Einsparung durch Substitution der Kohle durch Nahwärme	73
21 (G) Substitution der Kohleheizungen durch Gas, Fern- und Nahwärme; mögliche CO ₂ -Einsparungen für Münster insgesamt	75
22 (T) Substitution des Energieträgers Strom durch Gas, Fernwärme und Nahwärme mit eingespartem CO ₂	76
23 (G) Kohlendioxid-Emission bei Substitution von Strom durch Fernwärme	78
24 (G) CO ₂ -Einsparung durch Substitution von Strom durch Fernwärme	80
25 (G) Kohlendioxid-Emission bei Substitution von Strom durch Nahwärme	82
26 (G) CO ₂ -Einsparung durch Substitution von Strom durch Nahwärme	84
27 (G) Substitution der Elektrowärme-Versorgung durch Gas, Fern- und Nahwärme; mögliche CO ₂ -Einsparungen für Münster insgesamt	86
28 (T) Substitution des Brauchwasser-Energieverbrauchs durch Solarenergie	87
29 (G) Eingesparte Nutz-Endenergie durch thermische Solarenergienutzung	89
30 (G) Reduzierung der CO ₂ -Emission durch thermische Solarenergienutzung	91



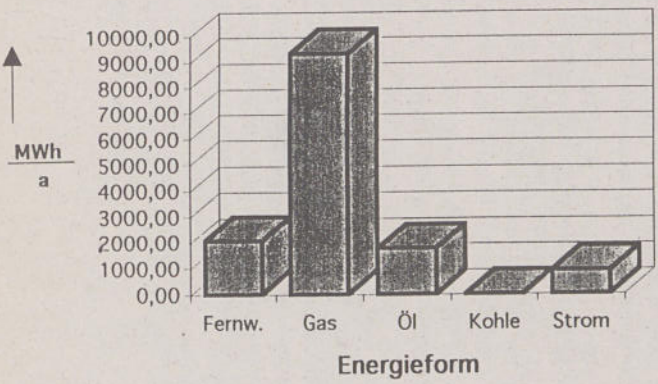
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 14 (Altstadt, Buddenturm)



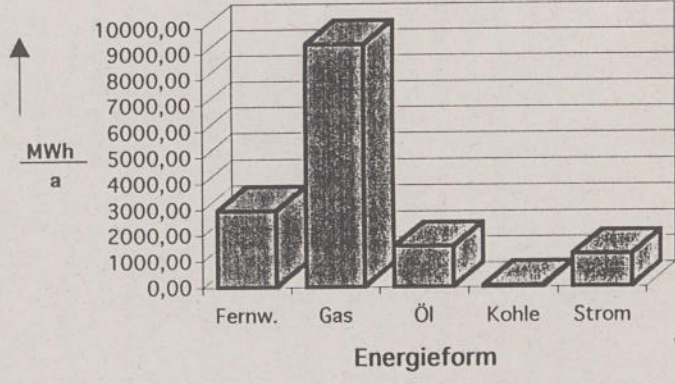
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 13 (Altstadt, Dorn)

14-

Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 11 (Altstadt, Aegidi)



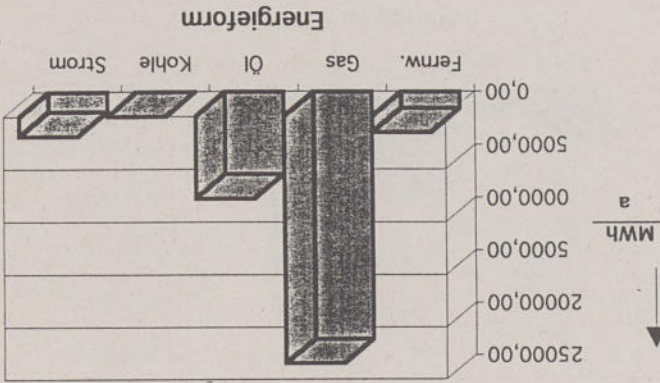
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 12 (Altstadt, Überwasser)



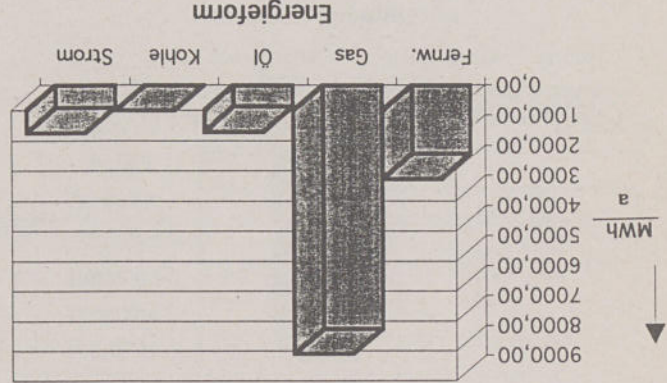
13-

15-

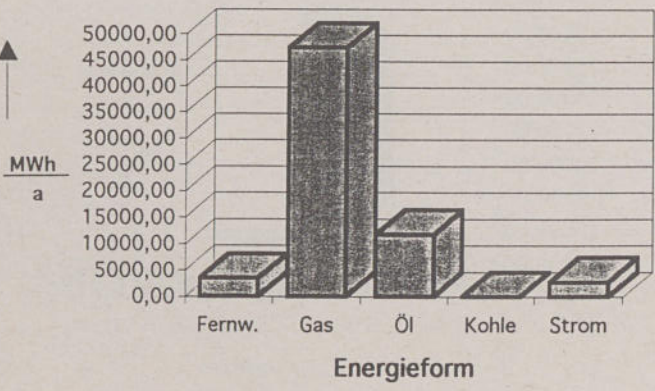
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 21 (Innenstadt, Plugendorf)



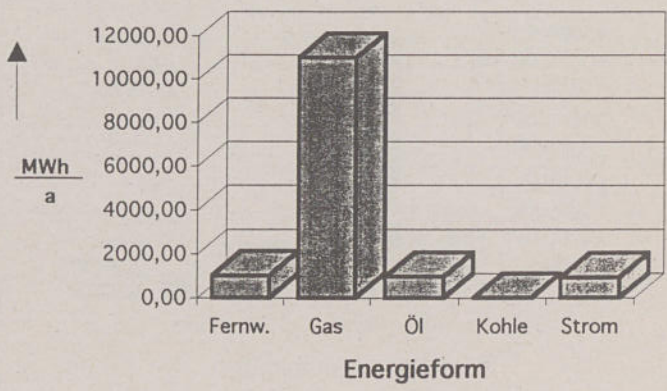
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 15 (Altstadt, Martini)



Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 22 (Innenstadt, Josef)

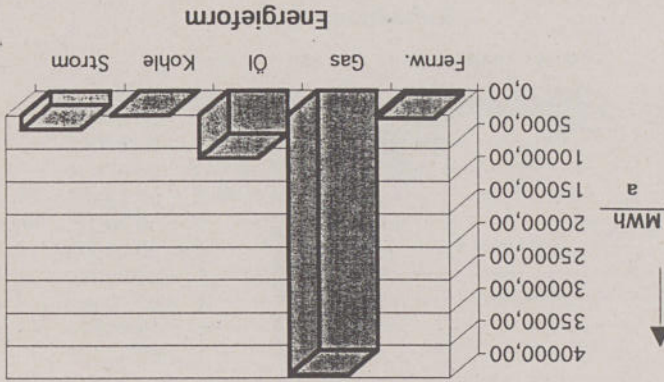


Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 23 (Innenstadt, Bahnhof)

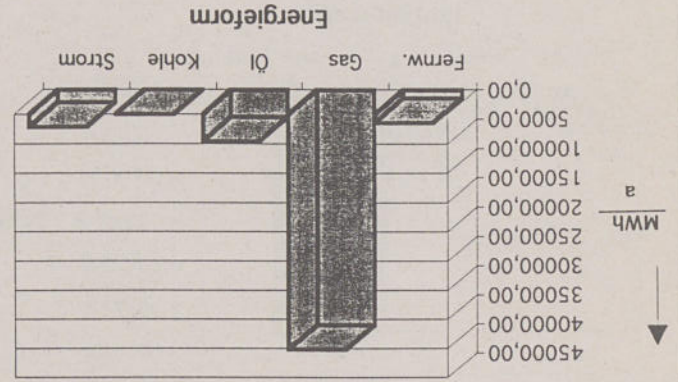


16-

-17-



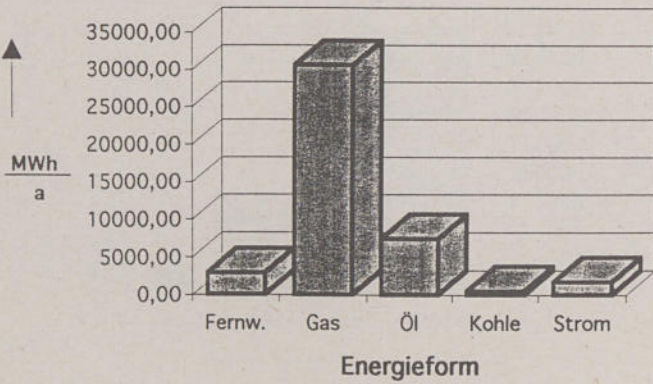
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 25 (Innenstadttring, Mautz-West)



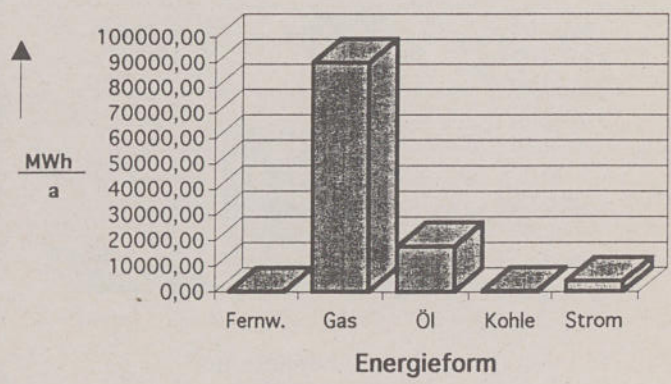
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 24 (Innenstadttring, Hansaplatz)

-18-

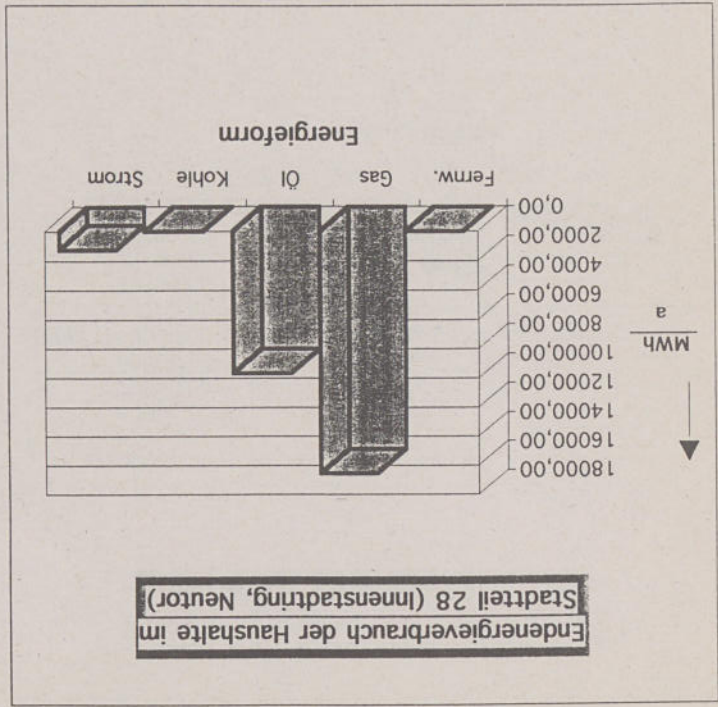
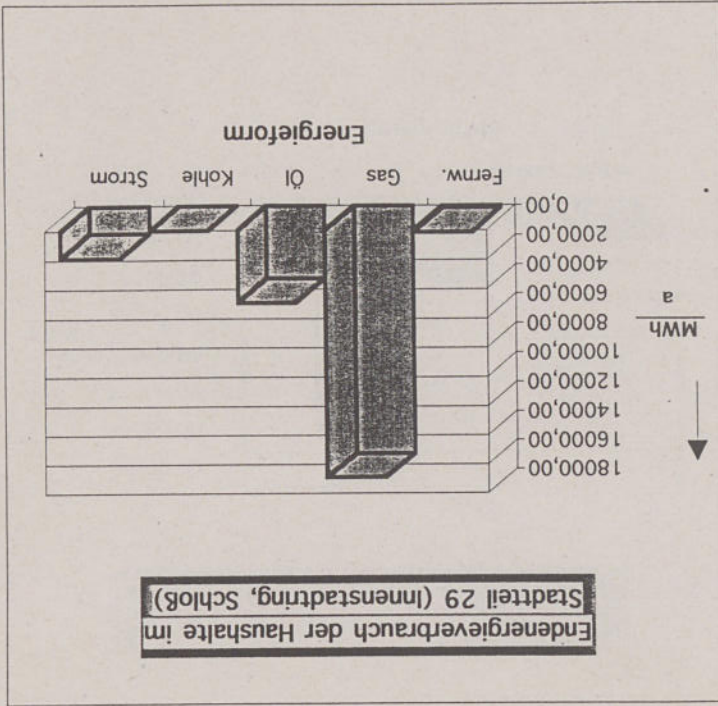
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 26 (Innenstadttring, Schlachthof)



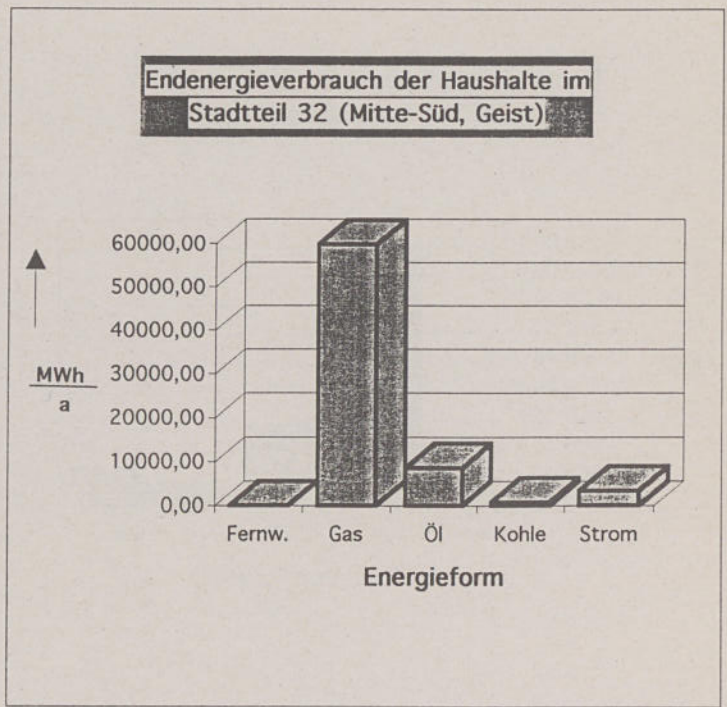
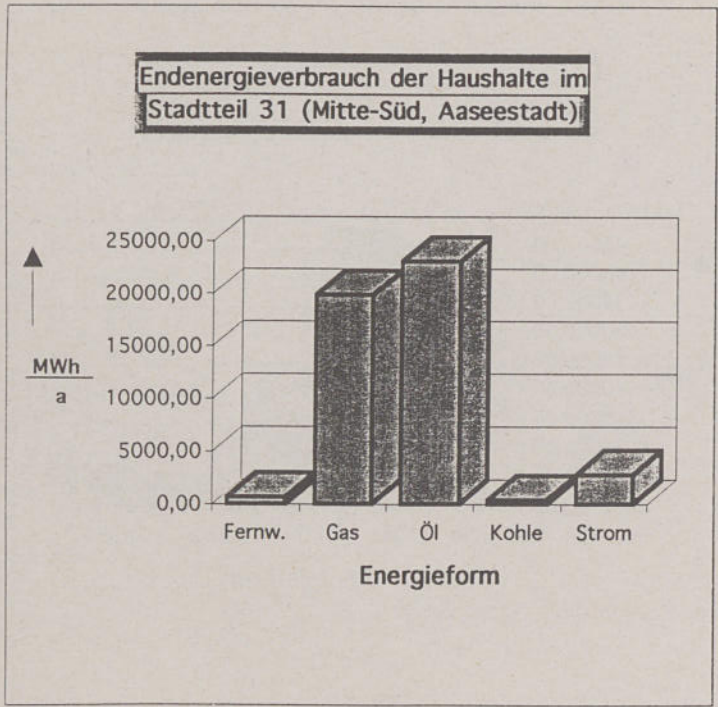
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 27 (Innenstadttring, Kreuz)

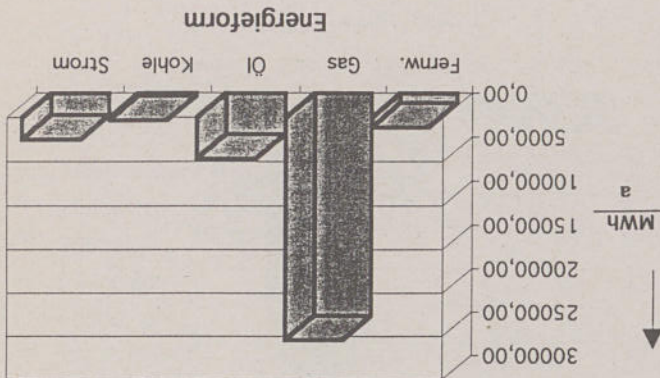


-19-

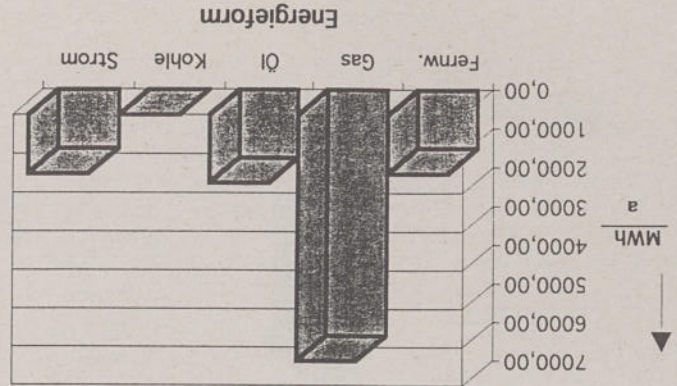


-20-





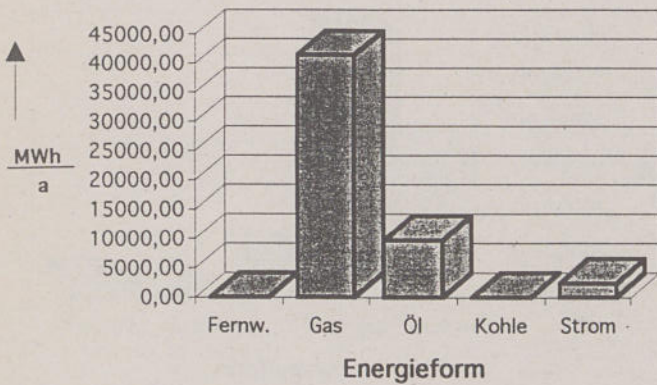
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 44 (Mitte-Nordost, Herz-Jesu)



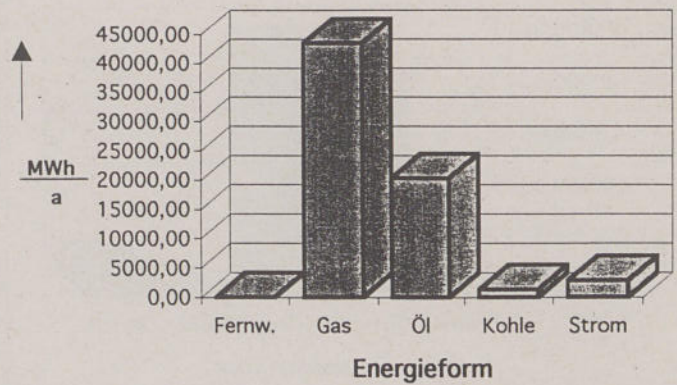
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 43 (Mitte-Nordost, Hafen)

- 22 -

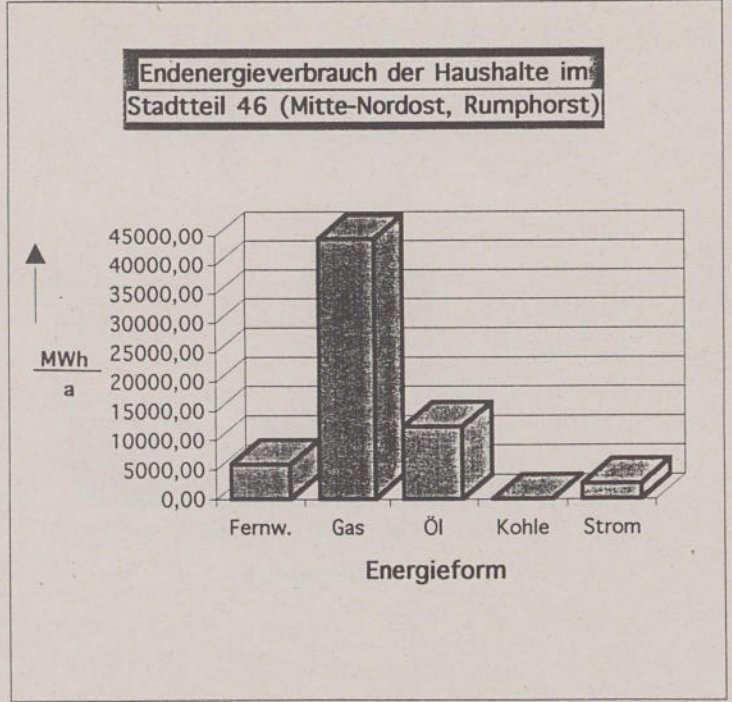
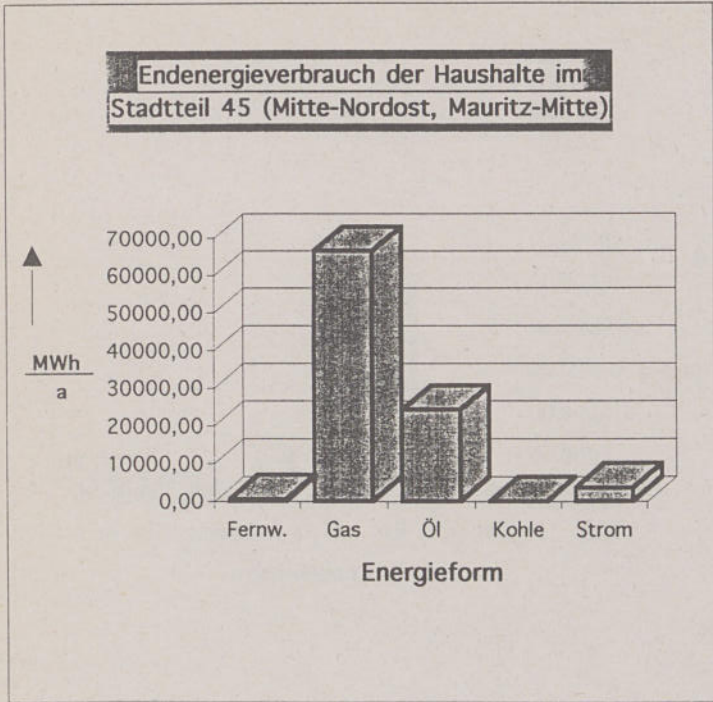
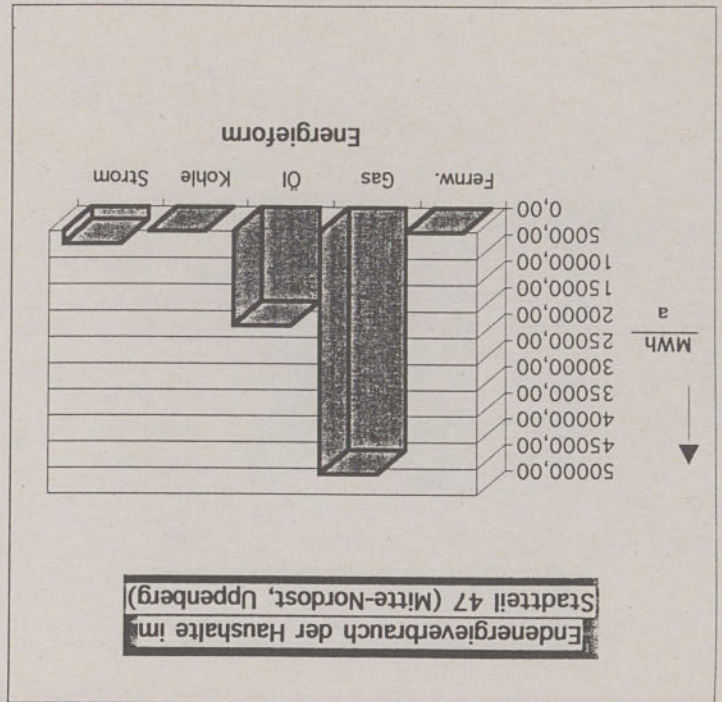
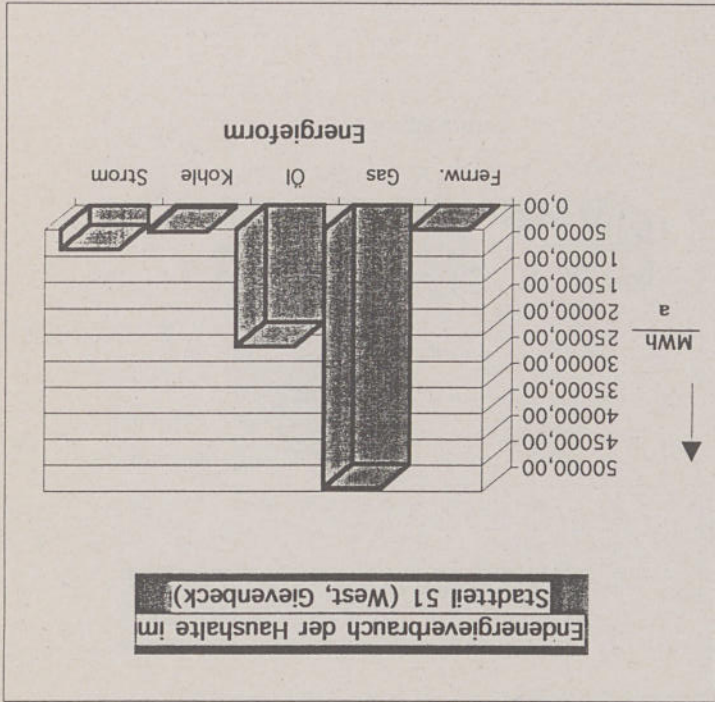
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 33 (Mitte-Süd, Schützenhof)



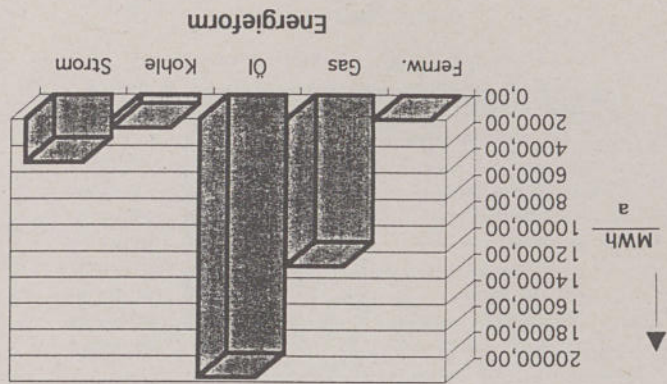
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 34 (Mitte-Süd, Düesberg)



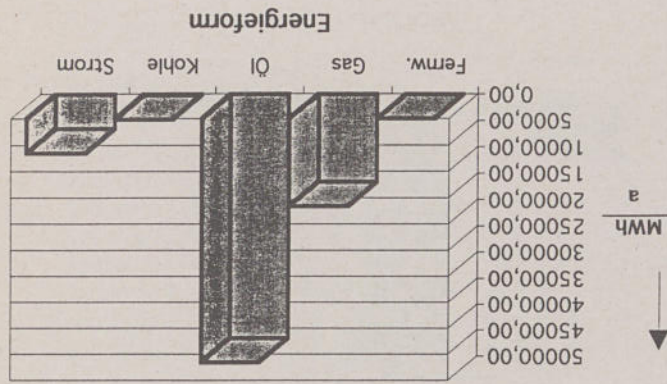
- 21 -



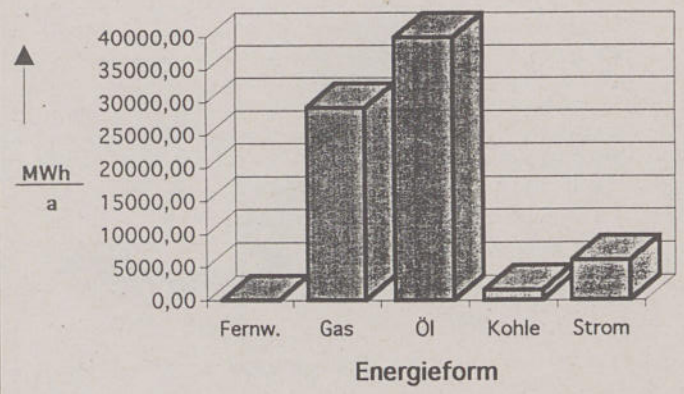
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 56 (West, Albachten)



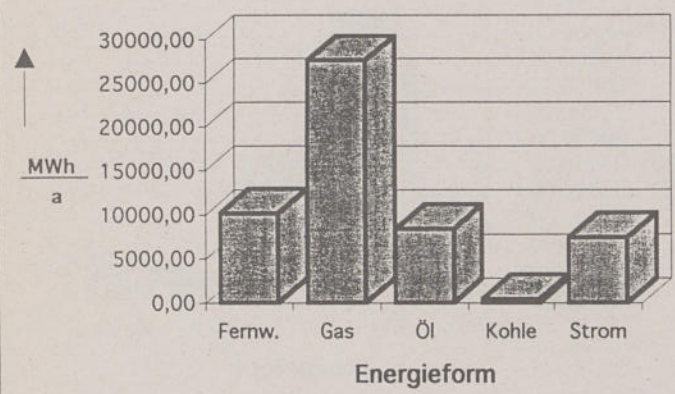
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 57 (West, Roxel)

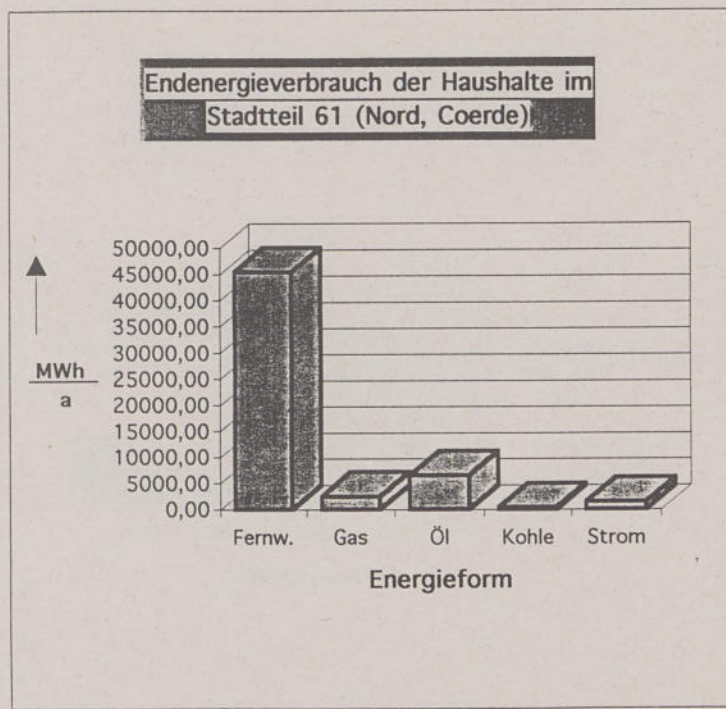
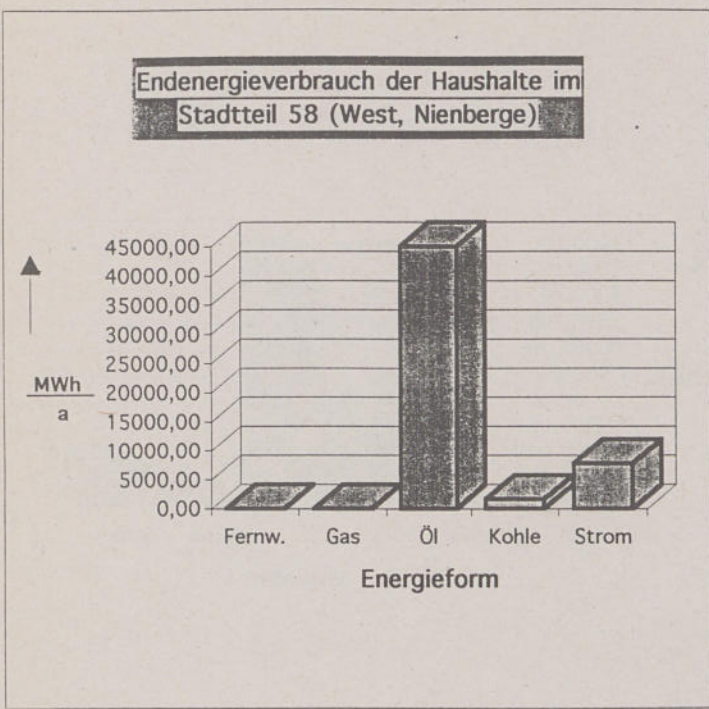
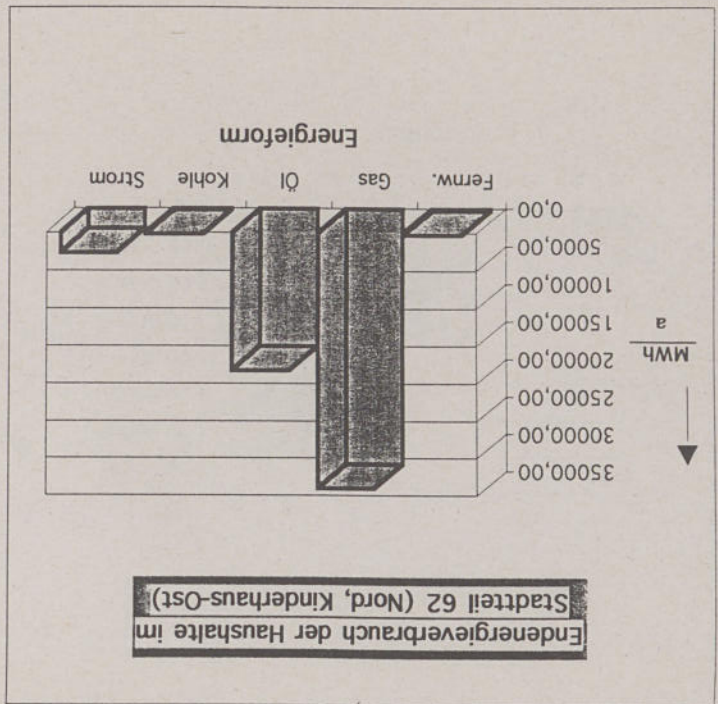
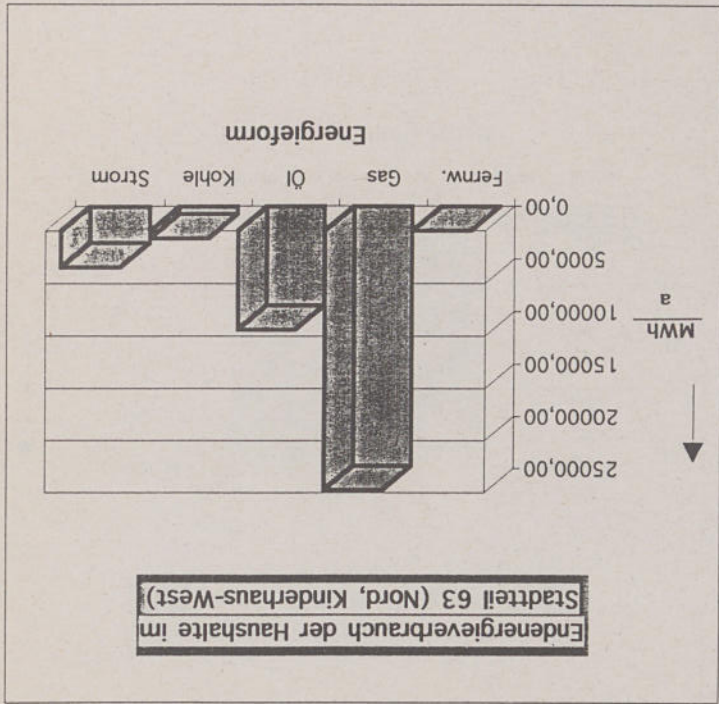


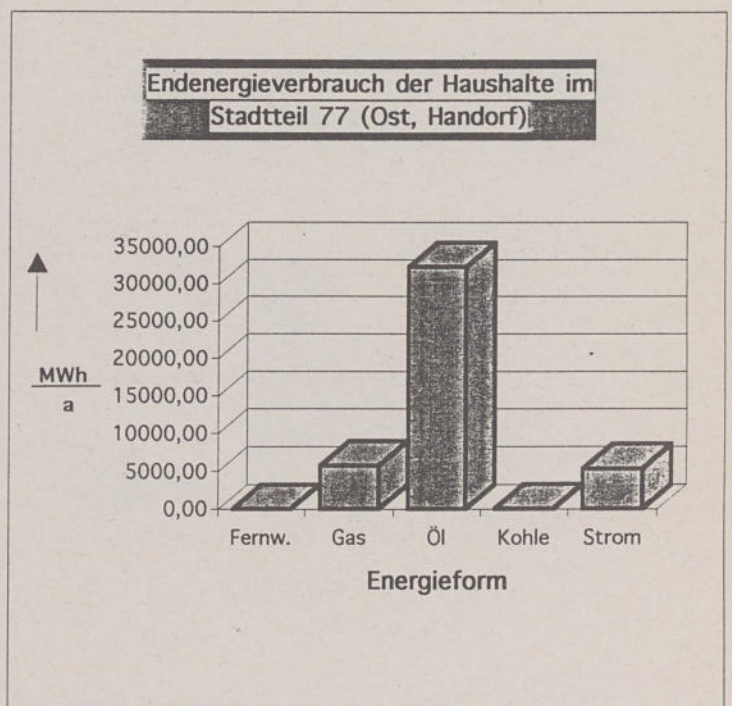
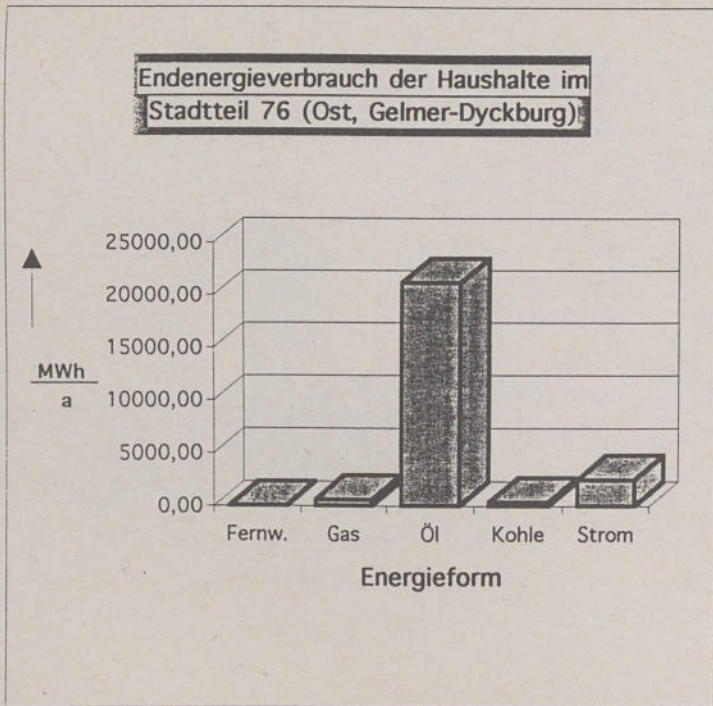
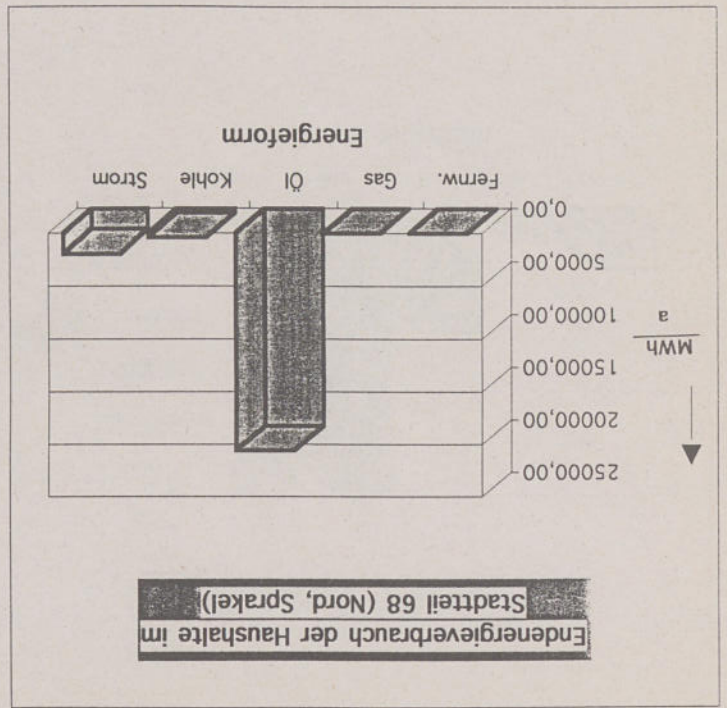
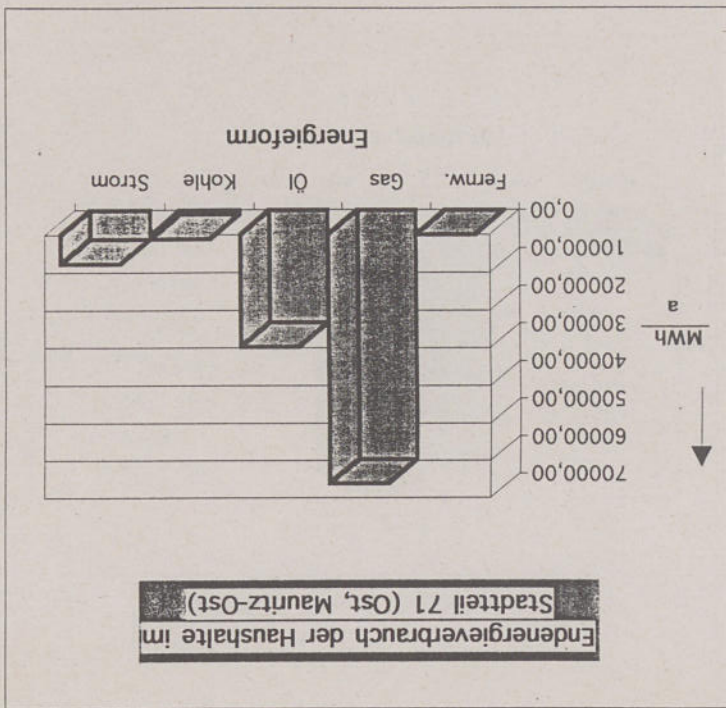
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 54 (West, Mecklenbeck)

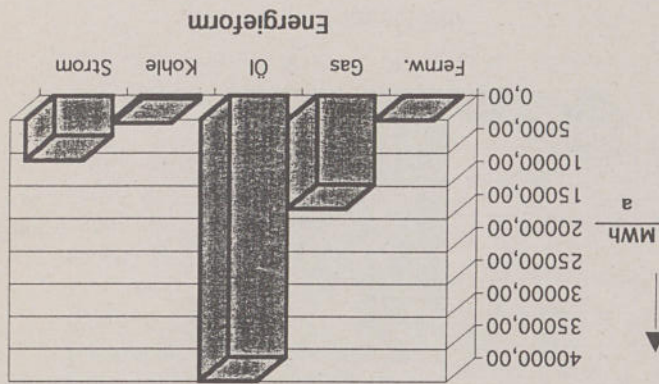


Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 52 (West, Sentrup)

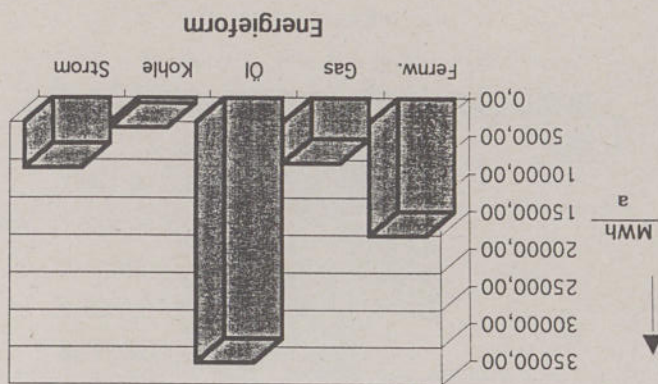






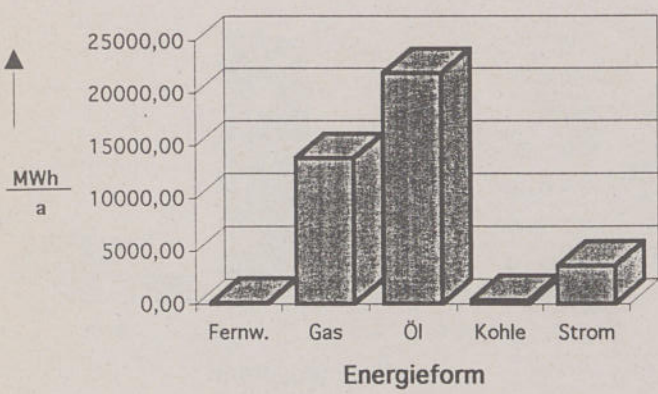


Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 87 (Südost, Wolbeck)

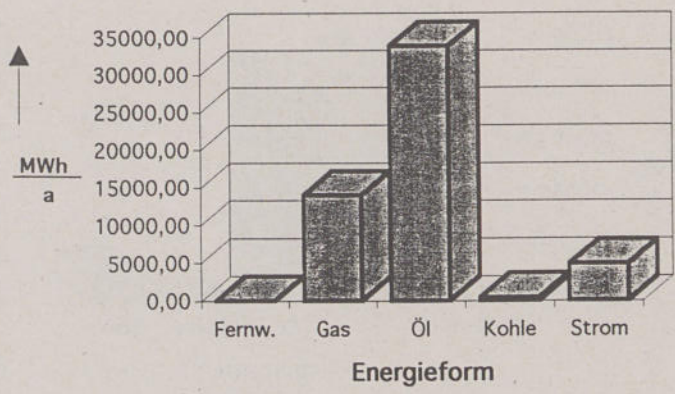


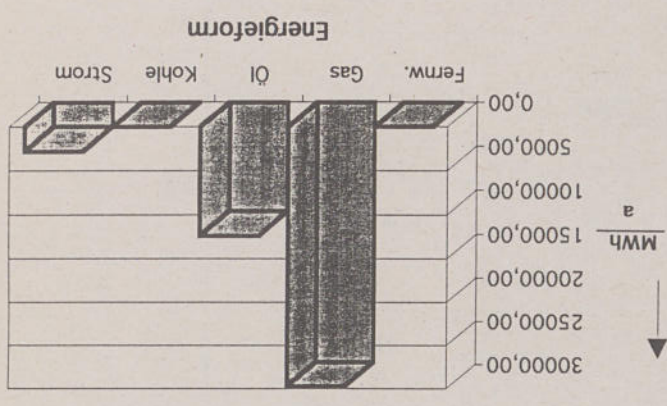
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 86 (Südost, Angelmodde)

Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 81 (Südost, Gremmendorf-West)

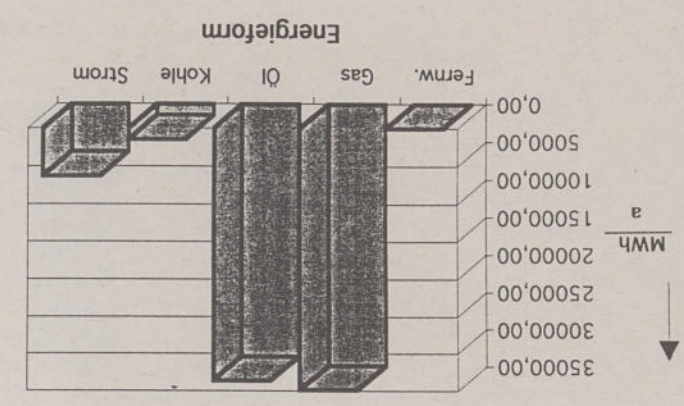


Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 82 (Südost, Gremmendorf-Ost)



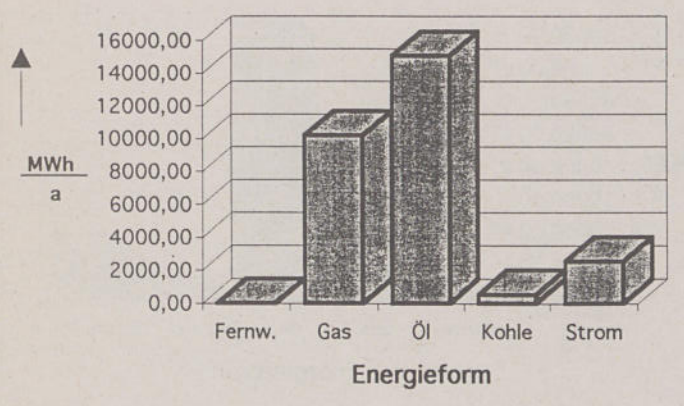


Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 97 (Hiltrup, Hiltrup-West)

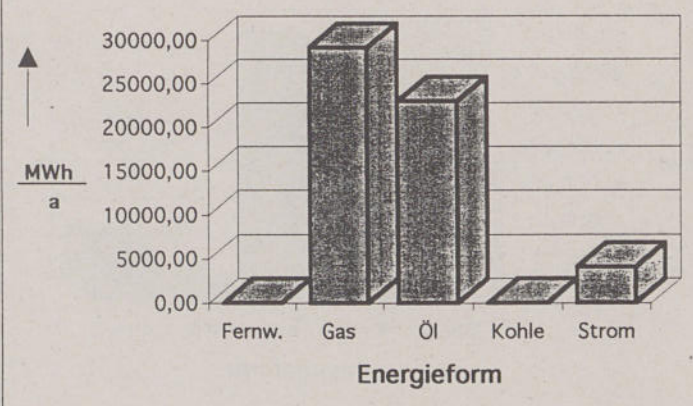


Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 96 (Hiltrup, Hiltrup-Mitte)

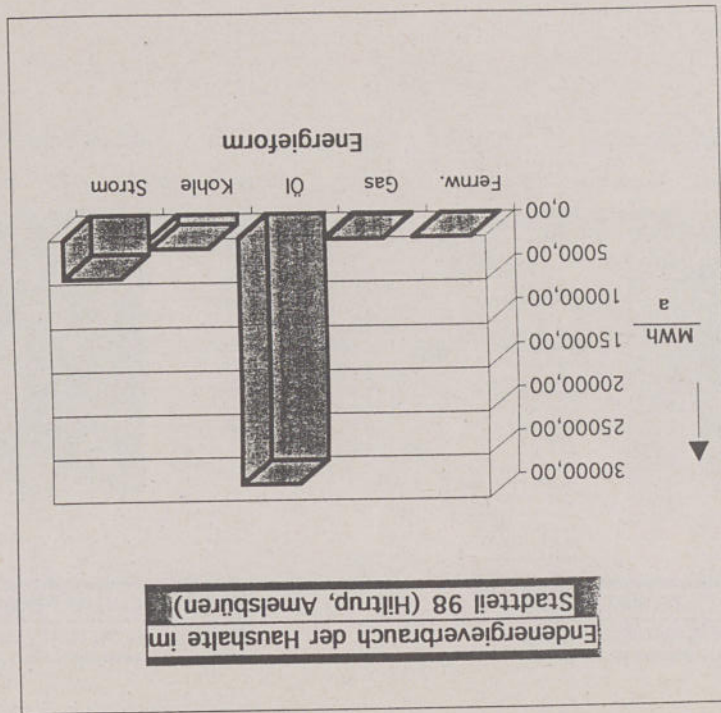
Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 91 (Hiltrup, Berg Fidel)



Endenergieverbrauch der Haushalte im Stadtteil 95 (Hiltrup, Hiltrup-Ost)



35



Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Berechnung der Primärenergieverbräuche und Kohlendioxid-Emissionen der einzelnen Stadtteile

Endwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. (MWh)/a	Gas (MWh)/a	Öl (MWh)/a	Kohle (MWh)/a	Strom (MWh)/a <small>(nur für Wärme)</small>	Gesamt (MWh)/a	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. m ²	Nutzwärme pro Wohnung MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Nutzwärme	Nutzwärme
											in kWh/m ² /a	pro Person MWh/P./a
11	2070,60	9319,10	1767,60	0,00	892,90	14050,20	1526	37,69	14	714	244	9
12	2954,00	9338,80	1570,30	56,20	1250,80	15170,10	1650	34,61	11	735	266	9
13	5650,30	20497,50	6969,20	0,00	1946,50	35063,50	2504	41,43	21	969	338	14
14	1308,40	13258,10	2426,80	287,50	964,10	18244,90	2274	36,09	13	1046	222	8
15	2270,30	8097,70	703,60	0,00	743,00	11814,60	1411	36,61	12	687	229	8
21	1516,50	23445,00	7771,30	0,00	1825,60	34558,40	4727	35,16	12	2061	208	7
22	3475,20	47350,00	11792,40	0,00	2763,90	65381,50	8460	37,09	12	4585	208	8
23	1024,00	11006,10	962,20	0,00	921,10	13913,40	1244	35,23	14	557	317	11
24	1397,80	40147,10	4604,70	0,00	2140,40	48290,00	7296	36,37	12	3822	182	7
25	503,00	39472,40	6498,00	0,00	2052,90	48526,30	6374	37,62	13	3460	202	8
26	2890,60	30610,20	7430,70	513,40	1738,30	43183,20	4320	39,47	15	2278	253	10
27	37,70	90032,00	17740,70	371,20	4139,70	112321,30	13605	38,61	13	7042	214	8
28	0,00	16531,40	9654,30	0,00	1232,80	27418,50	3669	37,33	13	1753	200	7
29	111,30	16903,00	4931,70	0,00	1855,90	23801,90	1974	41,80	16	1001	288	12
31	671,30	19807,20	23040,00	375,40	2763,50	46657,40	5854	36,17	16	2590	220	8
32	0,00	59830,80	8551,20	710,00	3382,40	72474,40	8961	34,61	14	4267	234	8
33	0,00	41376,80	9706,10	0,00	2381,70	53464,60	7506	33,13	12	3780	215	7
34	0,00	43514,40	20295,90	1348,40	2820,20	67978,90	7161	34,69	18	2938	274	9
43	1502,00	6360,40	1752,80	0,00	1516,00	11131,20	1143	36,25	12	543	269	10
44	1108,70	25451,60	4645,30	289,80	2484,00	33979,40	5419	35,21	13	2464	178	6
45	508,10	66526,30	24203,70	0,00	3594,70	94832,80	10404	38,37	16	5196	238	9
46	5884,00	44487,50	12347,50	0,00	2649,80	65368,80	7394	36,79	19	3163	240	9
47	35,10	46119,00	17740,40	0,00	2372,80	66267,30	7346	34,39	7	3257	262	9
51	0,00	49369,80	22191,30	422,70	3656,10	75639,90	11701	34,81	18	3647	186	6

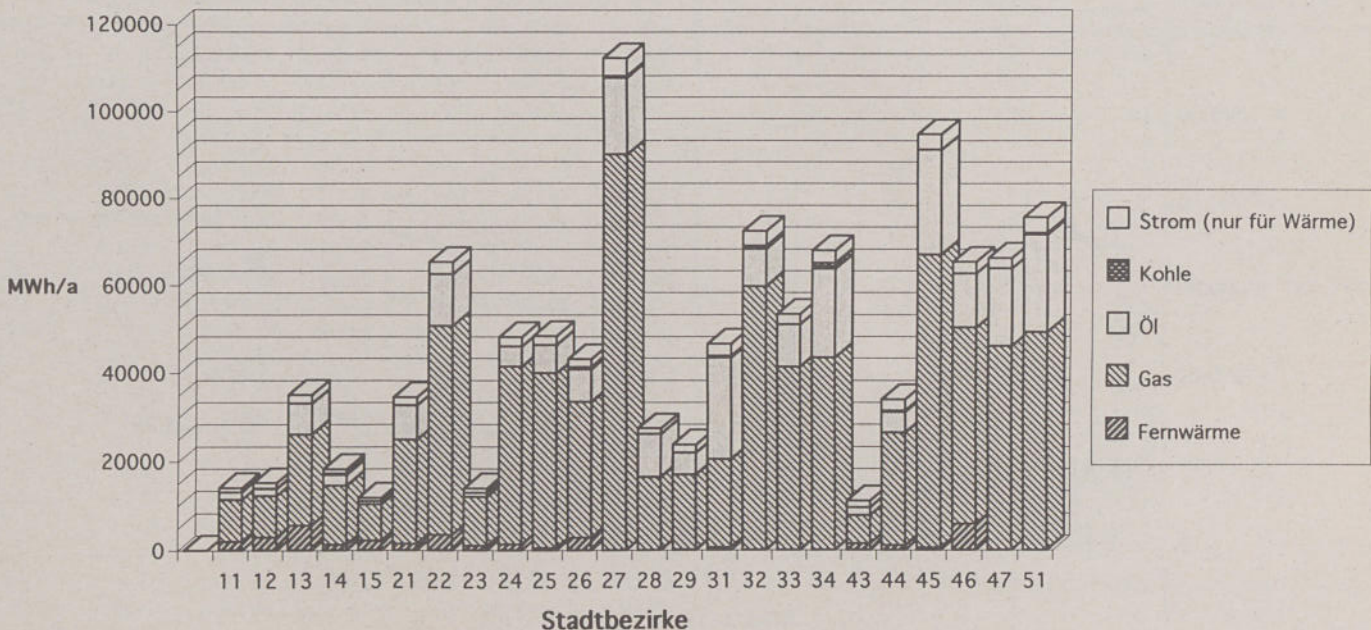
35

Stadtteil	Endenergieverbrauch der Haushalte					Endenergieverbrauch der Haushalte				
	Gesamt (MWh/a)	Strom (MWh/a)	Kohle (MWh/a)	Öl (MWh/a)	Gas (MWh/a)	Fernwärme (MWh/a)	Personen-zahl	Wohnfl. pro Pers. (m ² /a)	Nutzwärme pro Wohnung (MWh/WE/a)	Nutzwärme Wohnungen (MWh/WE/a)
52	10139,60	27609,50	8364,70	399,40	7426,50	53939,70	6030	37,01	37,01	2326
54	10139,60	29158,60	39916,90	1506,80	5978,50	76560,80	7650	36,48	36,48	2553
56	0,00	11123,50	16645,00	660,10	3249,70	34678,30	4612	35,14	35,14	1491
57	0,00	16646,20	46556,80	169,40	6492,00	69864,40	8244	35,65	35,65	3098
58	0,00	0,00	44982,50	1615,70	7827,80	54426,00	7081	35,39	35,39	2343
61	45413,00	2497,00	6540,80	368,30	1513,50	56332,60	7968	32,25	32,25	3022
62	251,00	34066,70	18297,50	190,70	2640,50	55446,40	4712	35,26	35,26	1972
63	0,00	24724,00	9352,50	697,30	3448,40	38222,20	10473	32,10	32,10	3771
68	0,00	0,00	20587,10	378,60	1919,10	22884,80	2690	35,56	35,56	858
71	0,00	66202,60	29776,60	1049,60	7628,60	104657,40	10017	38,10	38,10	4124
76	0,00	561,20	21138,90	339,50	2451,10	24490,70	3215	38,45	38,45	1002
77	0,00	5745,50	32267,30	24,40	5343,90	43381,10	6807	35,99	35,99	2263
81	81,30	13739,20	21874,70	346,60	3586,80	39628,60	3855	35,39	35,39	1530
82	0,00	13965,60	33844,20	413,70	4879,10	53102,60	4905	37,88	37,88	1988
86	15024,00	32118,80	736,10	6045,50	59385,10	7190	35,89	35,89	2776	
87	30,90	13535,20	39928,00	501,30	6103,10	60098,50	7777	37,25	37,25	2689
91	0,00	10181,2	15062,80	534,70	2539,90	28318,60	6066	31,71	31,71	2324
95	0,00	29174,90	22974,10	0,00	4093,10	56242,10	6595	35,22	35,22	2300
96	0,00	34870,00	33664,80	1471,50	6303,70	76310,00	8431	37,28	37,28	3388
97	0,00	29732,70	12392,60	0,00	2775,80	44901,10	5237	34,37	34,37	1887
98	0,00	150,80	28140,40	1083,90	4449,60	33824,70	5095	34,55	34,55	1427
Gesamt	105,859	1.147,997	766,725	16,862	148,785	2.186,228	268573	1.626,45	1.626,45	111687

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

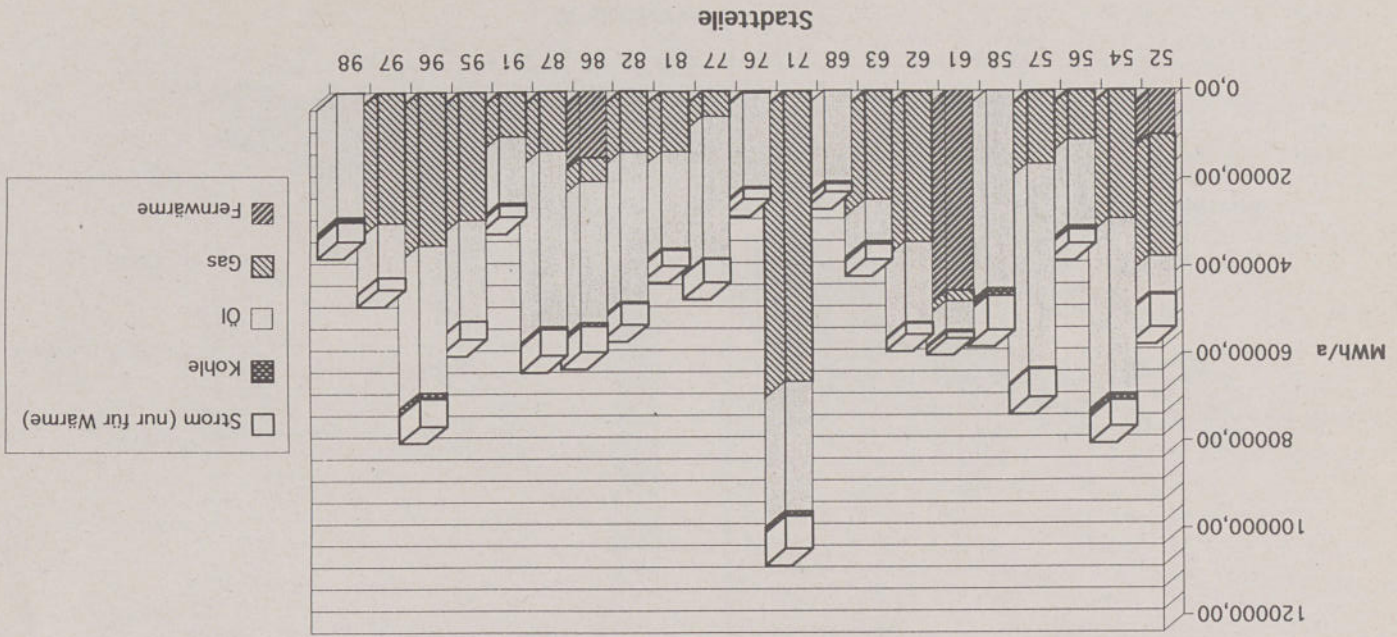
Graphische Darstellung der Ergebnisse

Endenergieverbrauch der Haushalte in den Stadtteilen 11 bis 51



-37-

-38-



Endenergieverbrauch der Haushalte in den Stadtteilen 52 bis 98

Graphische Darstellung der Ergebnisse

der Stadtteile in Münster

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Berechnung der Primärenergieverbräuche und Kohlendioxid-Emissionen der einzelnen Stadtteile

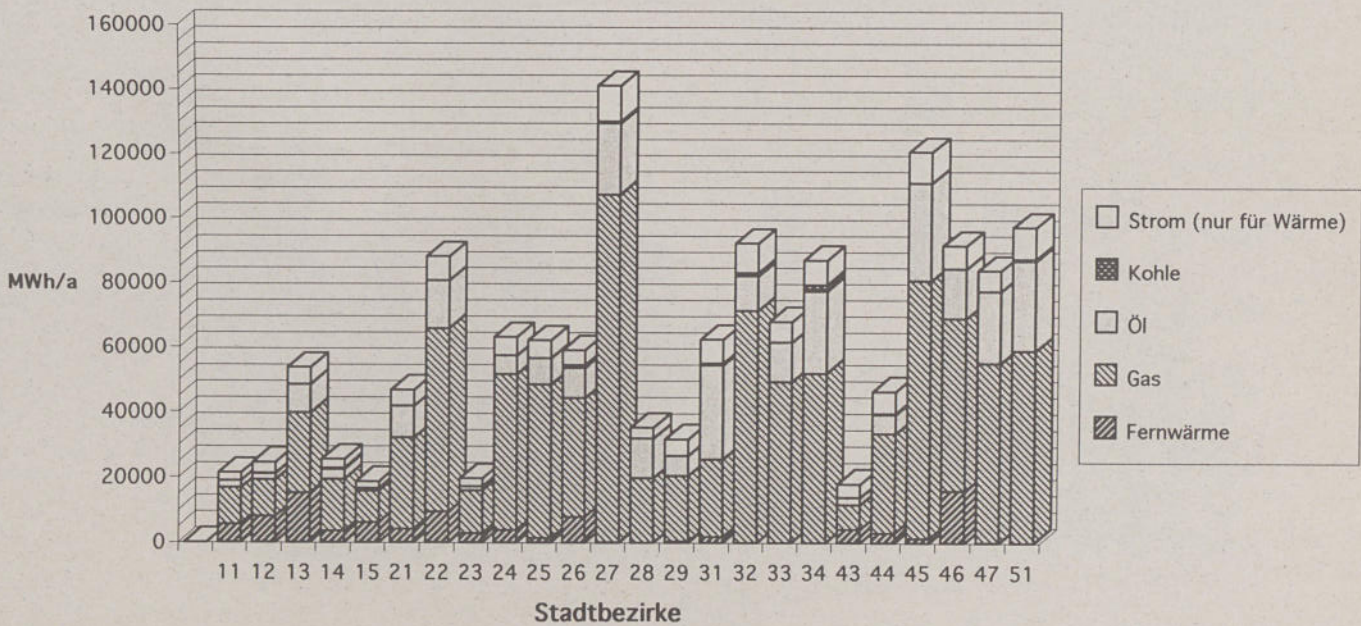
Primärwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. (MWh)/a	Gas (MWh)/a	Öl (MWh)/a	Kohle (MWh)/a	Strom (nur für Wärme) (MWh)/a	Gesamt (MWh)/a	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. m2	Primärw. pro Wohn. MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Primärw. in kWh/m2/a	Primärw. pro Pers. MWh/P./a
11	5566,19	11089,73	2223,46	0,00	2400,29	21279,67	1526	37,69	13,87	714	370	14
12	7940,94	11113,17	1975,28	83,18	3362,40	24474,97	1650	34,61	11,44	735	429	15
13	15189,14	24392,03	8766,56	0,00	5232,58	53580,30	2504	41,43	20,76	969	516	21
14	3517,24	15777,14	3052,67	425,50	2591,69	25364,25	2274	36,09	13,08	1046	309	11
15	6103,02	9636,26	885,06	0,00	1997,33	18621,67	1411	36,61	12,16	687	360	13
21	4076,66	27899,55	9775,52	0,00	4907,58	46659,30	4727	35,16	12,40	2061	281	10
22	9342,03	56346,50	14833,66	0,00	7429,92	87952,11	8460	37,09	12,08	4585	280	10
23	2752,72	13097,26	1210,35	0,00	2476,10	19536,43	1244	35,23	13,75	557	446	16
24	3757,57	47775,05	5792,25	0,00	5753,82	63078,69	7296	36,37	11,88	3822	238	9
25	1352,16	46972,16	8173,83	0,00	5518,61	62016,76	6374	37,62	12,71	3460	259	10
26	7770,51	36426,14	9347,08	759,83	4672,90	58976,46	4320	39,47	14,81	2278	346	14
27	101,35	107138,08	22316,03	549,38	11128,34	141233,17	13605	38,61	13,47	7042	269	10
28	0,00	19672,37	12144,14	0,00	3314,01	35130,52	3669	37,33	13,25	1753	256	10
29	299,20	20114,57	6203,59	0,00	4989,03	31606,38	1974	41,80	16,02	1001	383	16
31	1804,59	23570,57	28982,02	555,59	7428,84	62341,61	5854	36,17	16,24	2590	294	11
32	0,00	71198,65	10756,55	1050,80	9092,57	92098,57	8961	34,61	14,22	4267	297	10
33	0,00	49238,39	12209,30	0,00	6402,49	67850,18	7506	33,13	11,71	3780	273	9
34	0,00	51782,14	25530,21	1995,63	7581,26	86889,24	7161	34,69	17,52	2938	350	12
43	4037,68	7568,88	2204,85	0,00	4075,31	17886,71	1143	36,25	12,09	543	432	16
44	2980,41	30287,40	5843,32	428,90	6677,49	46217,53	5419	35,21	13,23	2464	242	9
45	1365,87	79166,30	30445,83	0,00	9663,27	120641,28	10404	38,37	16,46	5196	302	12
46	15817,37	52940,13	15531,92	0,00	7123,19	91412,61	7394	36,79	19,15	3163	336	12
47	94,36	54881,61	22315,65	0,00	6378,56	83670,18	7346	34,39	6,86	3257	331	11
51	0,00	58750,06	27914,44	625,60	9828,33	97118,42	11701	34,81	17,85	3647	238	8

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Primärenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Graphische Darstellung der Ergebnisse

Primärenergieverbrauch der Haushalte in den Stadtteilen 11 bis 51



Primärwärmeverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw.	Gas	Öl	Kohle	Strom	Gesamt	Personen- Zahl	Wohnfl. pro Pers.	Nutzwärme pro Wohnur	Primärw. in KWh/m ² /a	Primärw. pro Pers. MWh/P./a
52	27257,27	32855,31	10521,96	591,11	19965,92	91189,56	6030	37,01	16,60	2326	409
54	0,00	34698,73	50211,47	2230,06	16071,40	103211,67	7650	36,48	19,50	2553	370
13	0,00	13236,97	24711,45	976,95	8735,84	47661,20	4612	35,14	21,77	1491	294
10	0,00	19808,98	58563,80	250,71	17451,79	96075,28	8244	35,65	19,42	3098	327
12	0,00	0,00	56583,49	2391,24	21042,69	80017,41	7081	35,39	19,75	2343	319
11	122079,23	2971,43	8227,67	545,08	4068,59	137892,00	7968	32,25	21,73	3022	537
61	674,74	40539,37	23016,43	282,24	7098,19	71610,96	4712	35,26	19,19	1972	431
62	0,00	29421,56	11764,51	1032,00	9269,99	51488,06	10473	32,10	12,43	3771	153
63	0,00	0,00	25896,51	560,33	5158,92	31615,77	2690	35,56	26,92	858	331
68	0,00	0,00	25896,51	560,33	5158,92	31615,77	2690	35,56	26,92	858	331
71	0,00	78781,09	37455,99	1553,41	20507,20	138297,69	10017	38,10	21,98	4124	362
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3215	38,45	24,66	1002	278
76	0,00	667,83	26590,62	502,46	6589,05	34349,96	6807	35,99	31,55	2263	252
77	0,00	6837,15	40589,04	36,11	14365,47	61827,77	3855	35,39	21,99	1530	398
81	218,55	16349,65	27516,19	512,97	9642,04	54239,99	3855	35,39	21,99	1530	398
82	0,00	16619,06	42572,62	612,28	13116,00	72919,96	4905	37,88	19,43	1988	392
86	40387,52	6498,23	40402,24	1089,43	16251,51	106628,93	7190	35,89	21,28	2776	405
87	83,07	16106,89	50225,43	741,92	16406,35	83563,66	7777	37,25	20,72	2689	288
91	0,00	12115,63	18947,50	791,36	6827,76	38682,24	6066	31,71	14,57	2324	201
95	0,00	34718,13	28899,12	0,00	11003,07	74620,32	6595	35,22	22,52	2300	321
96	0,00	41495,30	42346,95	2177,82	16945,61	102966,68	8431	37,28	18,38	3888	328
97	0,00	35381,91	15588,65	0,00	7461,91	58432,47	5237	34,37	20,32	1887	325
98	0,00	179,45	35397,81	1604,17	11961,41	49142,85	5095	34,55	22,99	1427	279
Gesamt:	284.569,36	1.366.116,79	#####	24.956,06	399.964,64	3.040.069,84	268573	1.626,45	774,11	111687	14838
538											

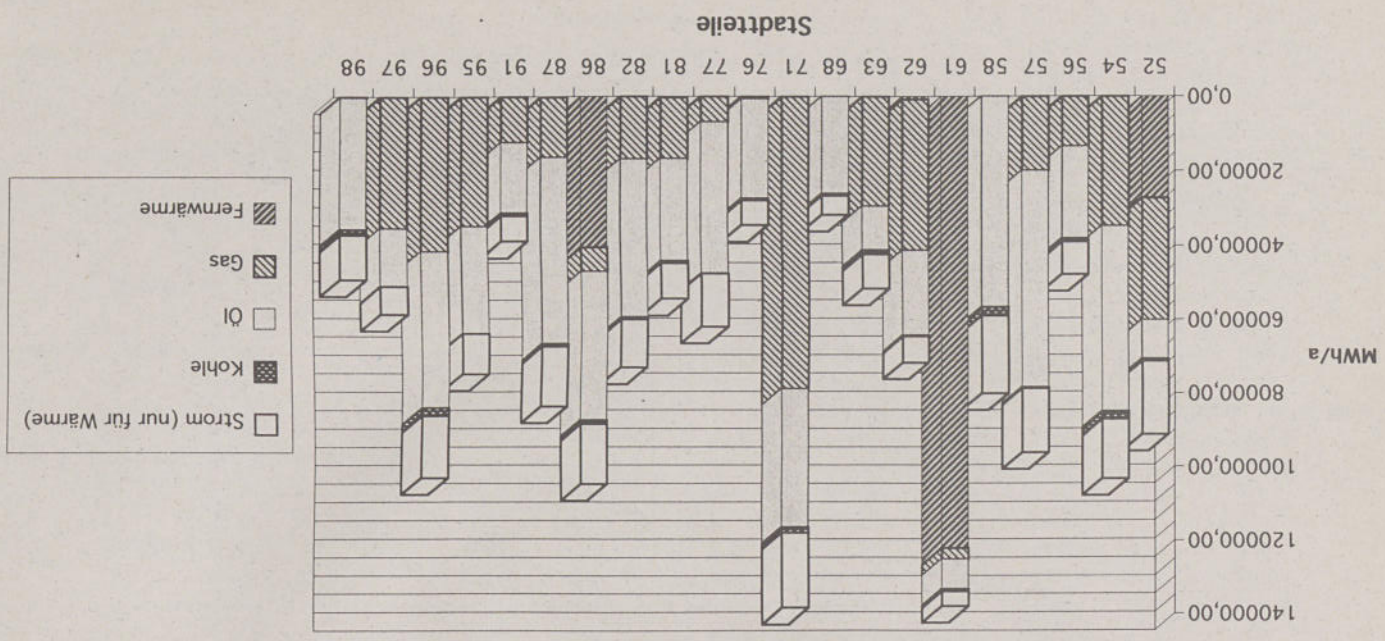
Daten aus: "Energie Volkszählung 1987, Beiträge zur Statistik"

(MWh)

- 41 -

- 42 -

- 43 -

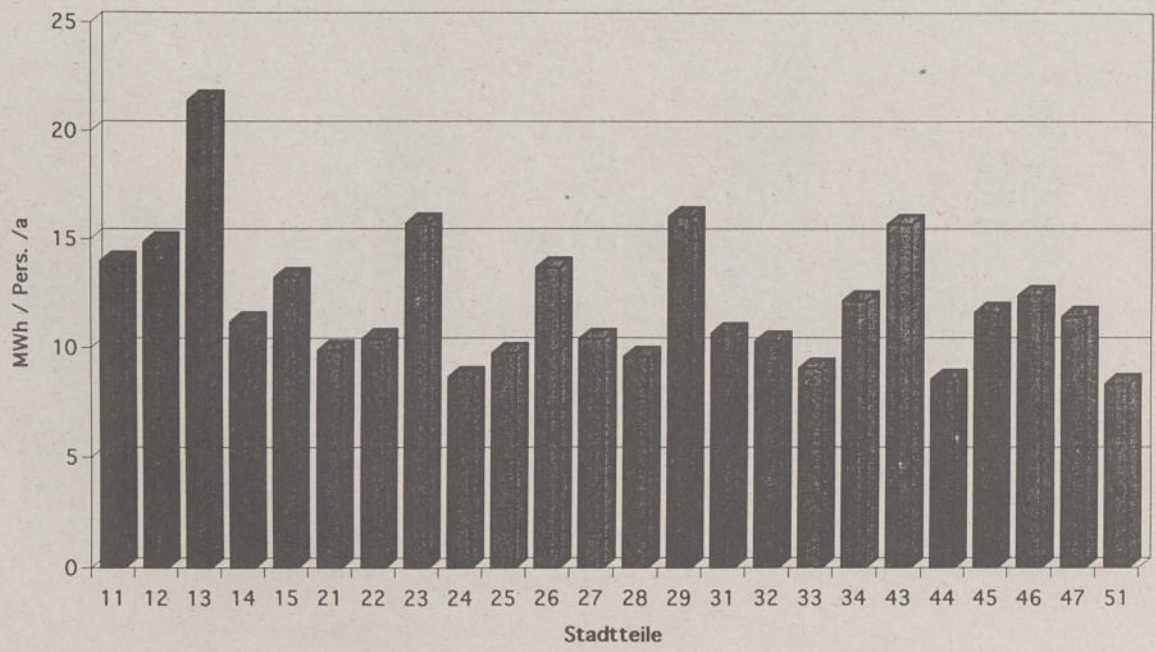


Primärenergieverbrauch der Haushalte in den Stadtteilen 52 bis 98

Graphische Darstellung der Ergebnisse
der Stadtteile in Münster
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Primärenergieverbräuche
der Stadtteile in Münster

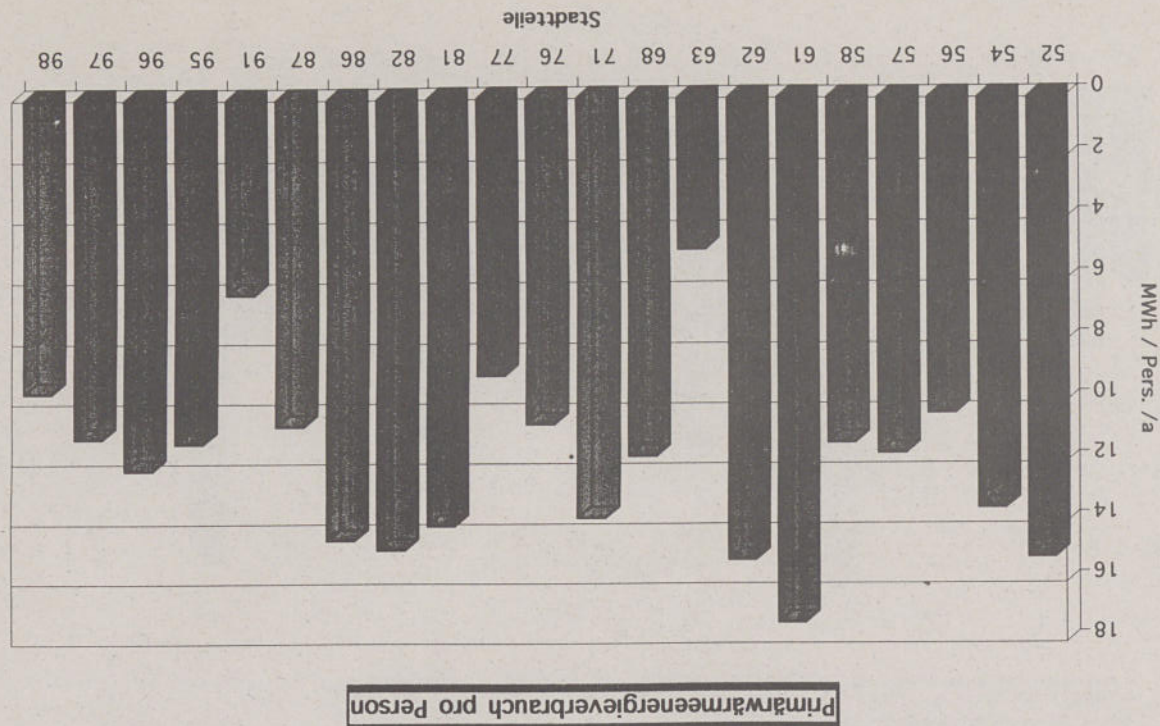
Graphische Darstellung der Primärenergieverbräuche pro Person

Primärwärmeenergieverbrauch pro Person



- 44 -

- 45 -



Graphische Darstellung der Primärenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Berechnung der Primärenergieverbräuche und Kohlendioxid-Emissionen der einzelnen Stadtteile

Kohlendioxid-Emission der Haushalte für Wärmezwecke

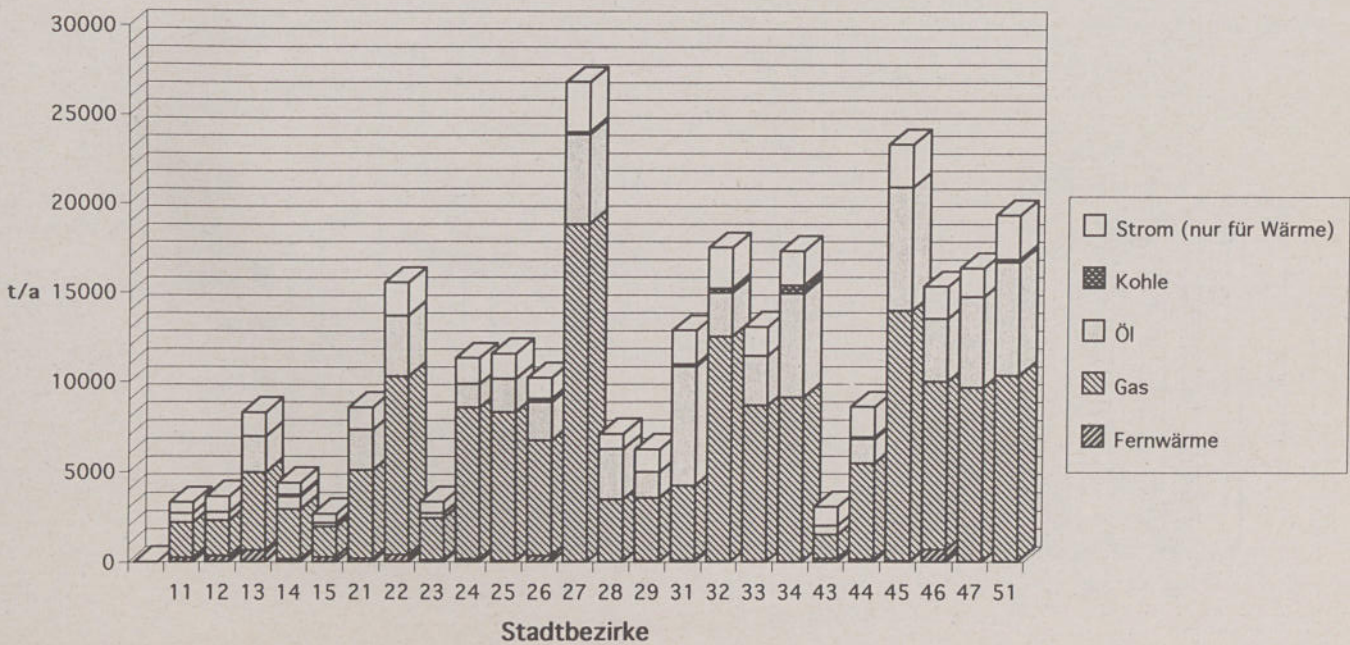
Stadtteil	Fernw. t/a	Gas t/a	Öl t/a	Kohle t/a	Strom (nur für Wärme) t/a	Gesamt t/a	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. m2	Emission pro Wohnung t/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m2/a	Emission pro Pers. kg/P./a
12	339,71	1949,94	451,68	19,50	851,54	3612,38	1650	34,61	11,44	735	63	2.189
13	649,78	4279,88	2004,62	0,00	1325,18	8259,46	2504	41,43	20,76	969	80	3.299
14	150,47	2768,29	698,04	99,76	656,36	4372,92	2274	36,09	13,08	1046	53	1.923
15	261,08	1690,80	202,38	0,00	505,83	2660,10	1411	36,61	12,16	687	51	1.885
21	174,40	4895,32	2235,34	0,00	1242,87	8547,92	4727	35,16	12,4	2061	51	1.808
22	399,65	9886,68	3391,97	0,00	1881,66	15559,96	8460	37,09	12,08	4585	50	1.839
23	117,76	2298,07	276,77	0,00	627,08	3319,69	1244	35,23	13,75	557	76	2.669
24	160,75	8382,71	1324,50	0,00	1457,18	11325,14	7296	36,37	11,88	3822	43	1.552
25	57,85	8241,84	1869,08	0,00	1397,61	11566,38	6374	37,62	12,71	3460	48	1.815
26	332,42	6391,41	2137,37	178,15	1183,43	10222,78	4320	39,47	14,81	2278	60	2.366
27	4,34	18798,68	5102,93	128,81	2818,31	26853,07	13605	38,61	13,47	7042	51	1.974
28	0,00	3451,76	2776,96	0,00	839,29	7068,01	3669	37,33	13,25	1753	52	1.926
29	12,80	3529,35	1418,55	0,00	1263,50	6224,20	1974	41,80	16,02	1001	75	3.153
31	77,20	4135,74	6627,23	130,26	1881,39	12851,82	5854	36,17	16,24	2590	61	2.195
32	0,00	12492,67	2459,67	246,37	2302,74	17501,45	8961	34,61	14,22	4267	56	1.953
33	0,00	8639,48	2791,86	0,00	1621,46	13052,80	7506	33,13	11,71	3780	52	1.739
34	0,00	9085,81	5837,91	467,89	1919,99	17311,61	7161	34,69	17,52	2938	70	2.417
43	172,73	1328,05	504,18	0,00	1032,09	3037,05	1143	36,25	12,09	543	73	2.657
44	127,50	5314,29	1336,17	100,56	1691,11	8569,64	5419	35,21	13,23	2464	45	1.581
45	58,43	13890,69	6961,95	0,00	2447,27	23358,35	10404	38,37	16,46	5196	59	2.245
46	676,66	9288,99	3551,63	0,00	1803,98	15321,27	7394	36,79	19,15	3163	56	2.072
47	4,04	9629,65	5102,85	0,00	1615,40	16351,93	7346	34,39	6,86	3257	65	2.226
51	0,00	10308,41	6383,11	146,68	2489,07	19327,27	11701	34,81	17,85	3647	47	1.652

- 46 -

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Kohlendioxid-Emission der Stadtteile in Münster

Graphische Darstellung der Ergebnisse

Kohlendioxid-Emission der Haushalte in den Stadtteilen 11 bis 51

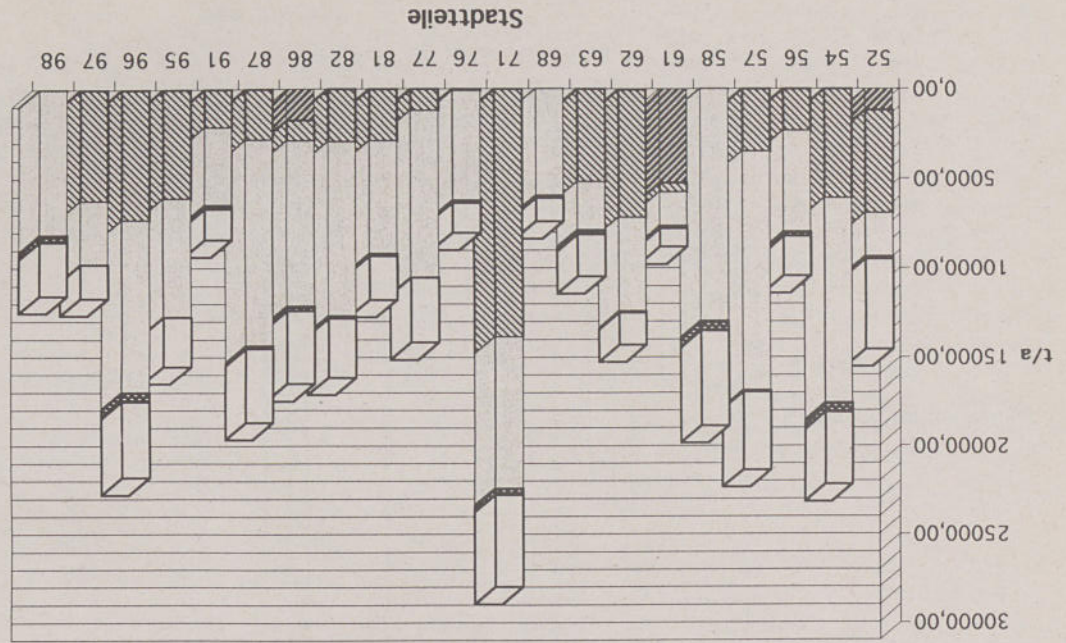
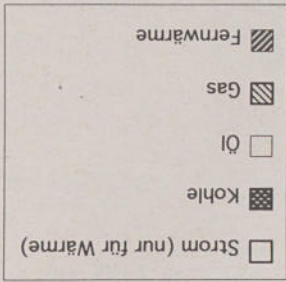


Stadtteil	Gesamt					Strom (nur für Wärme)					Kohle					Öl					Gas					Fernw.				
	Personen-zahl	pro Pers. pro Wohnung	Nutzwärme MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m ² /a	Personen-zahl	pro Pers. pro Wohnung	Nutzwärme MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m ² /a	Personen-zahl	pro Pers. pro Wohnung	Nutzwärme MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m ² /a	Personen-zahl	pro Pers. pro Wohnung	Nutzwärme MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m ² /a	Personen-zahl	pro Pers. pro Wohnung	Nutzwärme MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m ² /a	Personen-zahl	pro Pers. pro Wohnung	Nutzwärme MWh/WE/a	Wohnungen bewohnt	Emission in kg/m ² /a
52	14531,49	6030	37,01	2326	2,410	14531,49	6030	37,01	2326	2,410	14531,49	6030	37,01	2326	2,410	14531,49	6030	37,01	2326	2,410	14531,49	6030	37,01	2326	2,410	14531,49	6030	37,01	2326	2,410
54	22163,04	7650	36,48	2553	2,897	22163,04	7650	36,48	2553	2,897	22163,04	7650	36,48	2553	2,897	22163,04	7650	36,48	2553	2,897	22163,04	7650	36,48	2553	2,897	22163,04	7650	36,48	2553	2,897
56	2212,40	4612	35,14	1491	2,258	2212,40	4612	35,14	1491	2,258	2212,40	4612	35,14	1491	2,258	2212,40	4612	35,14	1491	2,258	2212,40	4612	35,14	1491	2,258	2212,40	4612	35,14	1491	2,258
57	4419,75	8244	35,65	3098	2,589	4419,75	8244	35,65	3098	2,589	4419,75	8244	35,65	3098	2,589	4419,75	8244	35,65	3098	2,589	4419,75	8244	35,65	3098	2,589	4419,75	8244	35,65	3098	2,589
58	5329,17	7081	35,99	2343	2,659	5329,17	7081	35,99	2343	2,659	5329,17	7081	35,99	2343	2,659	5329,17	7081	35,99	2343	2,659	5329,17	7081	35,99	2343	2,659	5329,17	7081	35,99	2343	2,659
61	1030,39	7968	32,25	3022	1,102	1030,39	7968	32,25	3022	1,102	1030,39	7968	32,25	3022	1,102	1030,39	7968	32,25	3022	1,102	1030,39	7968	32,25	3022	1,102	1030,39	7968	32,25	3022	1,102
62	1797,65	4712	35,26	1972	3,028	1797,65	4712	35,26	1972	3,028	1797,65	4712	35,26	1972	3,028	1797,65	4712	35,26	1972	3,028	1797,65	4712	35,26	1972	3,028	1797,65	4712	35,26	1972	3,028
63	2347,67	10473	32,10	3771	997	2347,67	10473	32,10	3771	997	2347,67	10473	32,10	3771	997	2347,67	10473	32,10	3771	997	2347,67	10473	32,10	3771	997	2347,67	10473	32,10	3771	997
68	1306,52	2690	35,56	858	2,736	1306,52	2690	35,56	858	2,736	1306,52	2690	35,56	858	2,736	1306,52	2690	35,56	858	2,736	1306,52	2690	35,56	858	2,736	1306,52	2690	35,56	858	2,736
71	5193,55	10017	38,10	4124	2,790	5193,55	10017	38,10	4124	2,790	5193,55	10017	38,10	4124	2,790	5193,55	10017	38,10	4124	2,790	5193,55	10017	38,10	4124	2,790	5193,55	10017	38,10	4124	2,790
76	1668,71	3215	38,45	1002	2,483	1668,71	3215	38,45	1002	2,483	1668,71	3215	38,45	1002	2,483	1668,71	3215	38,45	1002	2,483	1668,71	3215	38,45	1002	2,483	1668,71	3215	38,45	1002	2,483
77	3638,13	6807	35,99	2263	2,075	3638,13	6807	35,99	2263	2,075	3638,13	6807	35,99	2263	2,075	3638,13	6807	35,99	2263	2,075	3638,13	6807	35,99	2263	2,075	3638,13	6807	35,99	2263	2,075
81	2441,89	3855	35,99	1530	3,043	2441,89	3855	35,99	1530	3,043	2441,89	3855	35,99	1530	3,043	2441,89	3855	35,99	1530	3,043	2441,89	3855	35,99	1530	3,043	2441,89	3855	35,99	1530	3,043
82	3321,69	4905	37,88	1988	3,286	3321,69	4905	37,88	1988	3,286	3321,69	4905	37,88	1988	3,286	3321,69	4905	37,88	1988	3,286	3321,69	4905	37,88	1988	3,286	3321,69	4905	37,88	1988	3,286
86	4115,78	7190	35,89	2776	2,292	4115,78	7190	35,89	2776	2,292	4115,78	7190	35,89	2776	2,292	4115,78	7190	35,89	2776	2,292	4115,78	7190	35,89	2776	2,292	4115,78	7190	35,89	2776	2,292
87	4154,99	7777	37,25	2689	2,397	4154,99	7777	37,25	2689	2,397	4154,99	7777	37,25	2689	2,397	4154,99	7777	37,25	2689	2,397	4154,99	7777	37,25	2689	2,397	4154,99	7777	37,25	2689	2,397
91	1729,16	6066	31,71	2324	1,380	1729,16	6066	31,71	2324	1,380	1729,16	6066	31,71	2324	1,380	1729,16	6066	31,71	2324	1,380	1729,16	6066	31,71	2324	1,380	1729,16	6066	31,71	2324	1,380
95	2786,58	6595	35,22	2300	2,348	2786,58	6595	35,22	2300	2,348	2786,58	6595	35,22	2300	2,348	2786,58	6595	35,22	2300	2,348	2786,58	6595	35,22	2300	2,348	2786,58	6595	35,22	2300	2,348
96	4291,56	8431	37,28	3388	2,582	4291,56	8431	37,28	3388	2,582	4291,56	8431	37,28	3388	2,582	4291,56	8431	37,28	3388	2,582	4291,56	8431	37,28	3388	2,582	4291,56	8431	37,28	3388	2,582
97	1889,76	5237	34,37	1887	2,227	1889,76	5237	34,37	1887	2,227	1889,76	5237	34,37	1887	2,227	1889,76	5237	34,37	1887	2,227	1889,76	5237	34,37	1887	2,227	1889,76	5237	34,37	1887	2,227
98	3029,29	5095	34,55	1427	2,263	3029,29	5095	34,55	1427	2,263	3029,29	5095	34,55	1427	2,263	3029,29	5095	34,55	1427	2,263	3029,29	5095	34,55	1427	2,263	3029,29	5095	34,55	1427	2,263
Gesamt	101,293,03	268.573,00	1.626,45	774,11	101,144	101,293,03	268.573,00	1.626,45	774,11	101,144	101,293,03	268.573,00	1.626,45	774,11	101,144	101,293,03	268.573,00	1.626,45	774,11	101,144	101,293,03	268.573,00	1.626,45	774,11	101,144	101,293,03	268.573,00	1.626,45	774,11	101,144

Daten aus: 'Energie Volkszählung 1987, Beiträge zur Statistik'

-47-

-48-



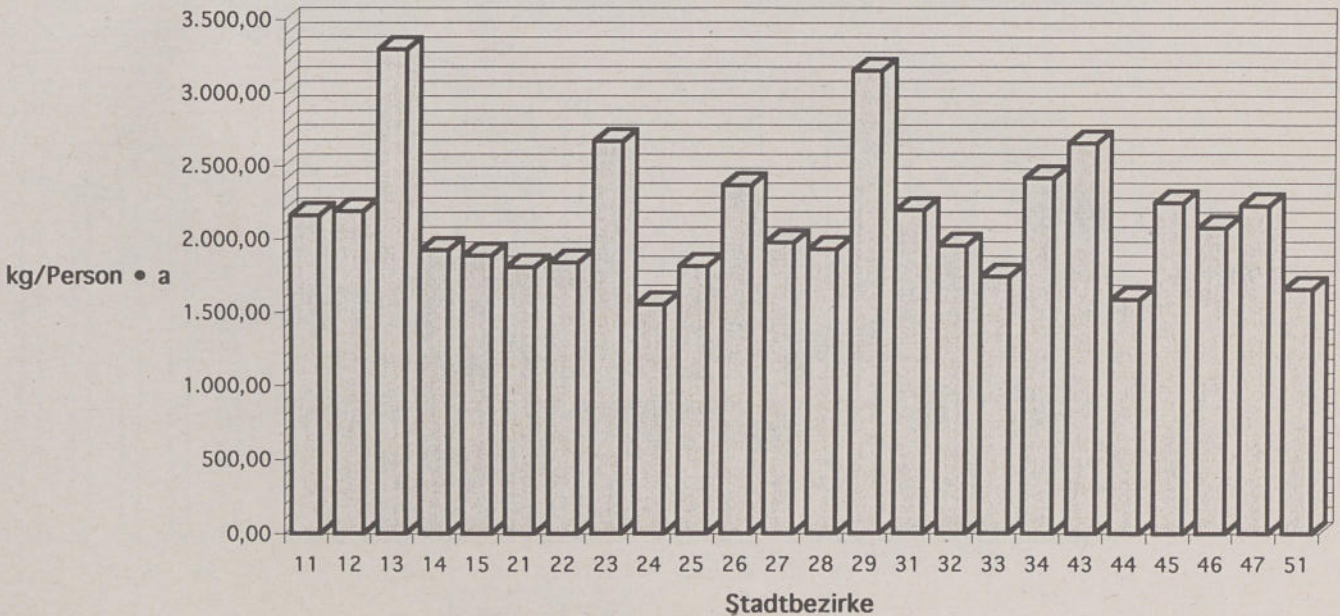
Kohlendioxid-Emission der Haushalte in den Stadtteilen 52 bis 98

Graphische Darstellung der Ergebnisse

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Kohlendioxid-Emission der Stadtteile in Münster

Graphische Darstellung der Ergebnisse

Kohlendioxid-Emission der Haushalte pro Person und Jahr



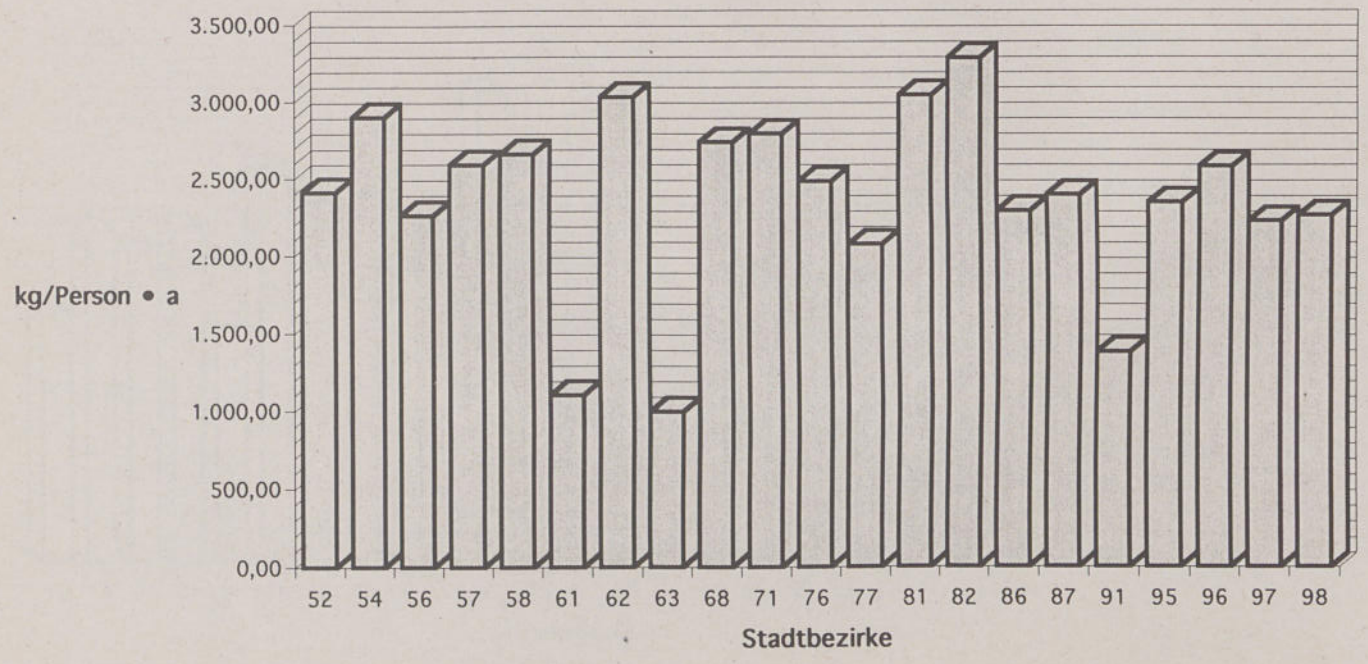
Kohlendioxid-Emissionen pro Person und Jahr der Stadt Münster

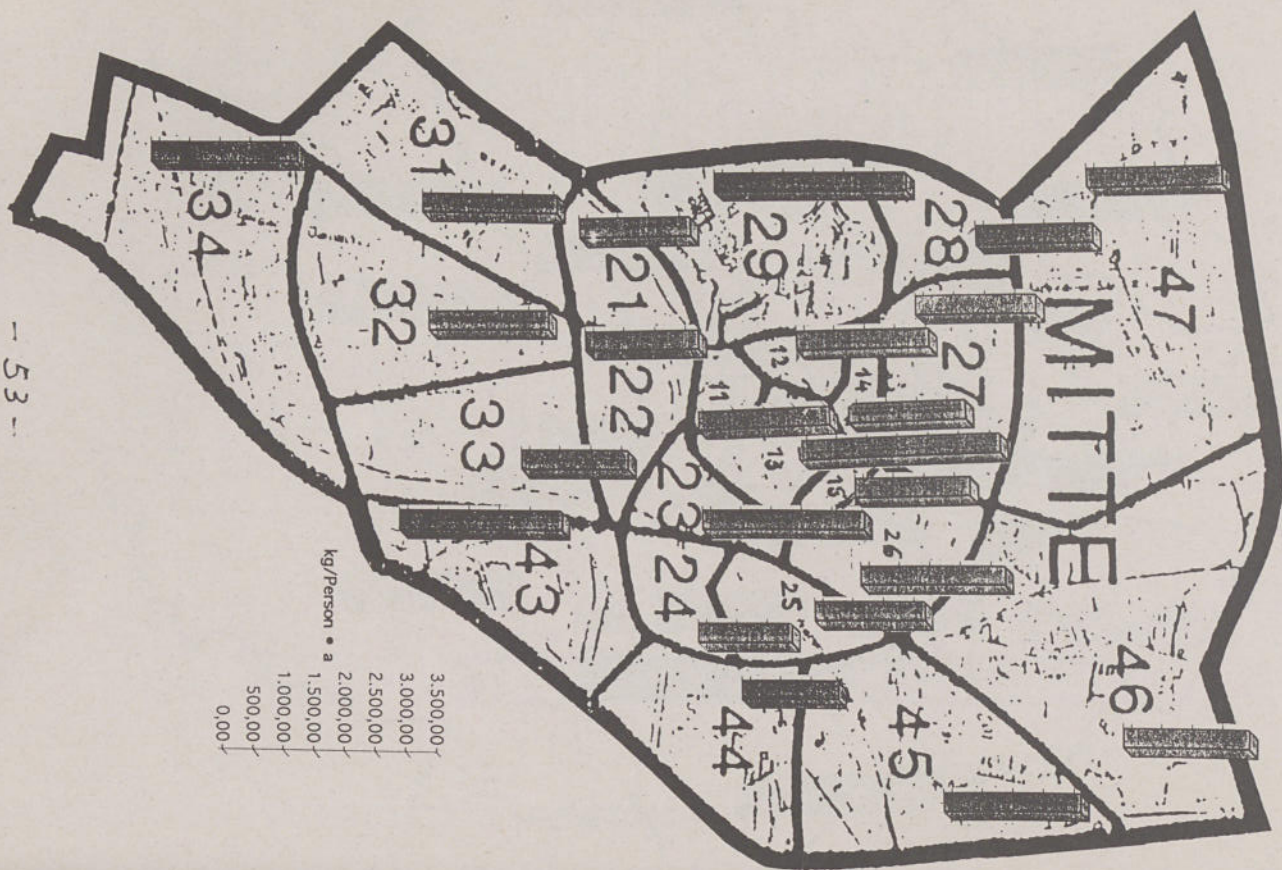


Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Kohlendioxid-Emission
der Stadtteile in Münster

Graphische Darstellung der Ergebnisse

Kohlendioxid-Emission der Haushalte pro Person und Jahr





Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Energieträgers Öl

Substitution des Öls

Stadtteil	Substitution des Öls			Substitution des Energieträgers Öl			
	Öl t/a	bei Substitution durch Gas t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a	bei Substitution durch Fernw. t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a	bei Substitution durch Nahw. t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a
11	508	369	139	203	305	-87	595
12	452	328	124	181	271	-77	529
13	2005	1455	549	801	1203	-341	2346
14	698	507	191	279	419	-119	817
15	202	147	55	81	121	-34	237
21	2235	1623	613	894	1342	-381	2616
22	3392	2462	930	1356	2036	-578	3970
23	277	201	76	111	166	-47	324
24	1324	961	363	530	795	-226	1550
25	1869	1357	512	747	1122	-318	2187
26	2137	1552	586	855	1283	-364	2501
27	5103	3704	1399	2040	3063	-869	5972
28	2777	2016	761	1110	1667	-473	3250
29	1419	1030	389	567	851	-242	1660
31	6627	4811	1816	2650	3978	-1129	7756
32	2460	1785	674	983	1476	-419	2879
33	2792	2027	765	1116	1676	-476	3267
34	5838	4238	1600	2334	3504	-994	6832
43	504	366	138	202	303	-86	590
44	1336	970	366	534	802	-228	1564
45	6962	5054	1908	2783	4179	-1186	8148
46	3552	2578	973	1420	2132	-605	4157
47	5103	3704	1399	2040	3063	-869	5972
51	6383	4634	1750	2552	3831	-1087	7470

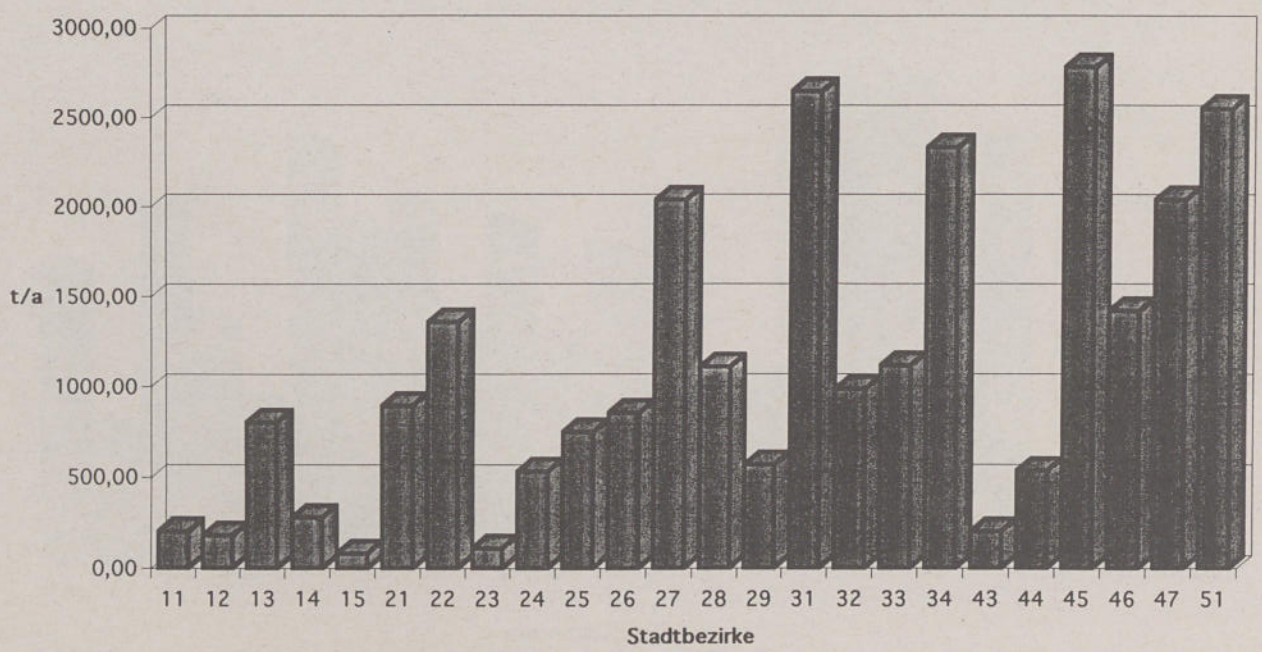
-55-

Stadtteil	Substitution des Öls			Substitution des Gas			Gesamt: (Tonnen)
	Öl bei Substitution	Differenz (eingespartes CO ₂)	t/a	Gas bei Substitution	Differenz (eingespartes CO ₂)	t/a	
52	2406	1747	659	2406	1747	659	2406
54	11482	8335	3147	11482	8335	3147	11482
56	5651	4102	1549	5651	4102	1549	5651
57	13392	9721	3671	13392	9721	3671	13392
58	12939	9392	3546	12939	9392	3546	12939
61	1881	1366	516	1881	1366	516	1881
62	5263	3821	1443	5263	3821	1443	5263
63	2690	1953	737	2690	1953	737	2690
68	5922	4299	1623	5922	4299	1623	5922
71	8565	6217	2348	8565	6217	2348	8565
76	6080	4414	1667	6080	4414	1667	6080
77	9281	6737	2544	9281	6737	2544	9281
81	6292	4567	1725	6292	4567	1725	6292
82	9735	7067	2668	9735	7067	2668	9735
86	9239	6706	2532	9239	6706	2532	9239
87	11485	8337	3148	11485	8337	3148	11485
91	4333	3145	1188	4333	3145	1188	4333
95	6608	4797	1811	6608	4797	1811	6608
96	9683	7029	2654	9683	7029	2654	9683
97	3565	2588	977	3565	2588	977	3565
98	8094	5876	2219	8094	5876	2219	8094
Gesamt:	220541	160092	60449	220541	160092	60449	220541
	MIN: 202,38	MIN: 146,91	MIN: 55,47	MIN: 202,38	MIN: 146,91	MIN: 55,47	MIN: 202,38
	MAX: 4.900,90	MAX: 3.557,60	MAX: 1.343,30	MAX: 4.900,90	MAX: 3.557,60	MAX: 1.343,30	MAX: 4.900,90
	MITTEL: 13.391,60	MITTEL: 9.721,06	MITTEL: 3.670,54	MITTEL: 13.391,60	MITTEL: 9.721,06	MITTEL: 3.670,54	MITTEL: 13.391,60
	MIN: 80,91	MIN: 53,54	MIN: 19,59	MIN: 80,91	MIN: 53,54	MIN: 19,59	MIN: 80,91
	MAX: 5.354,03	MAX: 2.941,50	MAX: 1.959,41	MAX: 5.354,03	MAX: 2.941,50	MAX: 1.959,41	MAX: 5.354,03
	MITTEL: 1.959,41	MITTEL: 1.343,30	MITTEL: 55,47	MITTEL: 1.959,41	MITTEL: 1.343,30	MITTEL: 55,47	MITTEL: 1.959,41
	MIN: 121,47	MIN: 83,03	MIN: 28,12	MIN: 121,47	MIN: 83,03	MIN: 28,12	MIN: 121,47
	MAX: 8.037,57	MAX: 5.735,78	MAX: 1.567,28	MAX: 8.037,57	MAX: 5.735,78	MAX: 1.567,28	MAX: 8.037,57
	MITTEL: 2.941,50	MITTEL: 2.024,41	MITTEL: 711,6	MITTEL: 2.941,50	MITTEL: 2.024,41	MITTEL: 711,6	MITTEL: 2.941,50
	MIN: -34,48	MIN: -103,6	MIN: -45,8	MIN: -34,48	MIN: -103,6	MIN: -45,8	MIN: -34,48
	MAX: -834,88	MAX: -1956	MAX: -1343,8	MAX: -834,88	MAX: -1956	MAX: -1343,8	MAX: -834,88
	MITTEL: -834,88	MITTEL: -1956	MITTEL: -1343,8	MITTEL: -834,88	MITTEL: -1956	MITTEL: -1343,8	MITTEL: -834,88
	MIN: -2.281,28	MIN: -1009	MIN: -314,8	MIN: -2.281,28	MIN: -1009	MIN: -314,8	MIN: -2.281,28
	MAX: 15.672,88	MAX: 6930	MAX: 3148	MAX: 15.672,88	MAX: 6930	MAX: 3148	MAX: 15.672,88
	MITTEL: 5.735,78	MITTEL: 3148	MITTEL: 1514,3	MITTEL: 5.735,78	MITTEL: 3148	MITTEL: 1514,3	MITTEL: 5.735,78
	MIN: 2581,10	MIN: 1514,3	MIN: 220,2	MIN: 2581,10	MIN: 1514,3	MIN: 220,2	MIN: 2581,10

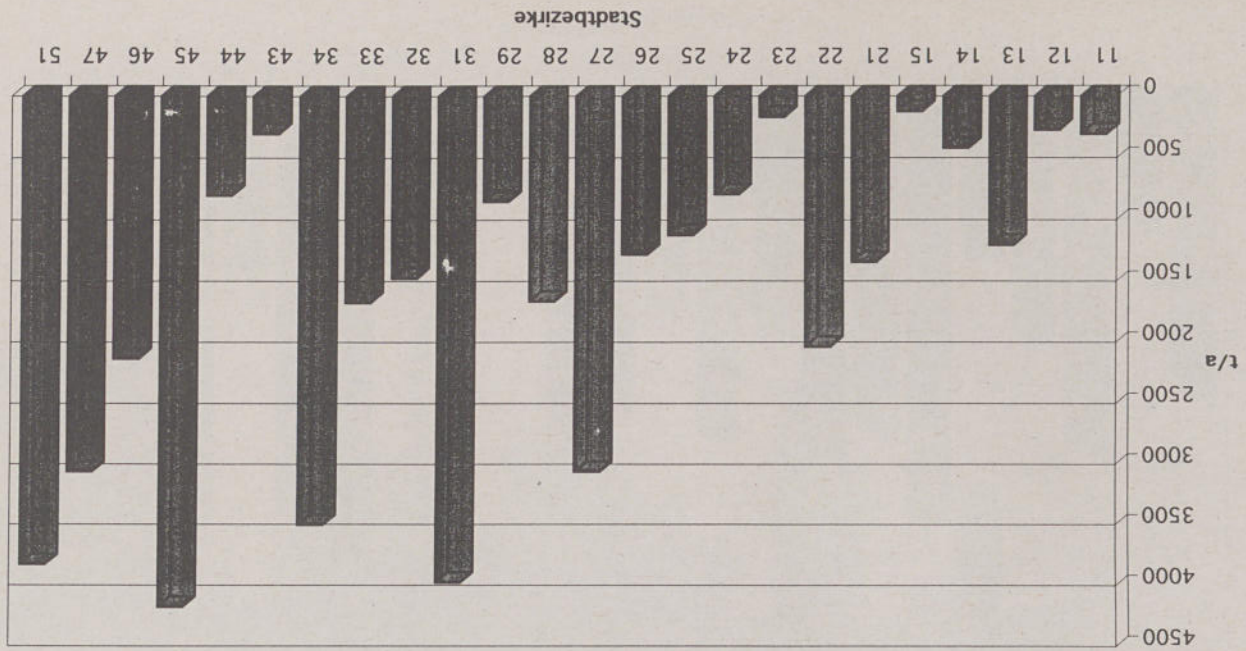
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Fernwärme

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Fernwärme



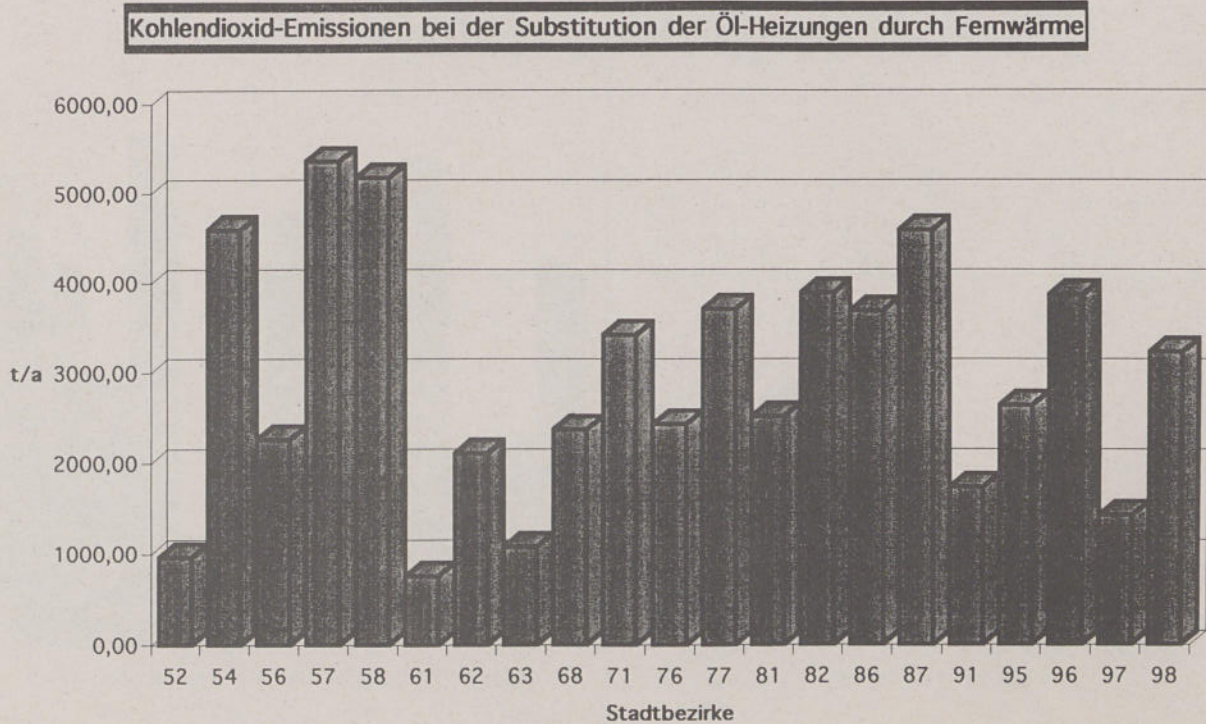
-56-



Differenz aus der Substitution von Öl durch Fernwärme

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)
 Substitution des Energieträgers Öl
 Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Fernwärme

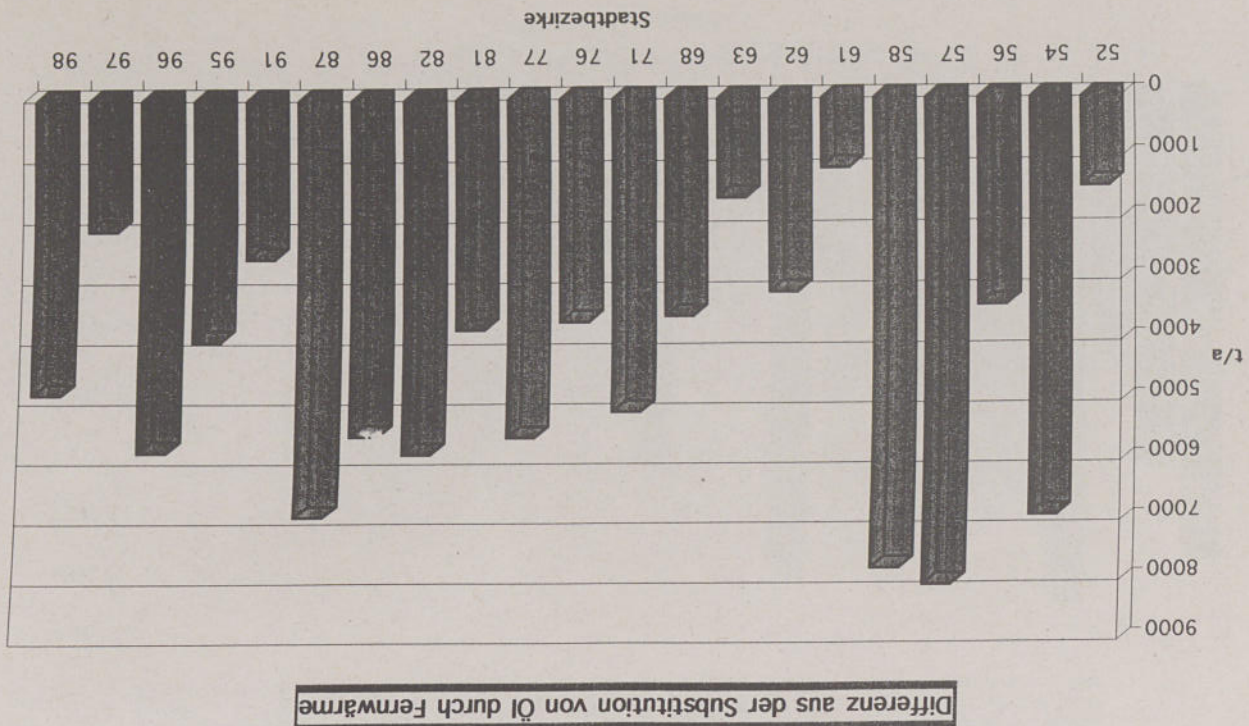


Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Fernwärme

- 85 -

- 57 -

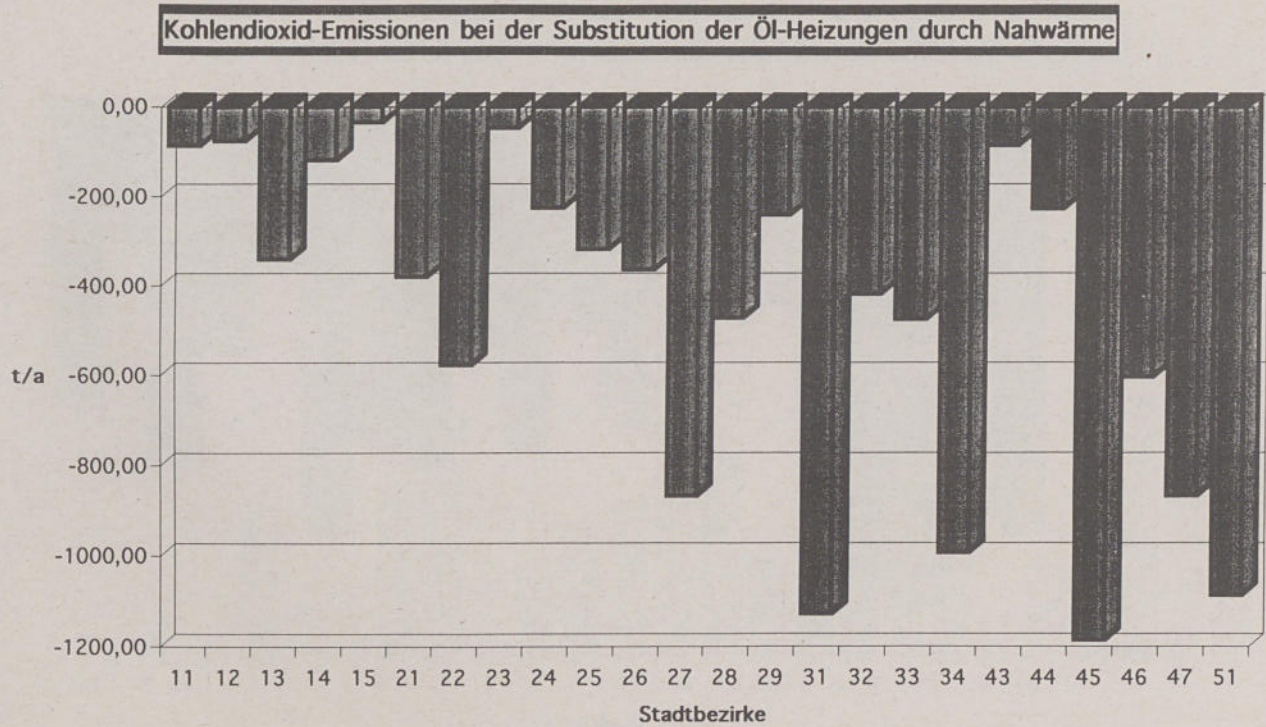
- 59 -

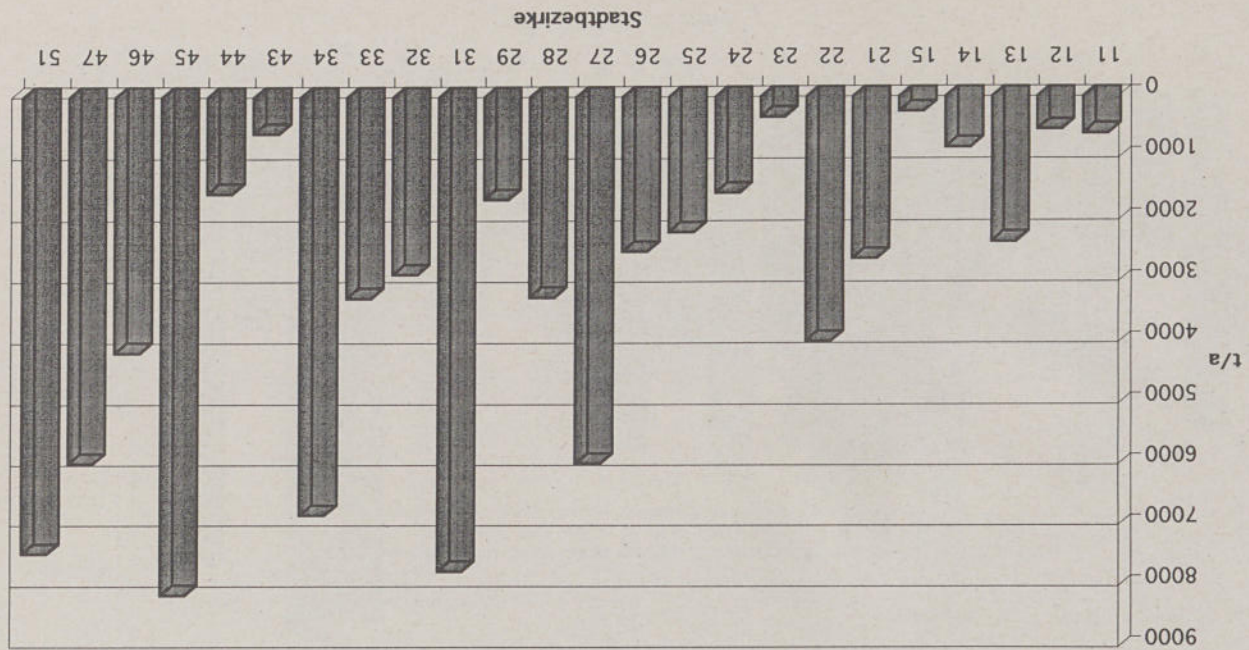


Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)
 Substitution des Energieträgers Öl

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Nahwärme

- 60 -





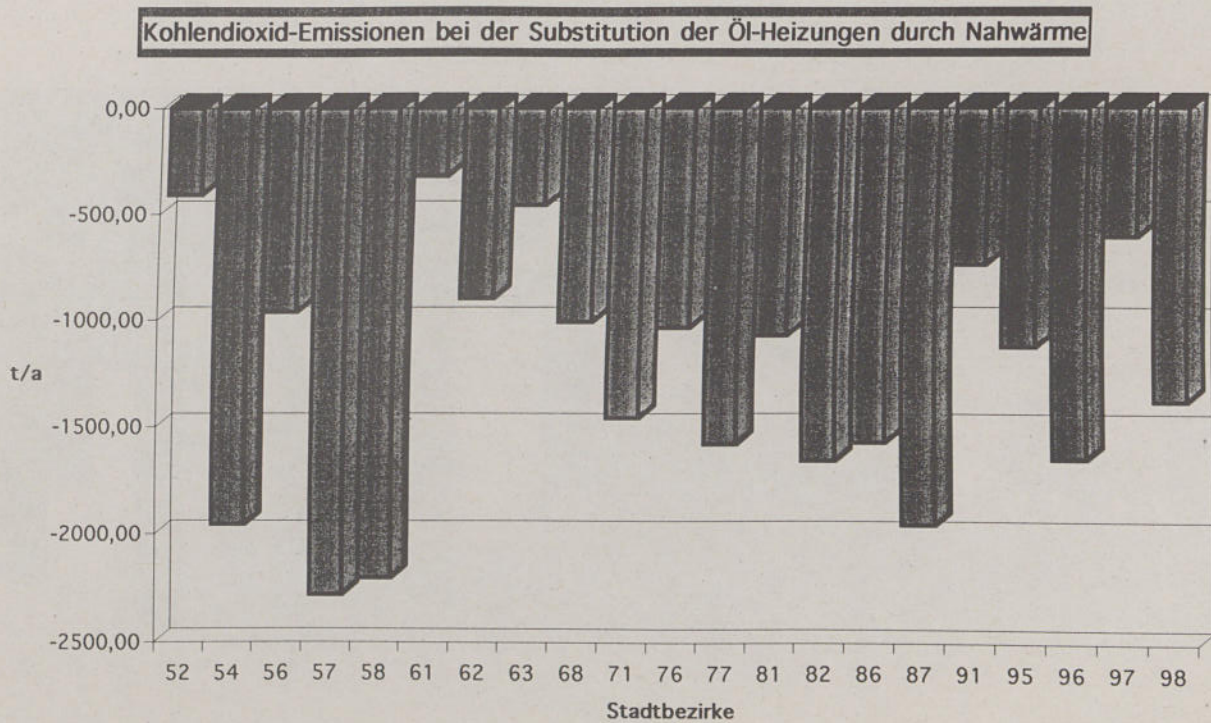
Differenz aus der Substitution von Öl durch Nahwärme

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Energieträgers Öl

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

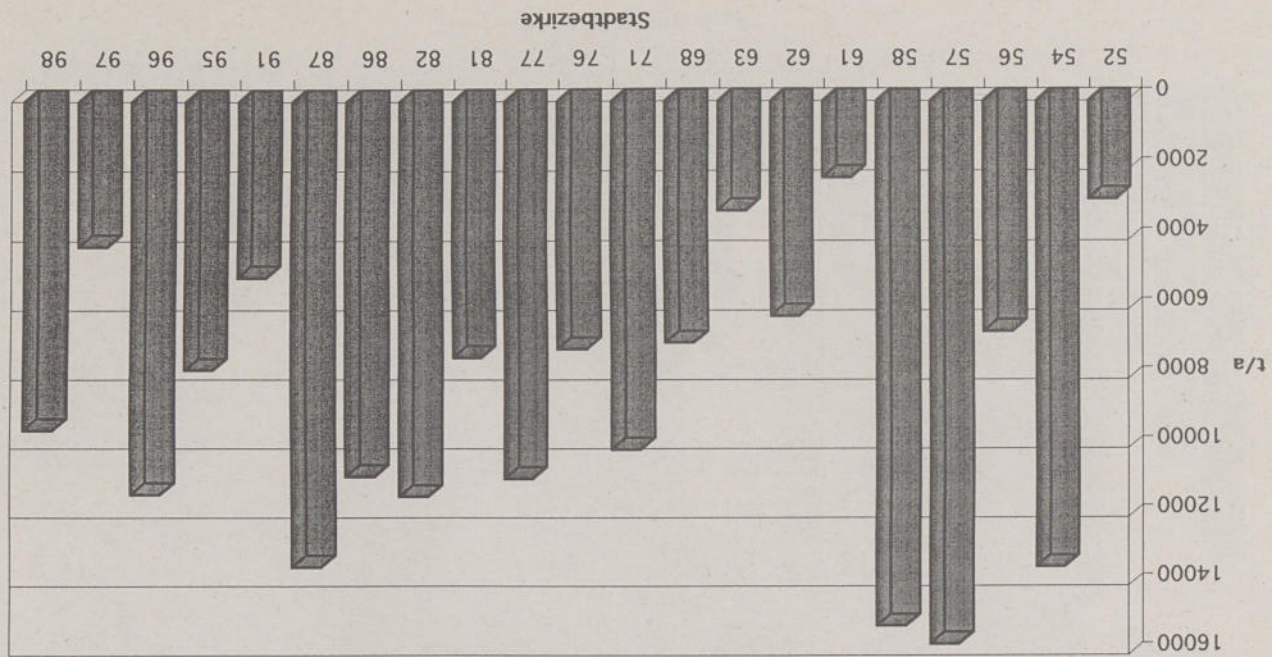
Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Nahwärme



Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Öl-Heizungen durch Nahwärme

- 62 -

- 61 -



Differenz aus der Substitution von Öl durch Nahwärme

Substitution des Energieträgers Öl

der Stadtteile in Münster (1991)

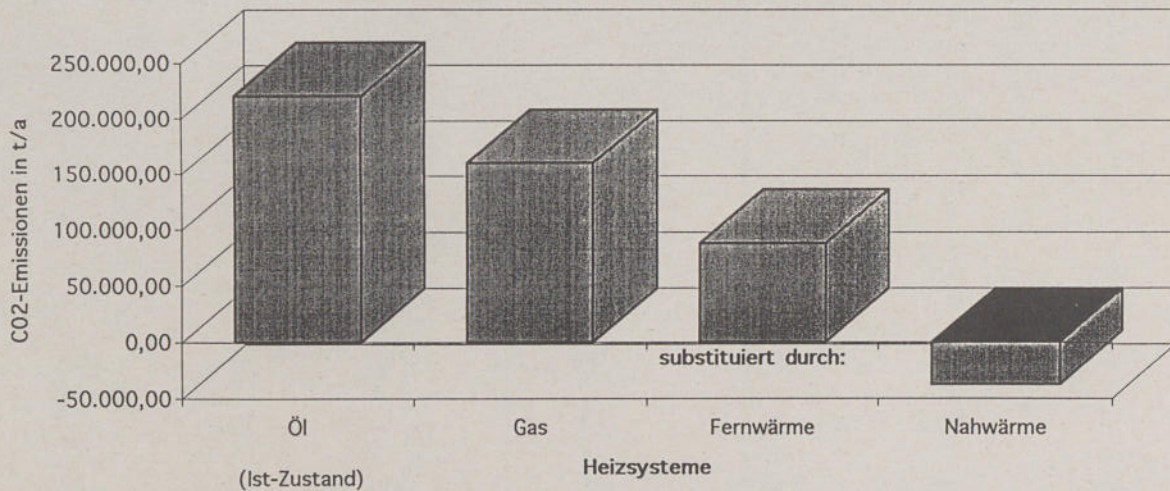
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Summe der Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution des Öls durch Gas, Fern-, oder Nahwärme

Ohne Substitution:	Öl	220.540,69 t/a	Summe der möglichen CO2-Einsparung	
Bei Substitution durch Gas:	Gas	160.092,12 t/a	durch Nahwärme:	258.110 t/a
Bei Substitution durch Fernwärme:	Fernwärme	88.173,34 t/a		
Bei Substitution durch Nahwärme:	Nahwärme	-37.569,51 t/a		

CO2-Emissionen von Öl und bei Substitution



Substitution des Energieträgers Kohle

der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche

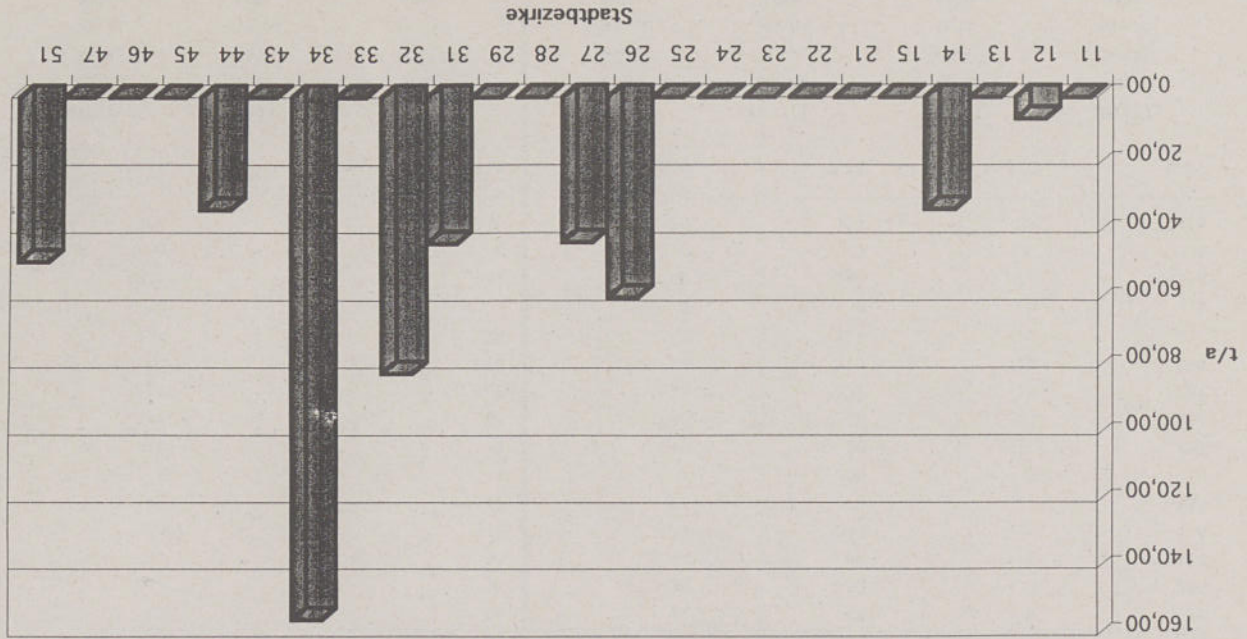
Stadtteil	Substitution der Kohle			Substitution des Energieträgers Kohle			
	Kohle t/a	bei Substitution durch Gas t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a	bei Substitution durch Fernw. t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a	bei Substitution durch Nahw. t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a
11	0	0	0	0	0	0	0
12	20	12	8	6	13	-3	22
13	0	0	0	0	0	0	0
14	100	60	40	33	67	-14	114
15	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	178	107	17	65	116	-25	203
27	129	78	15	43	88	-18	147
28	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0
31	130	78	52	43	78	-18	146
32	246	148	98	82	165	-35	281
33	0	0	0	0	0	0	0
34	498	282	186	155	313	-96	534
43	0	0	0	0	0	0	0
44	101	19	40	33	67	-14	115
45	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0
15	147	88	85	64	86	-12	161

Stadtteil	Substitution der Kohle			Substitution des Energieträgers Kohle			Gesamt: (Tonnen)
	Kohle t/a	bei Substitution durch Gas t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a	bei Substitution durch Fernw. t/a	Differenz (eingespartes CO2) t/a	bei Substitution durch Nahw. t/a	
52	139	83	55	46	93	-20	158
54	523	315	208	173	350	-74	597
56	229	138	91	76	153	-32	261
57	59	35	23	19	39	-8	67
58	561	337	223	186	375	-79	640
61	128	77	51	42	85	-18	146
62	66	40	26	22	44	-9	76
63	242	146	96	80	162	-34	276
68	131	79	52	44	88	-19	150
68	131	79	52	44	88	-19	150
71	364	219	145	121	244	-51	416
76	118	71	47	39	79	-17	134
77	8	5	3	3	6	-1	10
81	120	72	48	40	80	-17	137
82	144	86	57	48	96	-20	164
86	255	154	102	85	171	-36	291
87	174	105	69	58	116	-25	199
91	186	112	74	61	124	-26	212
95	0	0	0	0	0	0	0
96	511	307	203	169	341	-72	583
97	0	0	0	0	0	0	0
98	376	226	150	125	251	-53	429
Gesamt:	5851	3521	2330	1939	3912	-826	6677

MIN:	0,00	560,65	130,03	43,09	86,93	-18,36	0,00
MAX:	223,29	337,36	51,79	185,81	374,84	0,00	639,82
MIN:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-79,17	0,00
MAX:	223,29	337,36	51,79	185,81	374,84	0,00	639,82
MIN:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-79,17	0,00

- 65 -

- 65 -



Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle-Heizungen durch Fernwärme

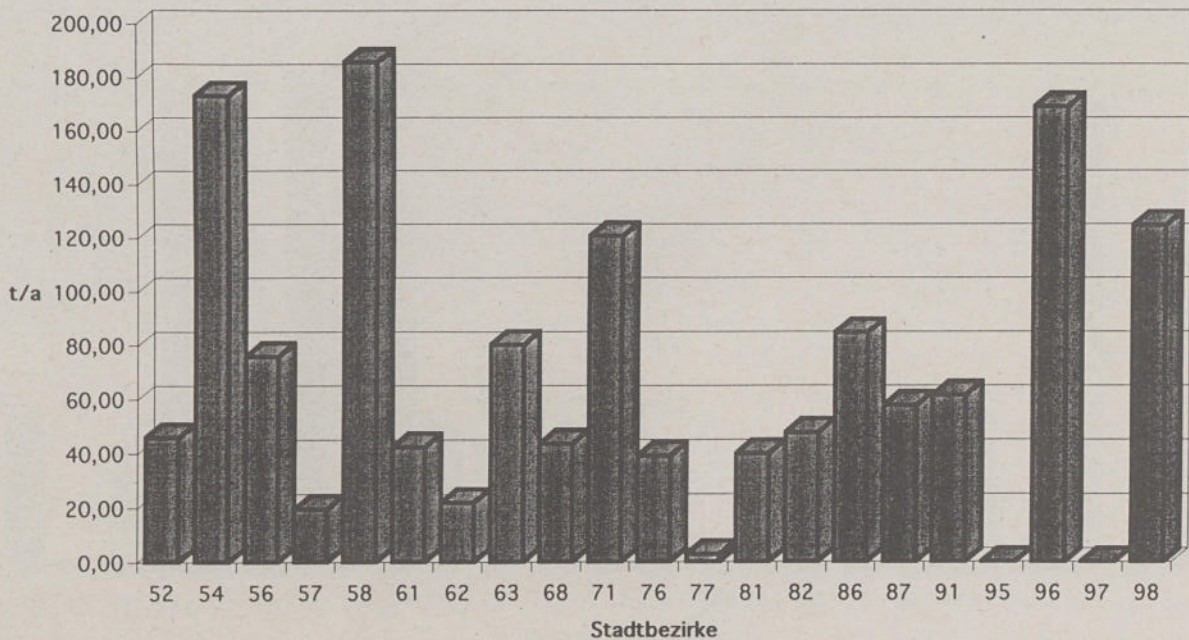
Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle-Heizungen durch Fernwärme

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

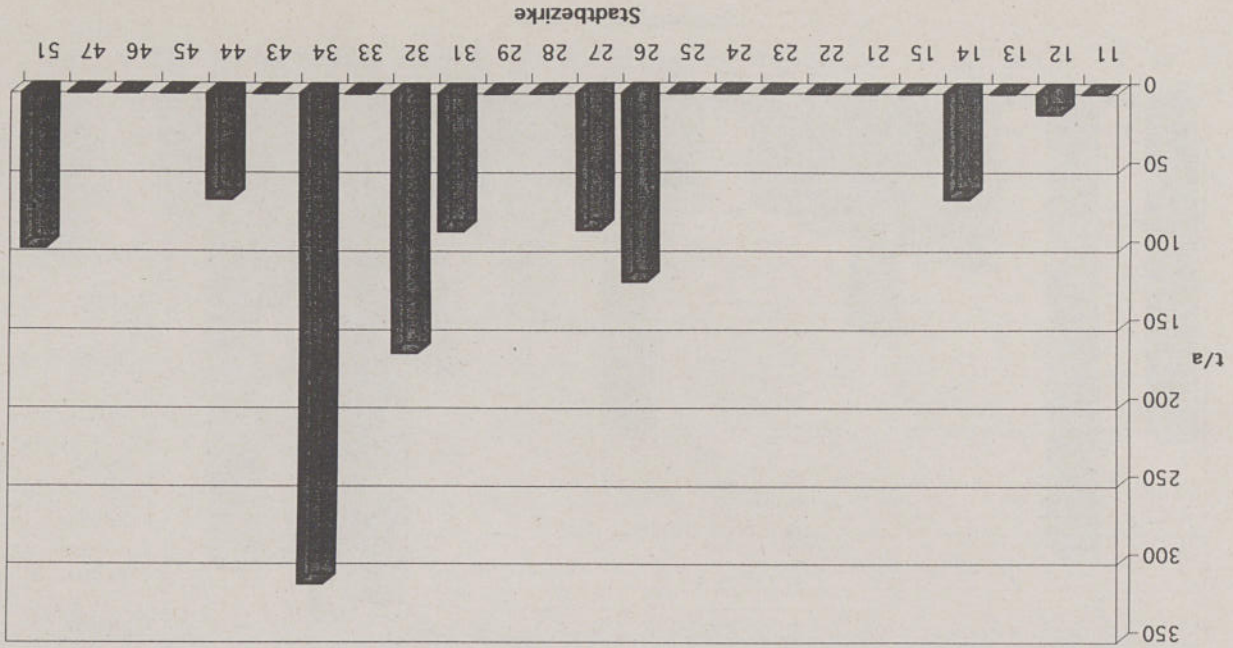
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle-Heizungen durch Fernwärme

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle-Heizungen durch Fernwärme



- 69 -



Differenz aus der Substitution von Kohle durch Fernwärme

Substitution des Energieträgers Kohle

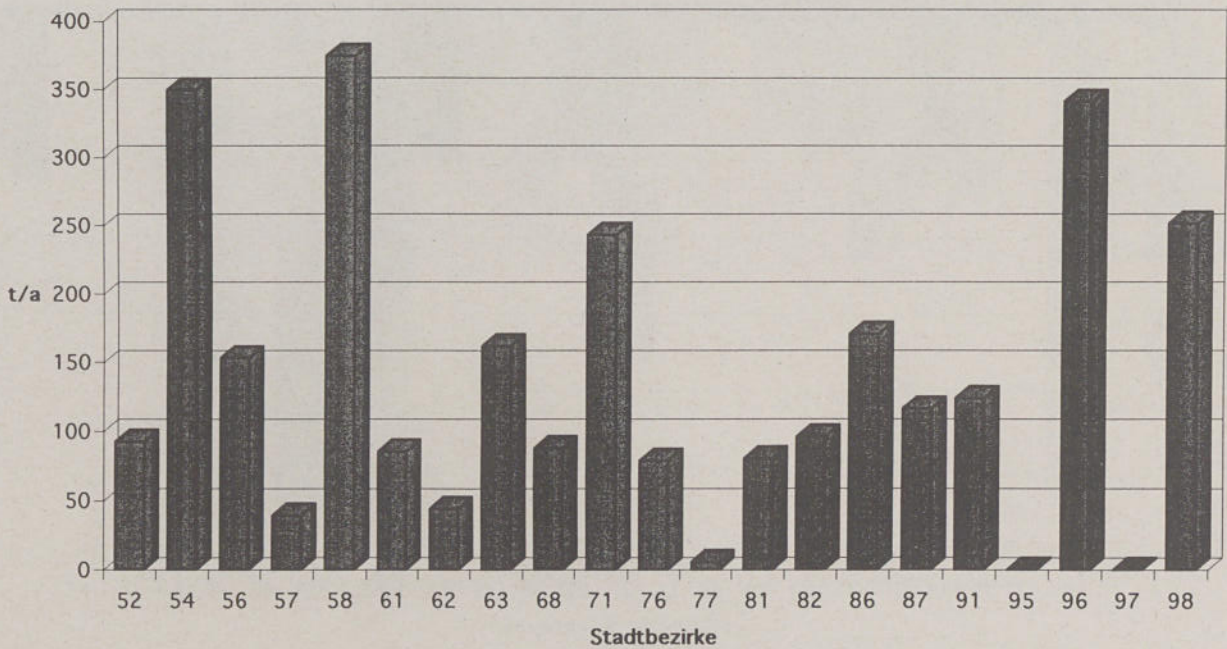
der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche

der Stadtteile in Münster (1991)

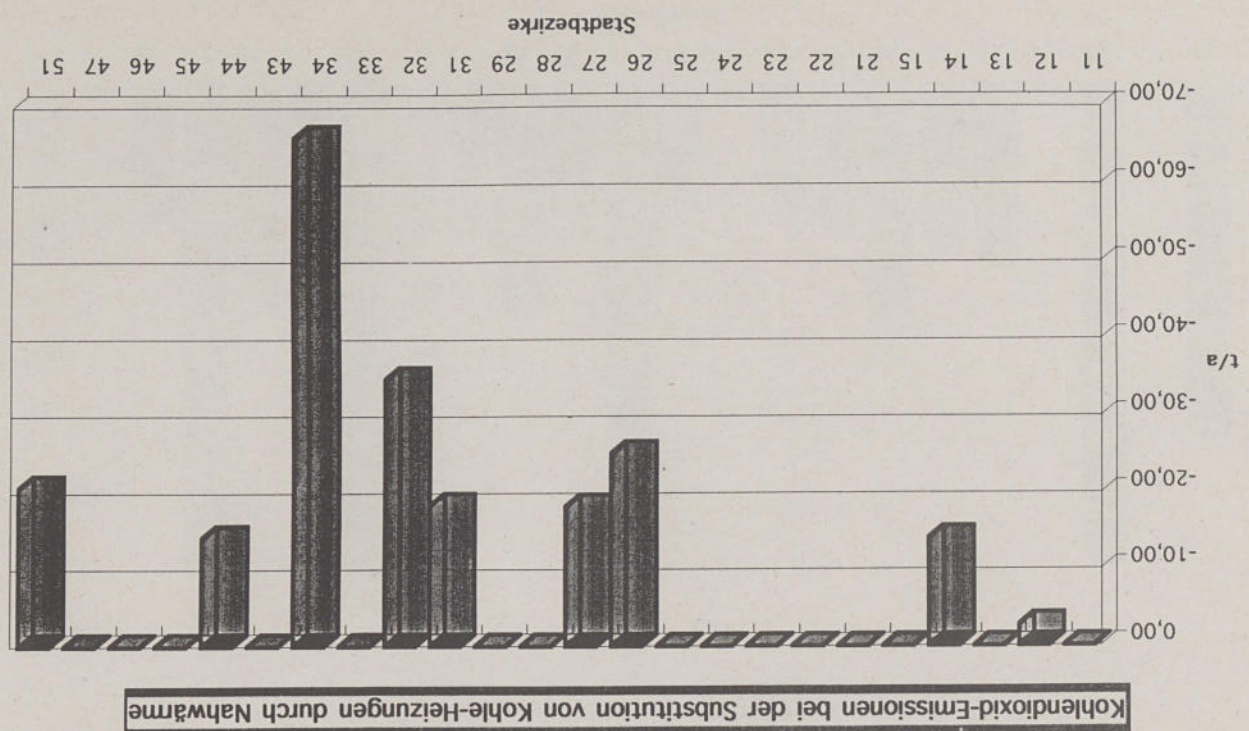
Substitution des Energieträgers Kohle

Differenz aus der Substitution von Kohle durch Fernwärme



- 70 -

~ 71 ~

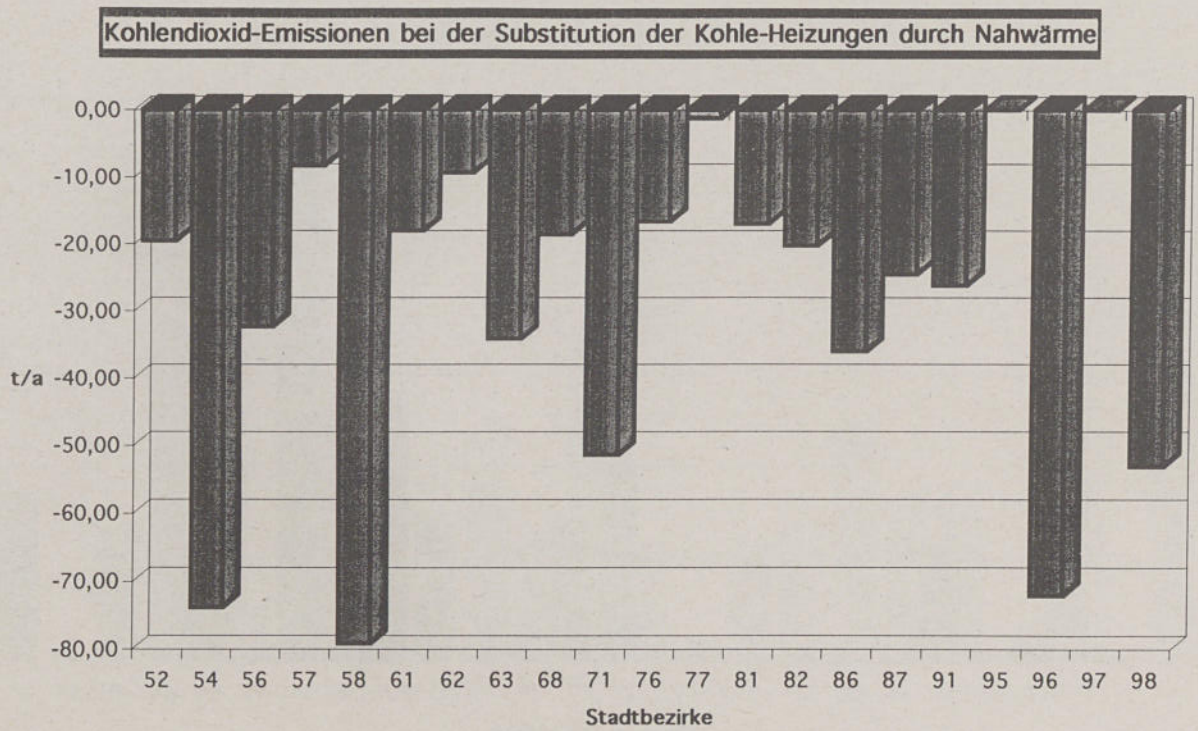


Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle-Heizungen durch Nahwärme

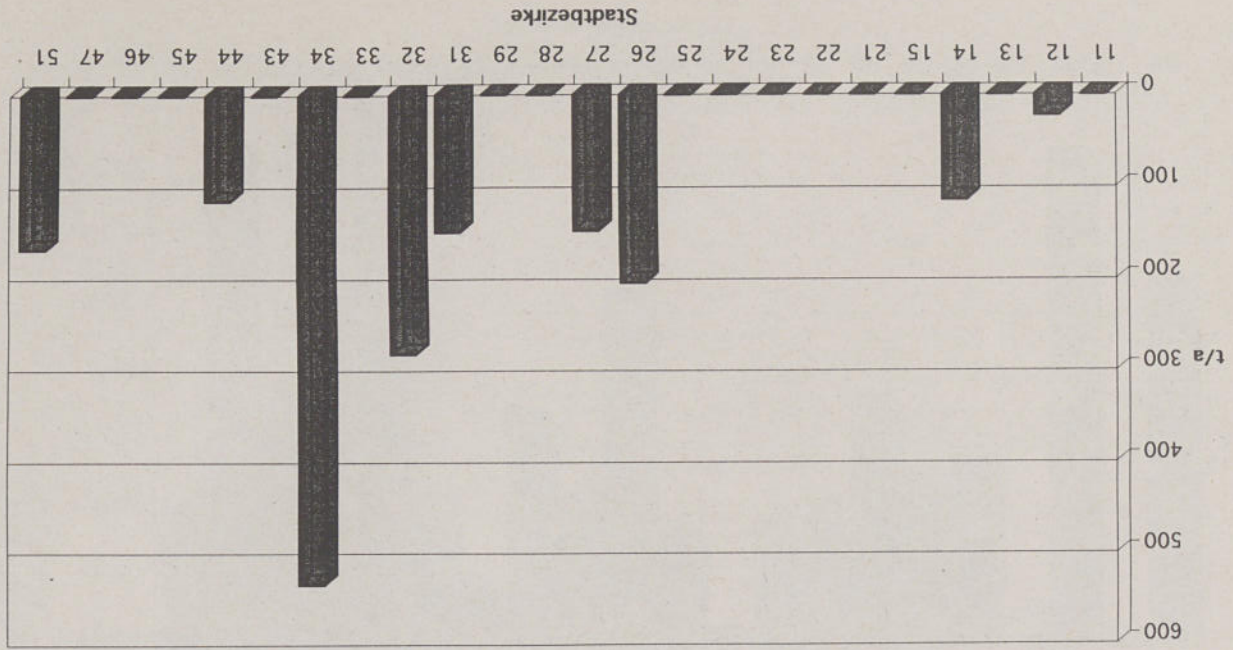
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle-Heizungen durch Nahwärme



~ 72 ~



Differenz aus der Substitution von Kohle durch Nahwärme

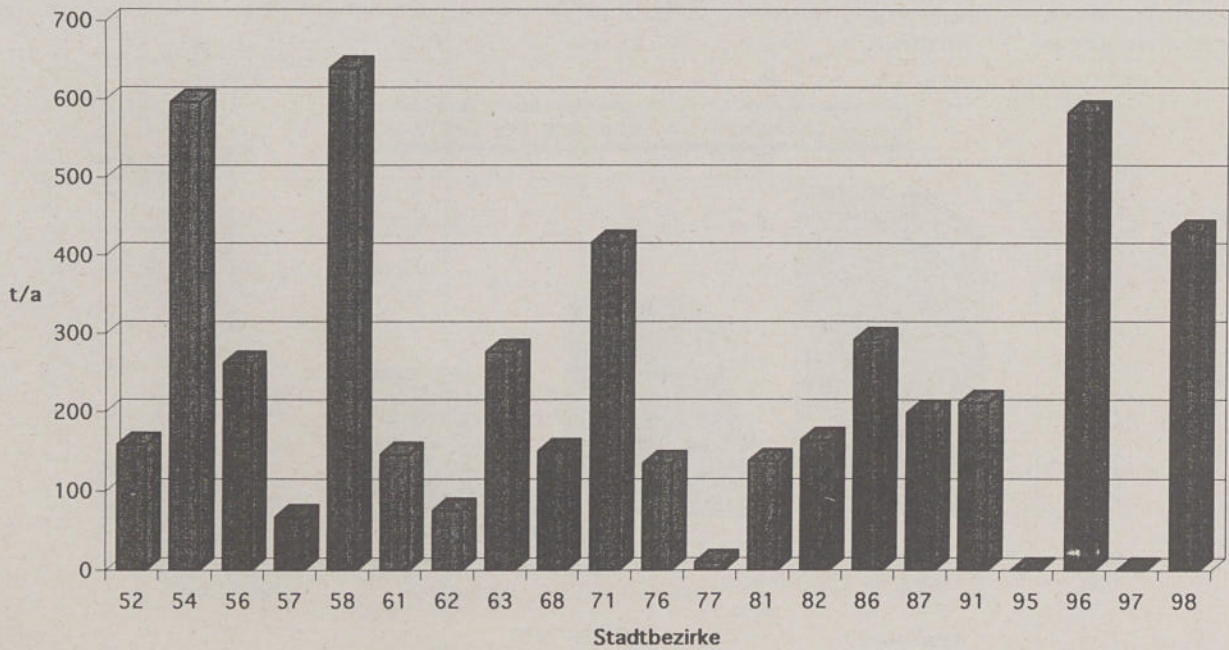
Substitution des Energieträgers Kohle

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Energieträgers Kohle

Differenz aus der Substitution von Kohle durch Nahwärme



Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Energieträgers Strom

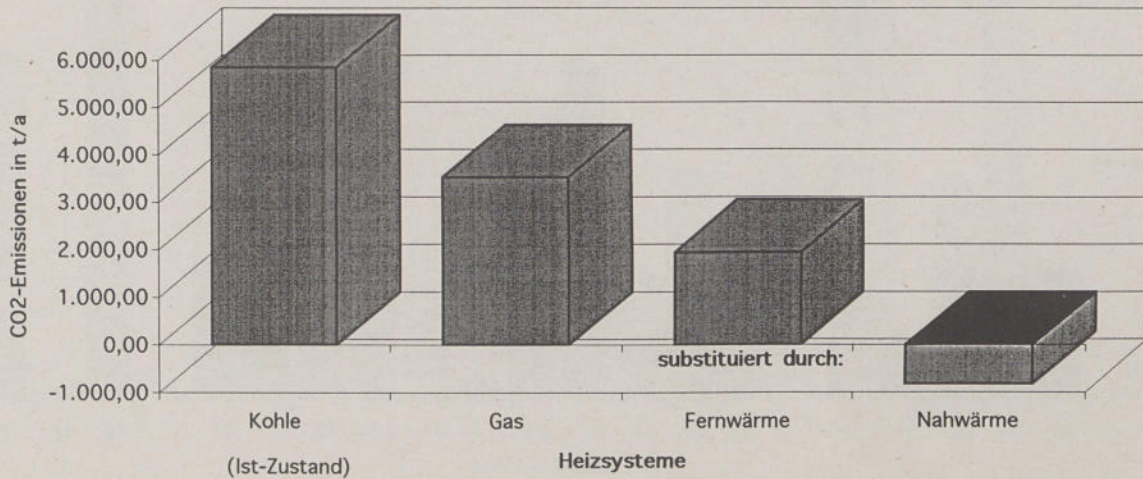
Stadtteil (nur für Wärme)	Substitution des Stroms		Substitution des Energieträgers Strom	
	Strom (nur für Wärme) t/a	Differenz bei Substitution durch Gas (eingespartes CO2) t/a	Differenz bei Substitution durch Fernw. (eingespartes CO2) t/a	Differenz bei Substitution durch Nahw. (eingespartes CO2) t/a
11	608	186	103	505
12	852	261	144	708
13	1325	406	224	1101
14	656	201	111	545
15	506	155	85	420
21	1243	381	210	1033
22	1882	577	318	1564
23	627	192	106	521
24	1457	447	246	1211
25	1398	429	236	1162
26	1183	363	200	984
27	2818	864	476	2342
28	839	257	142	698
29	1263	388	213	1050
31	1881	577	318	1564
32	2303	706	389	1914
33	1621	497	274	1348
34	1920	589	324	1596
43	1032	317	174	858
44	1691	519	286	1405
45	2447	751	413	2034
46	1804	553	305	1499
47	1615	495	273	1343
51	2489	763	420	2069

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Summe der Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution der Kohle durch Gas, Fern-, oder Nahwärme

Ohne Substitution:	Kohle	5.851,18 t/a	Summe der möglichen CO2-Einsparung	
Bei Substitution durch Gas:	Gas	3.520,83 t/a	durch Nahwärme:	6.677,43 t/a
Bei Substitution durch Fernwärme:	Fernwärme	1.939,15 t/a		
Bei Substitution durch Nahwärme:	Nahwärme	-826,25 t/a		

CO2-Emissionen von Kohle und bei Substitution



- 97 -

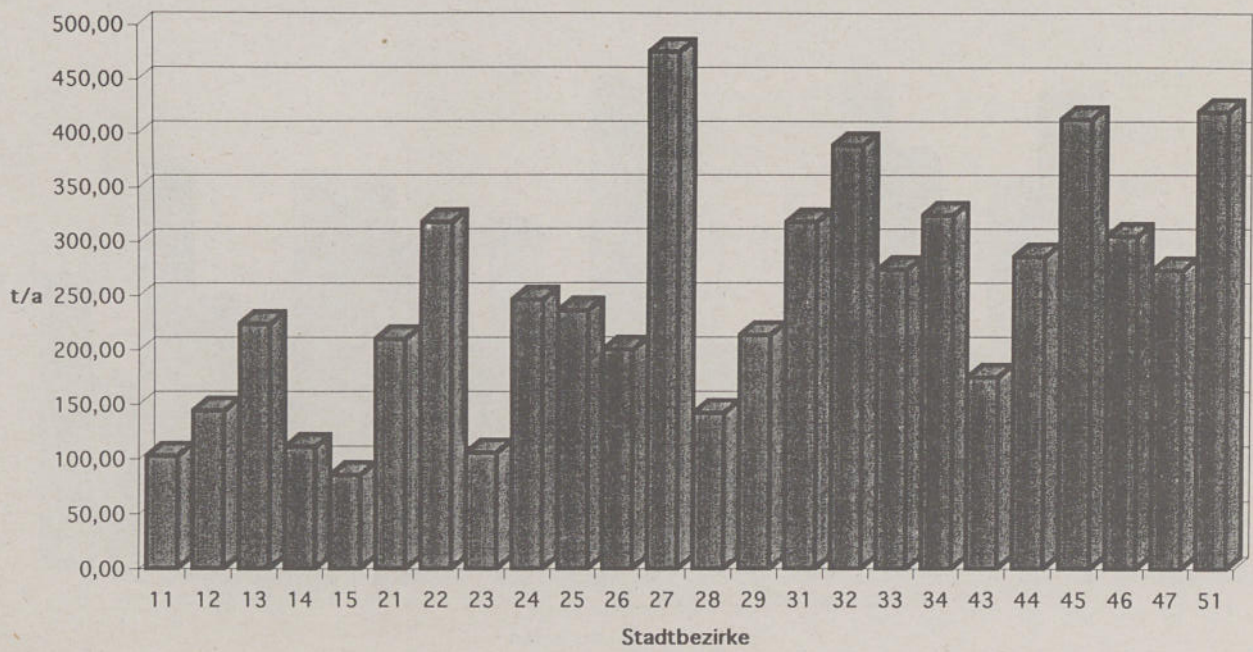
- 75 -

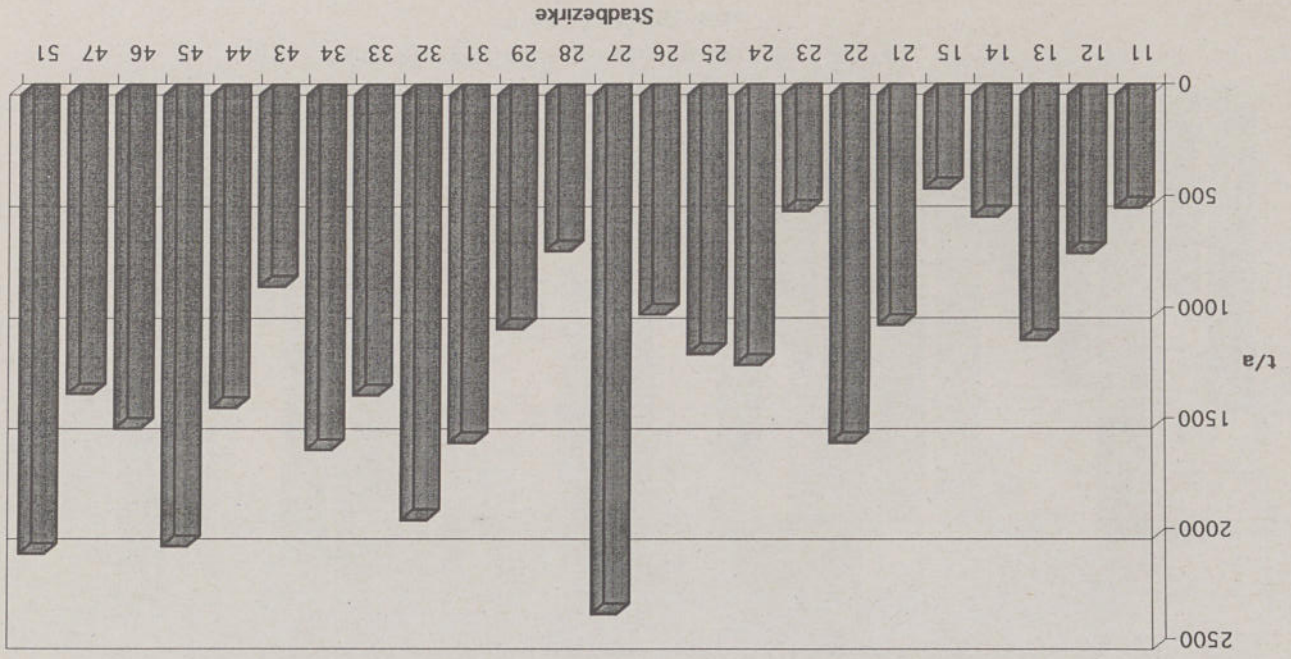
Stadtteil		Strom (nur für Wärme)		bei Substitution durch Gas		Differenz (eingespartes CO ₂)	
t/a		t/a		t/a		t/a	
52	5056	1551	3505	1551	3505	854	4202
54	4070	1248	2822	1248	2822	688	3383
56	2212	679	1534	679	1534	374	1839
57	4420	1356	3064	1356	3064	747	3673
58	5329	1634	3695	1634	3695	900	4429
61	1030	316	714	316	714	174	856
62	1798	551	1246	551	1246	304	1494
63	2348	720	1628	720	1628	397	1951
68	1307	401	906	401	906	221	1086
71	5194	1593	3601	1593	3601	877	4316
76	1669	512	1157	512	1157	282	1387
77	3638	1116	2522	1116	2522	615	3024
81	2442	749	1693	749	1693	412	2029
81	2618	-176	2618	-176	2618	-176	2618
82	3322	1019	2303	1019	2303	561	2761
86	4116	1262	2853	1262	2853	695	3421
87	4155	1274	2881	1274	2881	702	3453
91	1729	530	1199	530	1199	292	1437
95	2787	855	1932	855	1932	471	2316
96	4292	1316	2975	1316	2975	725	3567
97	1890	580	1310	580	1310	319	1571
98	3029	929	2100	929	2100	512	2518
Gesamt:	101293	31066	70227	31066	70227	17110	84183
Mittel:		Mittel:		Mittel:		Mittel:	
2.250,96	690,36	1.560,59	380,23	1.560,59	380,23	1.870,73	4.428,97
MAX:	5.329,17	1.634,44	3.694,72	1.634,44	3.694,72	4.428,97	4.428,97
MIN:	505,83	155,14	350,70	155,14	350,70	85,45	420,39
Mittel:		Mittel:		Mittel:		Mittel:	
2.412,97	724,01	1.560,59	380,23	1.560,59	380,23	1.870,73	4.428,97
MAX:	5.712,73	1.634,44	3.694,72	1.634,44	3.694,72	4.428,97	4.428,97
MIN:	542,24	155,14	350,70	155,14	350,70	85,45	420,39
Mittel:		Mittel:		Mittel:		Mittel:	
108584	-7290	84183	17110	84183	17110	84183	84183
Mittel:		Mittel:		Mittel:		Mittel:	
2.412,97	-162,01	1.560,59	380,23	1.560,59	380,23	1.870,73	4.428,97
MAX:	5.712,73	1.634,44	3.694,72	1.634,44	3.694,72	4.428,97	4.428,97
MIN:	542,24	155,14	350,70	155,14	350,70	85,45	420,39

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Fernwärme

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Fernwärme



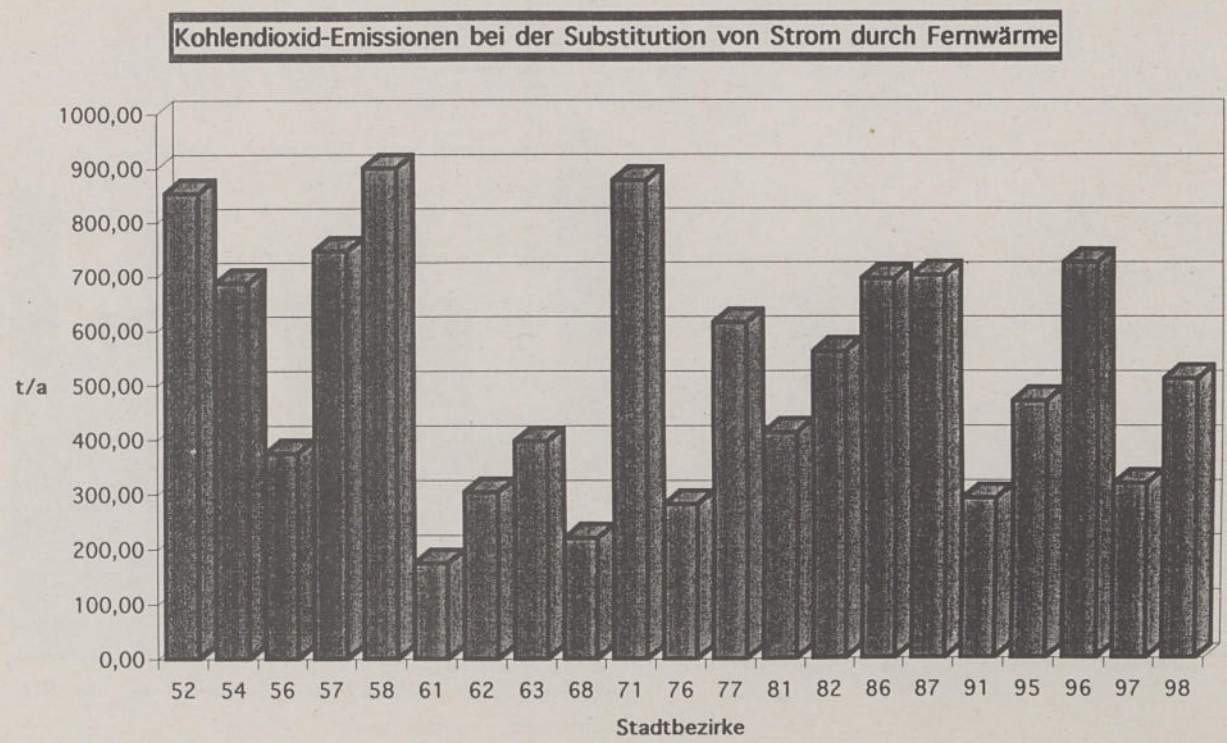


CO2-Differenz bei der Substitution von Strom durch Fernwärme

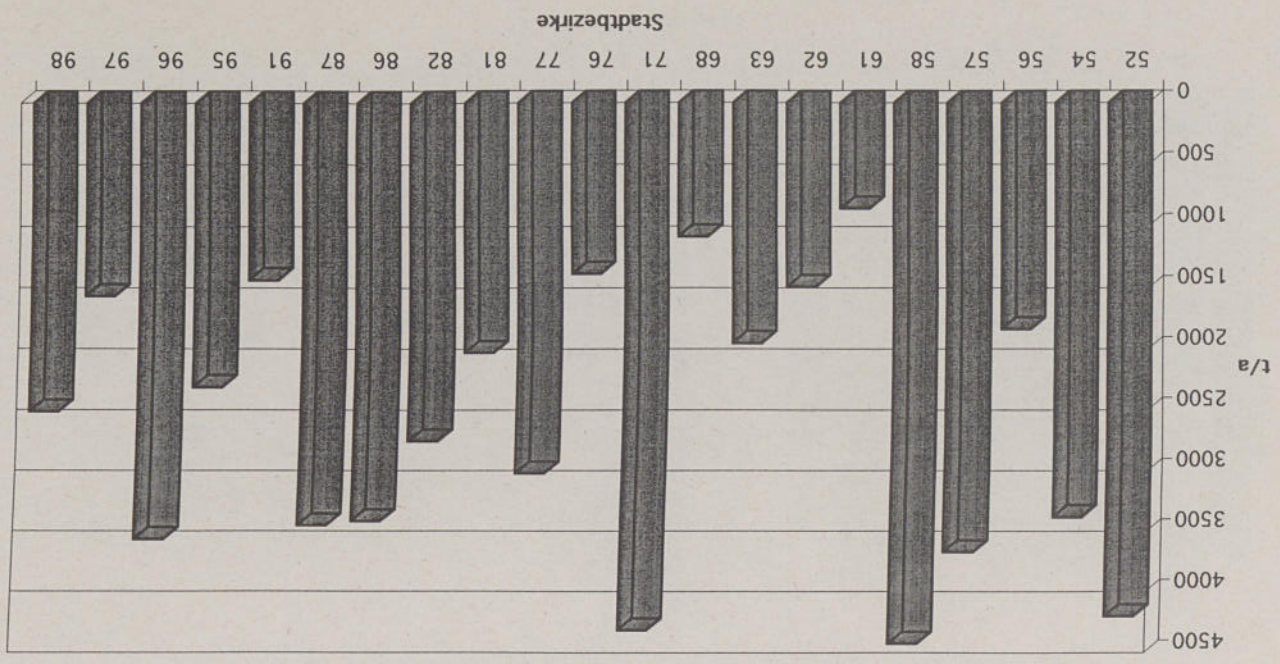
Substitution des Energieträgers Strom

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Fernwärme



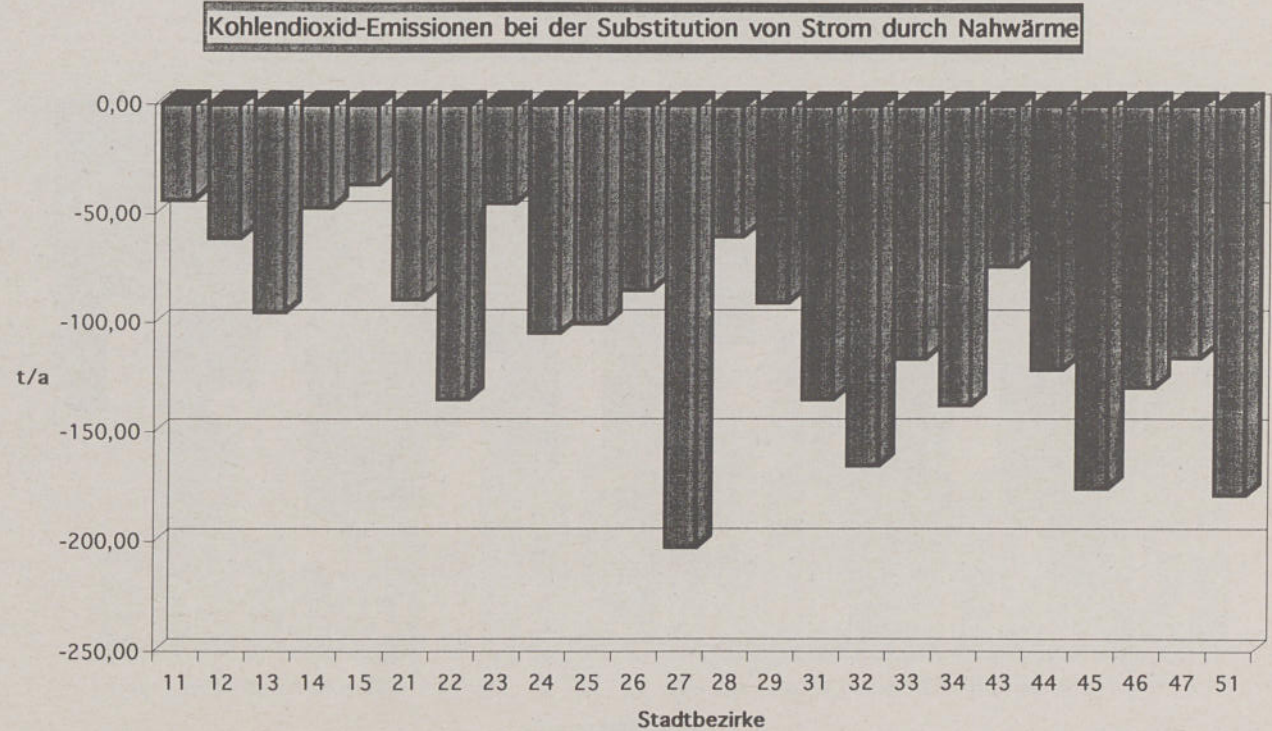
Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Fernwärme



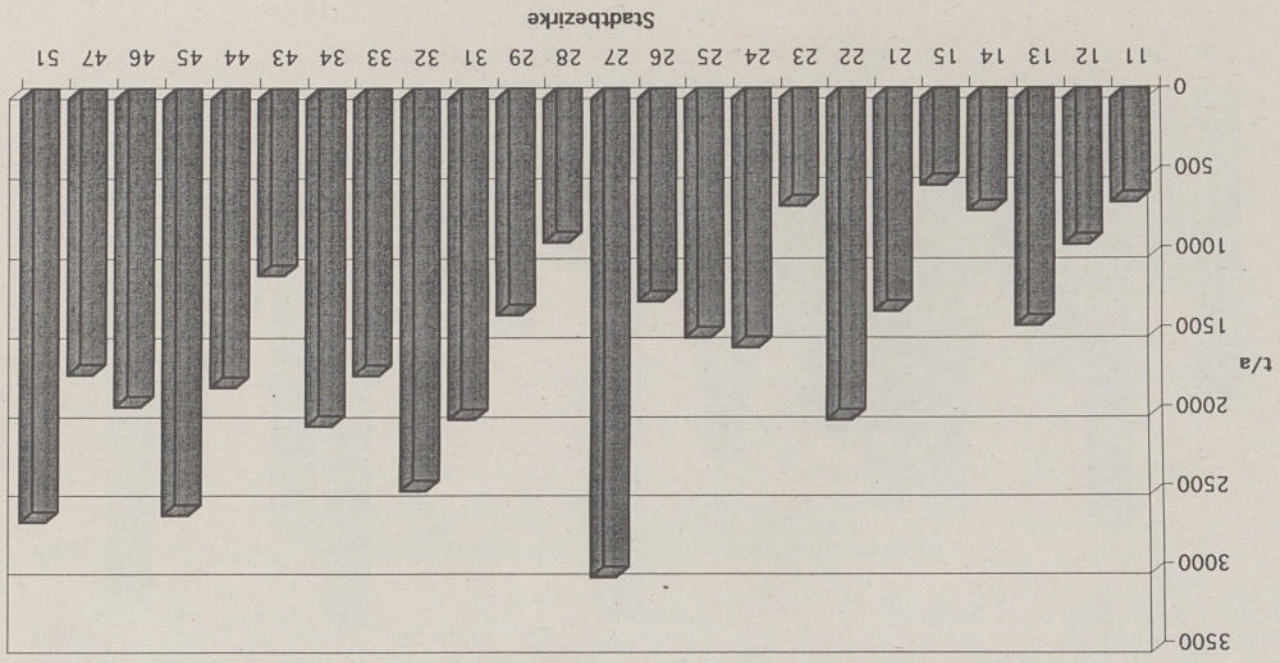
CO2-Differenz bei der Substitution von Strom durch Fernwärme

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)
 Substitution des Energieträgers Strom

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Nahwärme



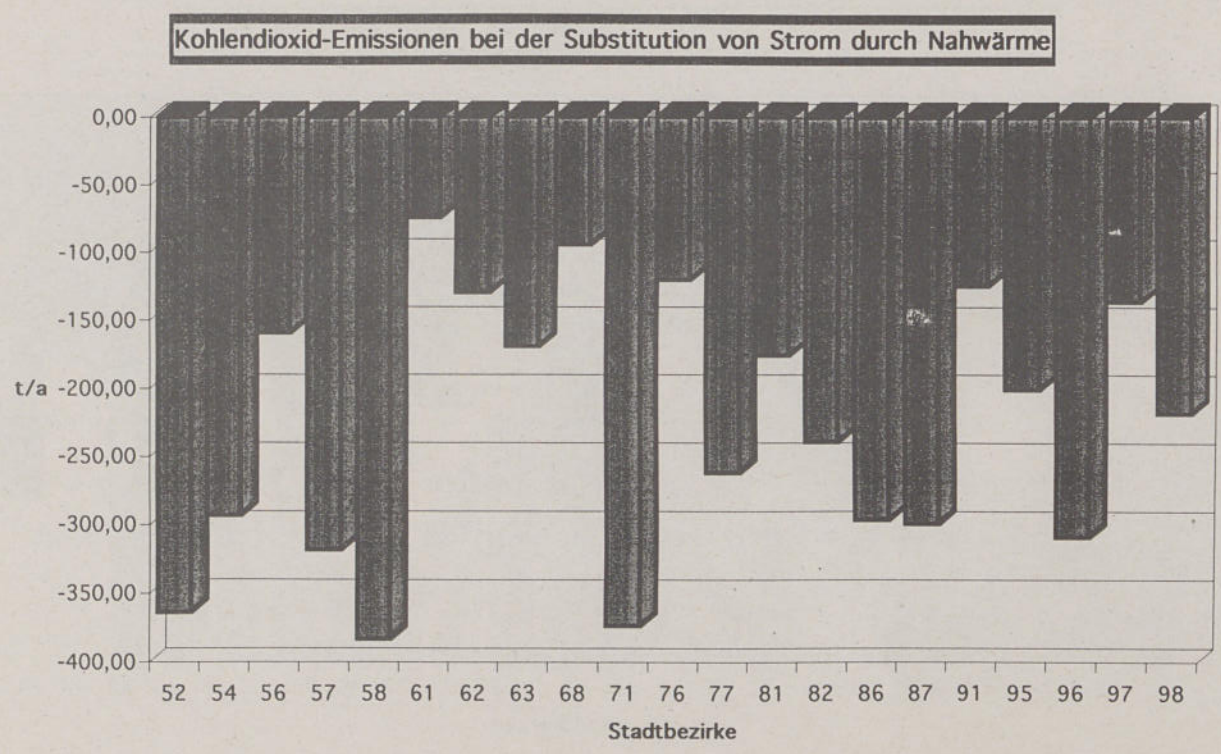
Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Nahwärme



CO2-Differenz bei der Substitution von Strom durch Nahwärme

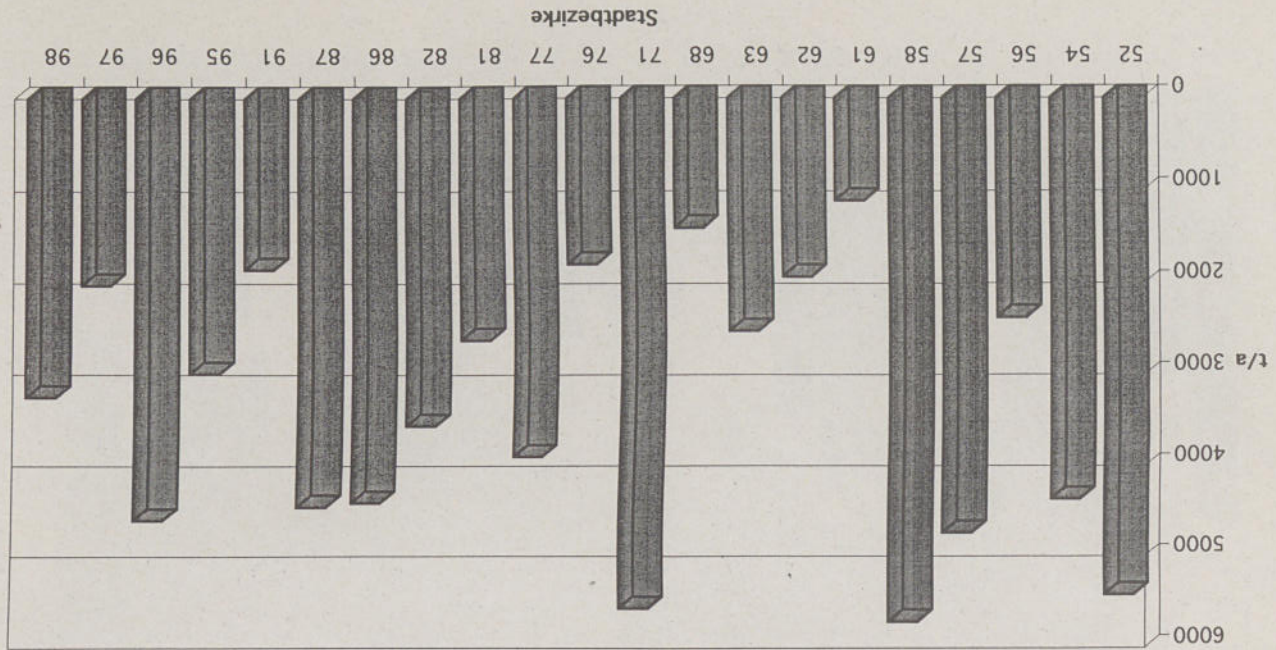
Substitution des Energieträgers Strom
 Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche
 der Stadtteile in Münster (1991)
 Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche
 der Stadtteile in Münster (1991)

Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Nahwärme



Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution von Strom durch Nahwärme

- 85 -



CO2-Differenz bei der Substitution von Strom durch Nahwärme

Substitution des Energieträgers Strom

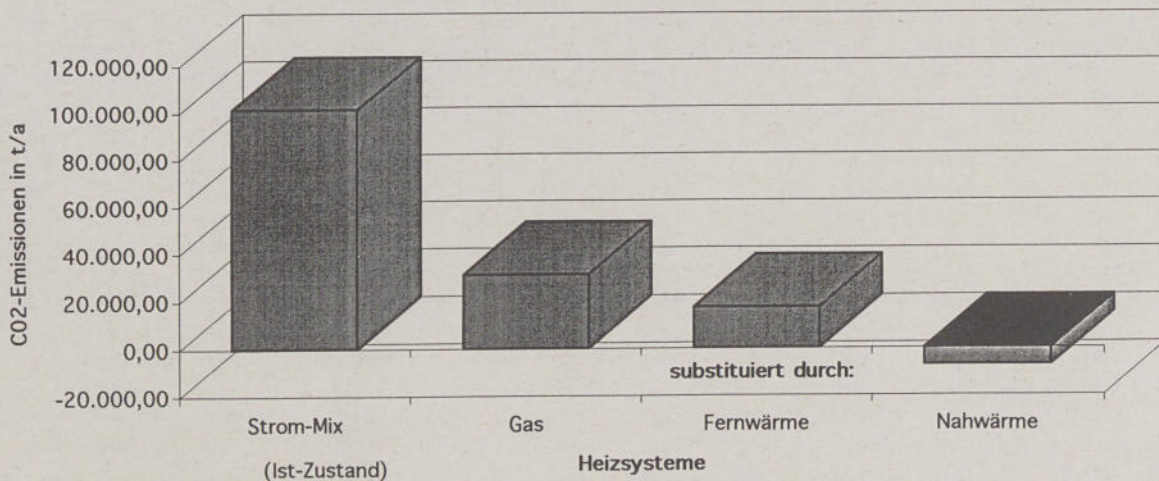
Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Summe der Kohlendioxid-Emissionen bei der Substitution des Stroms durch Gas, Fern-, oder Nahwärme

Ohne Substitution:	Strom-Mix	101.293,03 t/a	Summe der möglichen CO2-Einsparung
Bei Substitution durch Gas:	Gas	31.066,37 t/a	durch Nahwärme: 108.583,51 t/a
Bei Substitution durch Fernwärme:	Fernwärme	17.110,31 t/a	
Bei Substitution durch Nahwärme:	Nahwärme	-7.290,48 t/a	

CO2-Emissionen von Strom-Mix und bei Substitution



- 86 -

Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch Solarenergie

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche
der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch thermische Solarenergie-Nutzung

Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch thermische Solarenergie-Nutzung

Stadtteil	Personenzahl (1987)	Wohnungen bewohnt	angenommene Install.rate in %	benötigte Absorberfläche m ²	benötigte Absorberfläche m ² pro Wohnung	solare Nutz-energie (MWh/a)	Energiebedarf f. WW (MWh/a)	eingesparte Nutzendenergie %	eingesparte CO ₂ -Emissionen t/a
11	1526	714	10	229	3	69	1145	0,49	16
12	1650	735	10	248	3	74	1238	0,49	18
13	2504	969	10	376	4	113	1878	0,32	27
14	2274	1046	10	341	3	102	1706	0,56	25
15	1411	687	10	212	3	63	1058	0,54	14
21	4727	2061	10	709	3	213	3545	0,62	53
22	8460	4585	10	1269	3	381	6345	0,58	16
23	1244	557	10	187	3	56	936	0,40	31
24	7296	3822	10	1094	3	328	5472	0,68	77
25	6374	3460	10	956	3	287	4781	0,59	68
26	4320	2278	10	498	3	164	3240	0,45	49
27	13605	7042	10	2041	3	612	10204	0,55	149
28	3669	1753	10	550	3	165	2752	0,69	43
29	1674	1001	10	296	3	88	1481	0,37	23
31	854	259	10	294	3	76	1361	0,61	12
32	1968	4267	10	402	3	121	6721	0,67	262
33	7506	3780	10	3378	3	1013	5630	0,60	247
34	1617	2938	10	3222	4	667	5371	0,42	246
43	1143	543	20	343	3	103	857	0,92	28
44	5419	2464	20	1926	3	488	4064	1,44	123
45	10404	5196	20	1212	3	936	7803	0,69	131
46	7394	3163	20	2218	4	665	5546	1,02	156
47	7346	3257	20	2204	3	661	5510	1,00	163
51	1011	3647	10	5265	5	1581	8776	2,07	404

Stadtteil	Personenzahl (1987)	Wohnungen bewohnt	angenommene Install.rate in %	benötigte Absorberfläche m ²	benötigte Absorberfläche m ²	solare Nutz-energie (MWh/a)	Energiebedarf f. WW (MWh/a)	eingesparte Nutzendenergie %	eingesparte CO ₂ -Emissionen t/a
52	6030	2326	30	2714	4	814	4523	1,51	219
54	7650	2553	30	3443	4	1033	5738	1,35	299
56	4612	1491	30	2075	5	623	3459	1,80	187
57	8244	3098	30	3710	4	1113	6183	1,59	340
58	7081	2343	30	3186	5	956	5311	1,76	331
61	7968	3022	30	3586	4	1076	5976	1,91	168
62	4712	1972	30	2120	4	636	3534	1,15	164
63	10473	3771	30	4713	4	1414	7855	3,70	386
68	2690	858	30	1211	5	363	2018	1,59	117
71	10017	4124	30	4508	4	1352	7513	1,29	361
76	3215	1002	30	1447	5	434	2411	1,77	141
77	6807	2263	30	3063	5	919	5105	2,12	299
81	3855	1530	30	1735	4	520	2891	1,31	154
82	4905	1988	30	2207	4	662	3679	1,25	201
86	7190	2776	30	3236	4	971	5393	1,63	269
87	7777	2689	30	3500	4	1050	5833	1,75	326
91	6066	2324	30	2730	4	819	4550	2,89	242
95	6595	2300	30	2968	4	890	4946	1,58	245
96	8431	3388	30	3794	4	1138	6323	1,49	325
97	5237	1887	30	2357	4	707	3928	1,57	184
98	5095	1427	30	2293	5	688	3821	2,03	234

Daten aus: "Energie Volkszählung 1987, Beiträge zur Statistik"

Mittel:	MAX:	MIN:	Mittel:	MAX:	MIN:	Mittel:	MAX:	MIN:	Mittel:	MAX:	MIN:
2714	3443	2714	814	1033	814	4523	5738	4523	1,51	219	1,51
3710	2075	3710	1113	623	1113	6183	3459	6183	1,59	340	1,59
3186	3186	3186	956	956	956	5311	5976	5311	1,76	331	1,76
3586	3586	3586	1076	1076	1076	5976	5976	5976	1,91	168	1,91
2120	2120	2120	636	636	636	3534	3534	3534	1,15	164	1,15
4713	4713	4713	1414	1414	1414	7855	7855	7855	3,70	386	3,70
1211	1211	1211	363	363	363	2018	2018	2018	1,59	117	1,59
4508	4508	4508	1352	1352	1352	7513	7513	7513	1,29	361	1,29
1447	1447	1447	434	434	434	2411	2411	2411	1,77	141	1,77
3063	3063	3063	919	919	919	5105	5105	5105	2,12	299	2,12
1735	1735	1735	520	520	520	2891	2891	2891	1,31	154	1,31
2207	2207	2207	662	662	662	3679	3679	3679	1,25	201	1,25
3236	3236	3236	971	971	971	5393	5393	5393	1,63	269	1,63
3500	3500	3500	1050	1050	1050	5833	5833	5833	1,75	326	1,75
2730	2730	2730	819	819	819	4550	4550	4550	2,89	242	2,89
2968	2968	2968	890	890	890	4946	4946	4946	1,58	245	1,58
3794	3794	3794	1138	1138	1138	6323	6323	6323	1,49	325	1,49
2357	2357	2357	707	707	707	3928	3928	3928	1,57	184	1,57
2293	2293	2293	688	688	688	3821	3821	3821	2,03	234	2,03

Mittel: 176,88
MAX: 403,62
MIN: 13,36

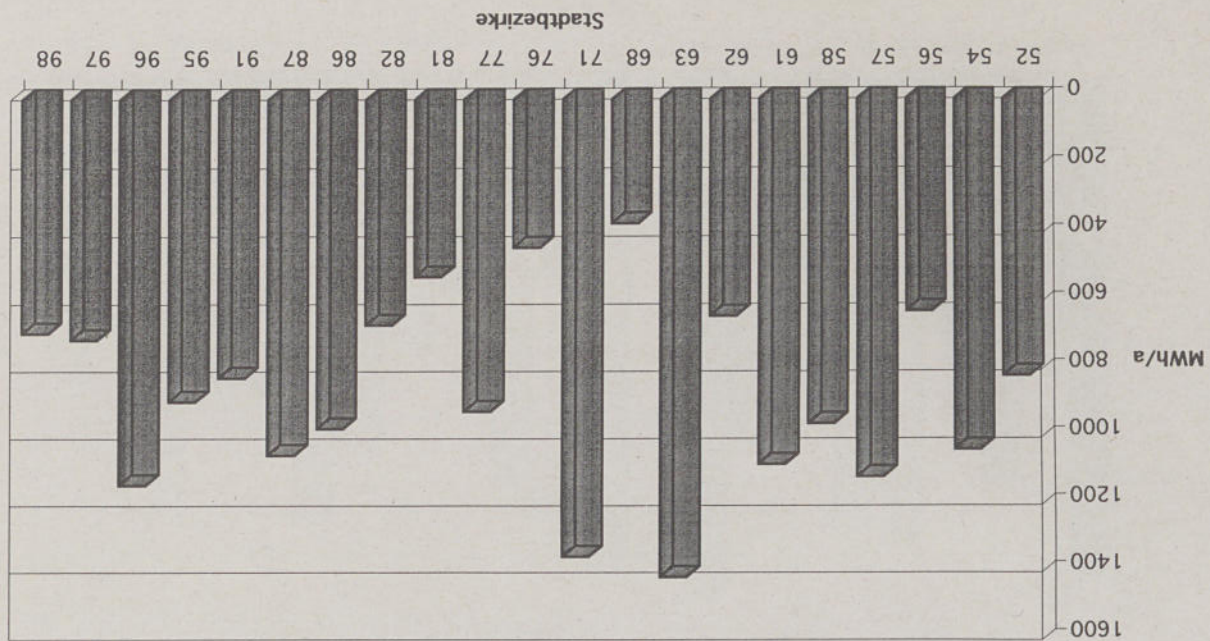
Mittel: 1,30
MAX: 3,70
MIN: 0,32

Mittel: 4,476,22
MAX: 10,203,75
MIN: 857,25

Mittel: 651,95
MAX: 1,579,64
MIN: 55,98

Mittel: 3,69
MAX: 5,36
MIN: 2,76

Mittel: 2,173,15
MAX: 5,265,45
MIN: 186,60

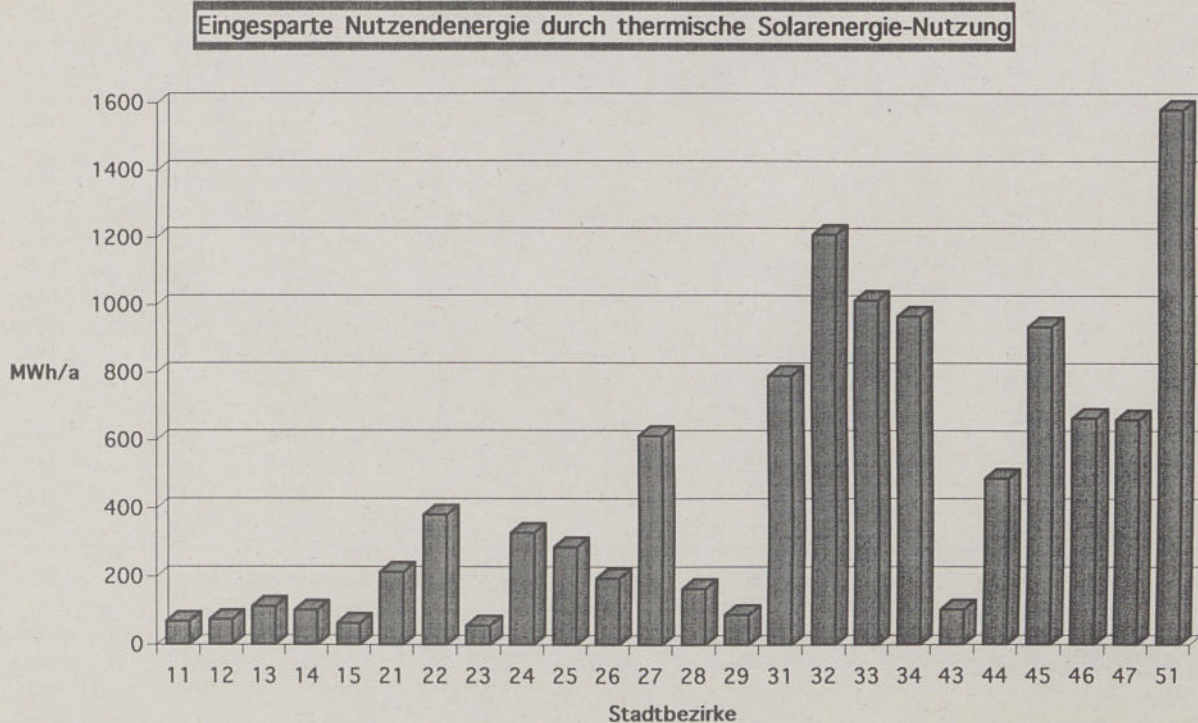


Eingesparte Nutzendenergie durch thermische Solarenergie-Nutzung

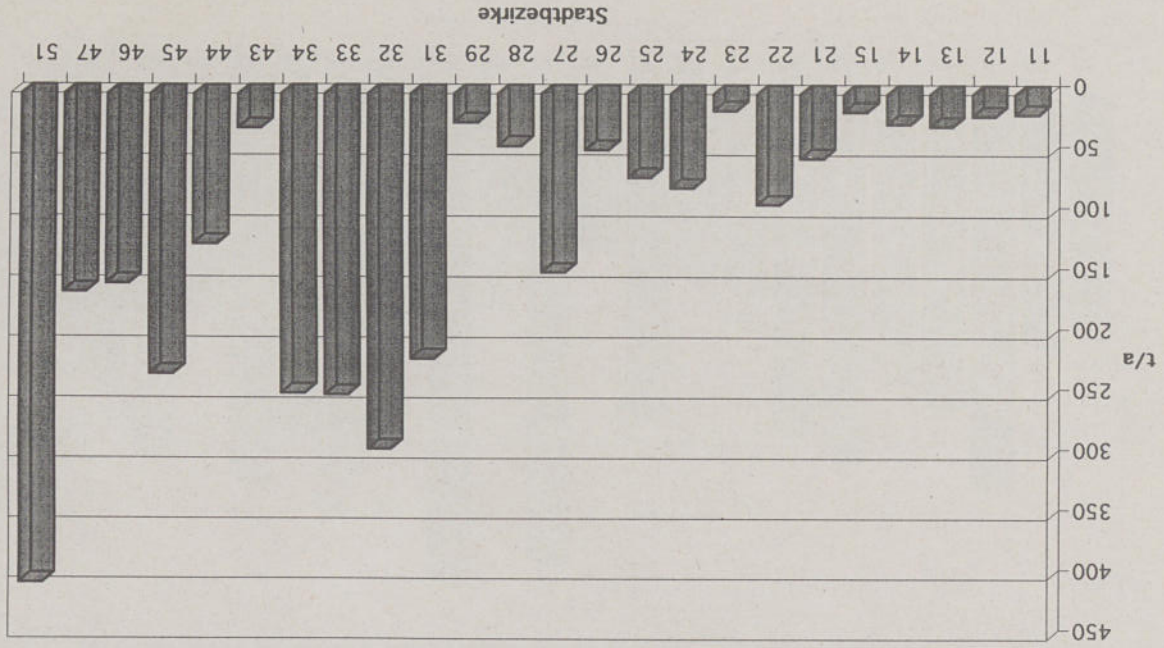
Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch Solarenergie
 Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche
 der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche
 der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch Solarenergie



Eingesparte Nutzendenergie durch thermische Solarenergie-Nutzung



Reduzierung der CO2-Emissionen durch thermische Solarenergie-Nutzung

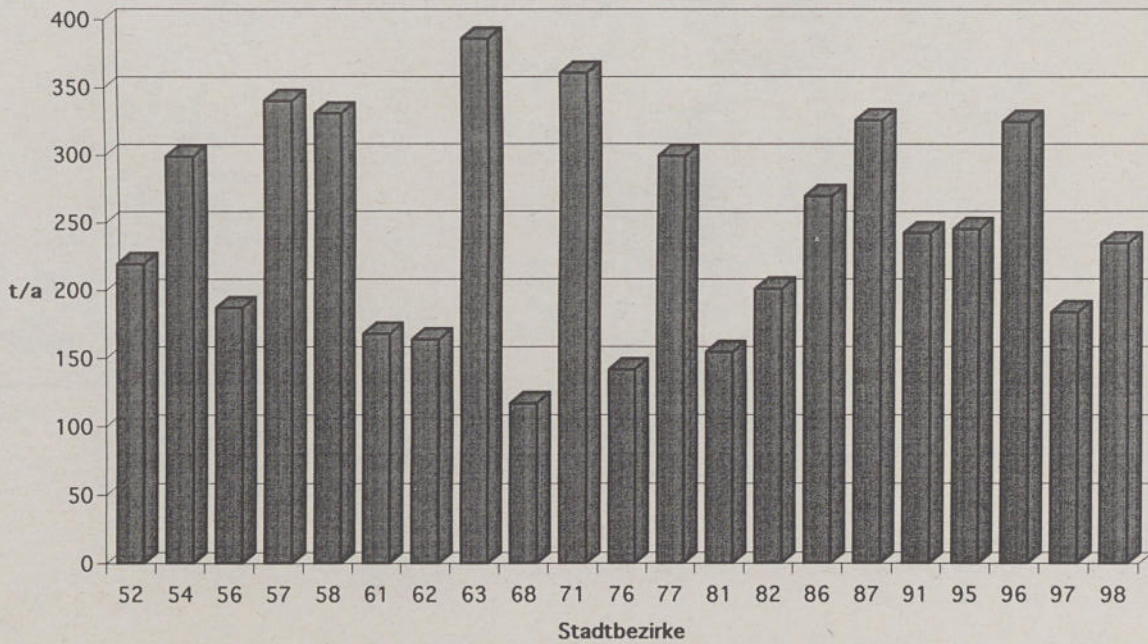
Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch Solarenergie

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster (1991)

Substitution des Brauchwasserverbrauchs durch Solarenergie

Reduzierung der CO2-Emissionen durch thermische Solarenergie-Nutzung

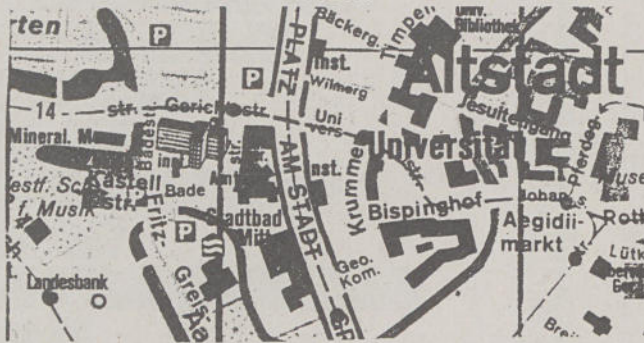


5.2 Vorschläge für Standorte, die für den Aufbau von Nahwärmeinseln geeignet sind.

In den folgend aufgeführten Stadtteilen ist der Aufbau von Nahwärmeinseln durch Vorstudien über die Wirtschaftlichkeit der Nahwärme zu überprüfen:

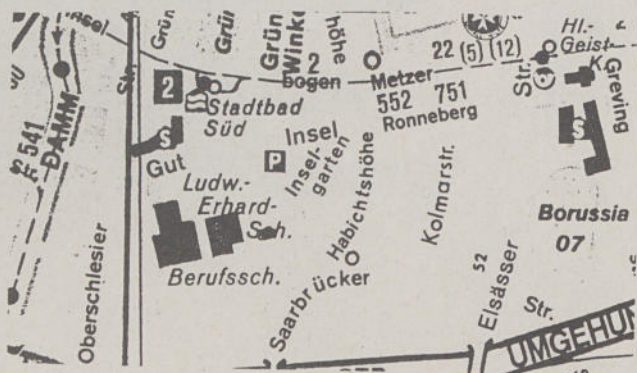
- Stadtteil 29, Innenstadtring, Schloß (Falkplan: Feld G 11)

Anbindung an das Fernwärmenetz der Universität.
Anbindung des Amtsgerichtes, des Stadtbades-Mitte, des Landgerichtes, des Zoologischen-Institutes, der umliegenden Wohngebäude.
Das Gebie ist heute mit Gas erschlossen.



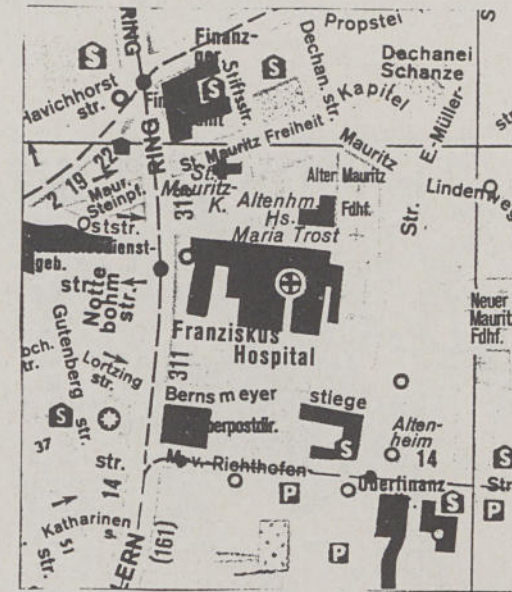
- Stadtteil 32, Mitte-Süd, Geist (Falkplan: Feld G 8)

Aufbau einer Nahwärmeinsel.
Anbindung des Stadtbades Süd, der Ludwig Erhard Berufsschule, der umliegenden Wohngebäude.



- Stadtteil 44, Mitte-Nordost, Herz-Jesu (Falkplan: Feld K 11)

Aufbau einer Nahwärmeinsel.



• **Stadtteil 63, Nord-Kinderhaus-West** (Falkplan: Feld F 15)

Aufbau einer Nahwärmeinsel

Anbindung des Hallenbades Kinderhaus, des Bürgerhauses, des evangelischen Gemeindezentrums, des Hauptzentrums Kinderhaus, des Schulzentrums, der umliegenden Wohngebäude.

Der Bezirk hat eine hohe Gas-Anschlußdichte. Die Versorgung mit Öl ist relativ hoch.



• **Stadtteil 96, Hilstrup-Mitte** (Falkplan: Feld J 4-5)

Aufbau einer Nahwärmeinsel. Ein Blockheizkraftwerk ist bereits vorhanden.

Anbindung der Stadthalle Hilstrup, des Schwimmbades, der Schulzentren, der Polizei Führungs-Akademie, der umliegenden Wohngebäude.



5,3 Beschreibung der Rechenschritte zur Datenauswertung für den Energiebeirat Münster.

Endwärmeenergieverbrauch der Haushalte

- Endwärmeenergieverbrauch pro Quadratmeter (1)

$$= \frac{\text{Gesamt Endwärmeenergieverbrauch} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right] \cdot 1000}{\text{Personenzahl} \cdot \text{Wohnfläche pro Person}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \right]$$

- Endwärmeenergieverbrauch pro Person (2)

$$= \frac{\text{Gesamt Endwärmeenergieverbrauch} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]}{\text{Personenzahl}} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{Person} \cdot \text{a}} \right]$$

Primärwärmeenergieverbrauch der Haushalte

- Primärwärmeenergieverbrauch pro Quadratmeter (3)

$$= \frac{\text{Gesamt Primärwärmeenergieverbrauch} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right] \cdot 1000}{\text{Personenzahl} \cdot \text{Wohnfläche pro Person}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \right]$$

- Primärwärmeenergieverbrauch pro Person (4)

$$= \frac{\text{Gesamt Primärwärmeenergieverbrauch} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]}{\text{Personenzahl}} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{Person} \cdot \text{a}} \right]$$

Berechnungen der Kohlendioxid-Emissionen der Haushalte für Wärmezwecke

- Kohlendioxid-Emissionen pro Person (5)

$$= \frac{\text{Gesamt CO}_2\text{-Emissionen} \cdot 1000}{\text{Personenzahl}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{Person} \cdot \text{a}} \right]$$

- Kohlendioxid-Emissionen pro Wohnung (6)

$$= \frac{\text{Gesamt CO}_2\text{-Emissionen} \cdot 1000}{\text{Personenzahl} \cdot \text{Wohnfläche pro Person}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \right]$$

Berechnungen zur solaren Brauchwasserbereitstellung

- benötigte Absorberfläche zur Bereitstellung der solaren Brauchwassererwärmung (7)

$$= 1,5 \frac{\text{m}^2}{\text{Person}} \cdot \frac{\text{Person}}{\text{pro Bezirk}} \cdot \text{Aufstellwahrscheinlichkeit } w \left[\frac{\text{m}^2}{\text{Bezirk}} \right]$$

- benötigte Absorberfläche in m² pro Wohnung (8)

$$= \frac{\text{Personenzahl} \cdot 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{Aufstellungswahrscheinlichkeit } w}{\text{bewohnte Wohnungen}}$$

- Der durch Solarenergie pro Bezirk gerechnete Energiebedarf für Warmwasser (solare Nutzenergie = eingesparte Nutzenergie) (9)

$$= 750 \frac{\text{kWh}}{\text{Person} \cdot \text{a}} \cdot \frac{\text{Personen}}{\text{pro Bezirk}} \cdot \frac{f \cdot w}{1000} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

Solare Deckungsrate $f = 0,6$ (Mittelwert für gute Anlagen) und

- Energiebedarf für Warmwasser je Bezirk (10)

$$= 750 \frac{\text{kWh}}{\text{Person} \cdot \text{a}} \cdot \frac{\text{Personen}}{\text{pro Bezirk}} \cdot \frac{1}{1000} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

Berechnung der eingesparten CO₂-Emissionen durch thermische Solarenergie-Nutzung

- Der prozentuale Anteil der solaren Nutzenergie an der Gesamt-Nutzenergie (11)

$$= \frac{\text{solare Nutzenergie} \cdot 100}{\text{Gesamt - Nutzenergie}} [\%]$$

- Durch solare Nutzenergie gesparte CO₂-Emissionen (12)

$$= \frac{\text{prozentualer Anteil der solaren Nutzenergie} \cdot \text{Gesamt - CO}_2\text{-Emissionen}}{100} \left[\frac{\text{t}}{\text{a}} \right]$$

Bestimmung der Umrechnungsfaktoren für den Primärenergieeinsatz

Wirkungsgradbestimmung für Umrechnung in Primärenergie aus el. Strom

1) Seite 76, Tabelle 9

System	η el - netto	% am Strom	Umrechnungsfakt.
Kohle-Schmelz	0,37	10	3,7
Kohle-Trocken	0,37	20	7,4
Roh-Braunkohle	0,36	20	7,2
Erdgas	0,4	5	2,0
Heizöl schwer	0,39	5	1,95
Heizöl leicht	0,39	0	0
Wasserkraft	-	5	5
Atomkraft	0,34	35	11,9
Summe:			39,15

Mittlerer Wirkungsgrad: $39,15 \% = 0,3915$

Netzverluste von 5% mindern den Wirkungsgrad auf:

$$x = 0,95 \times 39,15 \% = 37,2 \%$$

Der im Verbundsystem der Bundesrepublik erzeugte el. Strom geht mit einem gemitteltem Wirkungsgrad von 37,2 % in die Rechnung ein.

Umrechnungsfaktor: Primärenergie = Endenergie mal 2,6882

Wirkungsgradbestimmung für Umrechnung in Primärenergie aus Gas

2) GEMIS, Seite 138

Wirkungsgrade für

Gas-Zentralheizung	83 %
Gas-Niedertemperaturkessel	85 %

Wir nehmen einen mittleren Wirkungsgrad von 84 % an.

Umrechnungsfaktor: Primärenergie = Endenergie mal 1,190

Wirkungsgradbestimmung für Umrechnung in Primärenergie aus Öl

2) GEMIS, Seite 138

Wirkungsgrad: 79,5 %

Umrechnungsfaktor: Primärenergie = Endenergie mal 1,2579

Wirkungsgradbestimmung für Umrechnung in Primärenergie aus Kohle

2) GEMIS, Seite 138

Wirkungsgrad: 67,5%

Umrechnungsfaktor: Primärenergie = Endenergie mal 1,48

Wirkungsgradbestimmung für Umrechnung in Primärenergie aus Fernwärme

2) GEMIS, Seite 141 ff.

Das HKW-Hafen in Münster hat eine el. Leistung von 77,5 MW und eine thermische Leistung von 200 MW. Daraus ergibt sich eine Stromkennzahl von 0,39. Nach GEMIS ist dieses Kraftwerk ein Gegendruck-Kraftwerk.

Damit ergibt sich ein thermischer Wirkungsgrad von 60 % (gemittelt von GEMIS aus verschiedenen Untersuchungen)

Fernwärme-Netz: 8 % Verluste durch Leitungen, zuzüglich 4 % Verluste durch Hauptverteilung. Damit ergibt sich laut GEMIS ein Nutzungsgrad des Fernwärmenetzes von 88,3 %.

Gesamtwirkungsgrad des Fernwärmesystems: $60 \% \times 0,883 = 53 \%$

Umrechnungsfaktor: Primärenergie = Endenergie mal 1,8868

Bestimmung der Umrechnungsfaktoren für die Kohlendioxid-Emissionen

1) Seite: 76, Tabelle 10

Direkte CO₂-Emission für Strom frei Verbraucher (inkl. Netzverluste)
Strom-Mix: 162100 kg/TJ_{Endenergie} = 0,58 kg/kWh
(Kraftwerkspark)

Gesamtbilanz der Heizsysteme:

2) GEMIS, Seite 270 - 271

Elektroheizung-Mix: 80400 kg / 100 MWh_{Endenergie} = 0,804 kg/kWh
(Unter der Annahme: 80 % Kohle, 20 % Atomstrom) (Nachtstrom)

Fernwärme: 11500 kg / 100 MWh_{Endenergie} = 0,115 kg/kWh
(Kombination Steinkohle-HKW mit Öl-Spitzenkessel, inc. Wärmenetzverluste)

(Bei diesen Bilanzierungen wurde bei Heizkraftwerken der parallel bereitgestellte KWK-Strom verrechnet (Stromgutschrift), wofür ein modernes Mittellast-Steinkohle-Kraftwerk diente.)

Nahwärme: -4.900 kg / 100 MWh_{Endenergie} = - 0,049 kg/kWh
(Kombination Erdgas-BHKW mit Gas-Spitzenkessel, inc. Wärmenetzverluste)

(Bei diesen Bilanzierungen wurde bei Heizkraftwerken der parallel bereitgestellte KWK-Strom verrechnet (Stromgutschrift), wofür ein modernes Mittellast-Steinkohle-Kraftwerk diente.)

Gas-Heizung: 58.000 kg / 100 MWh_{Endenergie} = 0,2088 kg/kWh
3)

Kohle-Heizung: 96.400 kg / 100 MWh_{Endenergie} = 0,3470 kg/kWh
3) (Steinkohle)

Öl-Heizung: 79.900 kg / 100 MWh_{Endenergie} = 0,28764 kg/kWh
3)

5.4

Literaturverzeichnis

- 1) Klima und Energie, Enquete Kommission "Vorsorge zum Schutze der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Band 2, Energieeinsparung sowie rationelle Energienutzung und -umwandlung, Verlag C.F. Müller
- 2) GEMIS, Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten 1989
- 3) W. Bach, Arbeitspapier für den Beirat für Klima und Energie Münster 1992

W.2

Entwicklung der Endenergie-Verbräuche und CO₂-Emission der statistischen Bezirke in Münster für die Bereitstellung von Niedertemperaturwärme der Haushalte zwischen 1990 und 1992

Arbeitspapier

für den
Beirat für Klima und Energie
der Stadt Münster

Prof. Dr. H. Weik
23562 Lübeck

Tabellenkalkulation: Dipl. Ing. R. Blohm,
Ing. Büro für rationelle Energienutzung
23552 Lübeck

April 1995

INHALT

- 1 Einleitung und Aufgabenstellung
- 2 Die "harmonisierten" CO₂-Emissionsfaktoren
- 3 Auswertung der Datenerhebungen 1990 auf der Basis der harmonisierten CO₂-Emissionsfaktoren
- 4 Datenerhebungen 1992 und Auswertung
- 5 Entwicklung der Endenergieverbräuche und CO₂-Emission für die Bereitstellung der Niedertemperaturwärme in Münster zwischen 1990 und 1992
- 6 Schlußbetrachtung: Jahres-CO₂-Emissionen der Wohnungen in Münster

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die im Arbeitspapier W.1 "Endenergie-Verbräuche und CO₂-Emission der statistischen Bezirke in Münster" (Mai 1993; Anhang W.1 zum Endbericht des Beirats für Klima und Energie, 1995) präsentierten Daten gaben eine erste Übersicht über die in Münster eingesetzten Energiearten. Sie gaben darüber hinaus Aufschluß über die Personen-bezogenen sowie Flächen-spezifischen Energie-Verbräuche für den Bereich Haushalte und Wohnen in Münster.

Die Personen-bezogenen Daten (Einwohnerzahlen, Größe der Wohneinheiten, Anzahl der Personen pro WE, etc.) beruhten auf den Erhebungen der Volkszählung 1987; die Energiedaten stammten aus den Erhebungen der Stadtwerke für 1990, so daß eine gewisse Unschärfe der Ergebnisse den Berechnungen inhärent ist.

Eine weitere "Unschärfe" liegt darin begründet, daß für die Berechnung der CO₂-Emissionen unterschiedliche Umrechnungsfaktoren verwendet worden waren:

- direkte CO₂-Emission für Strom frei Verbraucher ("Strom-Mix", inkl. Netzverluste) gem. "Klima und Energie; Enquete Kommission 'Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre' des Deutschen Bundestages, Band 2, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe": 0,58 kg CO₂/kWh
- für Elektroheizung: Nachtstrom-Mix (80 % Kohle; 20 % Atomstrom), gem. "GEMIS, Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, S. 270-271, 1989": 0,804 kg CO₂/kWh

- für Fernwärme: ebenfalls nach GEMIS, unter Annahme der Kombination eines Steinkohle-HKW mit Öl-Spitzkessel, inkl. Wärmenetzverluste: 0,115 kg CO₂/kWh
- für Gas-Heizung: gem. W. Bach, "Arbeitspapier für den Beirat für Klima und Energie Münster", 1992 0,2088 kg CO₂/kWh
- für Kohle-Heizung (Steinkohle), ebenfalls nach W. Bach, loc.cit.1992: 0,347 kg CO₂/kWh
- für Ölheizung, ebenfalls nach W. Bach: 0,28764 kg CO₂/kWh.

Inzwischen wurden die Umrechnungsfaktoren für die CO₂-Emissionswerte in einer Absprache zwischen W. Bach und Mitarbeiter und den Stadtwerken Münster "harmonisiert" (16.12.1994), so daß eine Überarbeitung der im Arbeitspapier W.1 vom Mai 1993 mitgeteilten Daten erforderlich erschien. Sie war es auch deshalb, weil inzwischen die aktuellen Einwohnerzahlen für die Stadtbezirke in Münster auch für 1990 vorlagen ("Stadt Münster - Statistischer Jahresbericht. 1992"), und es für 1992 neuere, nach Energieart aufgeschlüsselte Energie-Verbrauchswerte der Stadtwerke gab.

Aus dem Vergleich der Daten von 1992 und 1990 konnte damit auch versucht werden, einen gewissen Trend im Energieverbrauch für die Beheizung der Wohnungen (bzw. die Gebäudedämmung) sowie in den CO₂-Emissionen abzulesen.

2 Die "harmonisierten" CO₂-Emissionsfaktoren

In der oben erwähnten Absprache wurde der Anregung der Stadtwerke gefolgt, die Stromgutschrift für wärmegeführte Kraftwärmekopplung über ein Steinkohlekondensationskraftwerk zu berechnen, da Wärmestrom als typischer Mittellaststrom den Strom aus Steinkohlekraftwerken verdrängt. Dementsprechend beträgt die Gutschrift für den in Münster erzeugten Strom nicht mehr 636 sondern 925 g/kWh. Analog werden die Emissionen des Stroms im Wärmemarkt für ein Steinkohlenkondensationskraftwerk im

Mittellastbetrieb berechnet, was zur Folge hat, daß die Emissionen der Fernwärme niedriger und die des Wärme-Stroms höher liegen als früher angesetzt.

Demgemäß wurden für die neuen, in diesem Arbeitspapier gegebenen CO₂-Daten die folgenden CO₂-Emissionsfaktoren für die Niedertemperaturwärme verwendet:

• Erdgas	0,20	kg/kWh
• Heizöl, extra leicht	0,27	kg/kWh
• Kohle/Sonstige	0,30	kg/kWh
• Fernwärme	0,35	kg/kWh
• Strom (VEW-Mix)	0,95	kg/kWh
• Strom für Licht, Kraft, Kommunikation (relevant für den PV-Strom der Handlungsempfehlung B10, Bereich Haushalte und Wohnen in Teil I und II)	0,636	kg/kWh.

Die relativen Unterschiede zeigen einige gravierende Änderungen in der CO₂-Bewertung:

• Erdgas	- 4,2 %
• Kohle	- 13,5 %
• Heizöl	- 6,1 %
• Fernwärme	+204,3 %
• Stromheizung	+ 18,2 %.

Auffallend ist vor allem die "Begünstigung" der Kohle (vergl. auch die Differenzierung in Stein- und Braunkohle; Tab. 8), während nun die Stromheizung, aber ganz besonders die Fernwärme in der Umweltwirkung sehr stark "negativ belastet" wird (s.u.). Dies wirkt sich auf die CO₂-Bilanz aus.

3 Auswertung der Datenerhebung 1990 auf der Basis der harmonisierten CO₂-Emissionsfaktoren

In den Tabellen 1 bis 3 (S. 10 ff) sind die Endwärme- und die Primärenergieverbräuche der statistischen Bezirke Münster sowie die Werte für die CO₂-Emissionen der Haus-

halte für Wärmezwecke, geordnet nach den statistischen Bezirken, zusammengestellt. Grundlage der Daten waren die Einwohnerzahlen für 1990 (o.a. Statistik, 1992) sowie die Energiedaten der Stadtwerke 1990 (Wärmeatlas). Aufgelistet sind in den Tabellen die für die Wärmebedarfsdeckung eingesetzten Energiearten. Daraus wurden (wie schon in Anhang W.1) die Nutzwärme in kWh/m²a (also die Wärmebedarfskennzahl) berechnet sowie die Primärenergie in kWh/m²a und pro Wohneinheit, wobei die relevanten Wohndaten aus der Volkszählung 1987 stammten (s.u.).

Neu bewertet bzw. berechnet wurden hierbei die Mittelwerte: in W.1 waren diese (automatisch) als arithmetisches Mittel aus den Einzeldaten der statistischen Bezirke gebildet worden, was für eine Aussage irrelevant ist.

Werden – richtiger – dafür die Gesamt-Einwohnerzahl und die gesamte Endenergie benutzt, so entsteht ein von den Zahlen in W.1 etwas abweichender Mittelwert. Da die Bundesregierung inzwischen den Bezugszeitpunkt für die angestrebte CO₂-Reduzierung auf 1990 als Basisjahr geändert hat, erhält man damit – auf der Basis der Einwohner- und Energiedaten für 1990, aber der Wohnungsbelegungsdaten für 1987 – den

Ist-Zustand 1990 für Münster:

• Gesamteinwohnerzahl	275.150 Personen
• Bewohnte Wohneinheiten (Volkszählung 1987)	111.687 WE
• Wohnfläche pro Person (Volkszählung 1987)	36,14 m ² /P
• mittlere Wohnbelegung (Volkszählung 1987)	2,4 P/WE
• Gesamt-Endenergieverbrauch für Niedertemperaturwärme der Haushalte (inkl. Brauchwasser)	2.186.228 MWh/a
• Gesamt-Primärwärmeenergieverbrauch	3.040.070 MWh/a
• Gesamt-CO ₂ -Emission für Niedertemperaturwärme	620.070 t/a.

Daraus leiten sich ab:

• Flächen-bez. Endwärmebedarf (inkl. Brauchwasser)	219,86 kWh/m ² a
• Flächen-bez. Endwärmebedarf ohne Brauchwasser	199,16 kWh/m ² a
• Pers.-bez. Endwärmebedarf (inkl. Brauchwasser)	7,946 MWh/P.a

- Flächen-bez. Primärenergiebedarf (inkl. Br.Wasser) 305,72 kWh/m²a
- Personen-bez. Primärenergieverbrauch (inkl. Br.W.) 11,049 MWh/P.a
- Flächen-bez. CO₂-Emission (f. Niedertemp.wärme) 62,36 kg/m²a
- Personen-bez. CO₂-Emission (f. Niedertemp.wärme) 2,254 t/P.a

Da die Gesamt-CO₂-Emission in Münster (Basis-Jahr 1990) 2,26 Mio t/a betrug, hat der **Bereich Haushalte/Wohnen einen Anteil von 27,4 %**. Dies deckt sich etwa mit dem in einer Schweizer Studie mit 29 % angegebenen Anteil des Sektors 'Wohnen', in dem auch die Energie für Geräte und Licht einbezogen sind, die in den obigen Zahlen jedoch fehlen. (Schweizer Studie zitiert in H.-P. Dürr, "Die Zukunft ist ein unbetretener Pfad", Herder, Freiburg, S.168, 1995)

4 Datenerhebung 1992 und -Auswertung

Die letzten vollständigen Statistiken bezüglich der Energieverbräuche der statistischen Bezirke in Münster stammen aus dem Jahre 1992 (Energiewerte aus "HAFO – Marktinformationssystem; Wärmeatlas – Endenergieverbrauch in Stadtbezirke für Münster, 1992"; zugehörige Einwohnerzahlen aus "Wohnberechtigte Bevölkerung nach statistischen Bezirken in Münster". Stadt Münster, 12/1992). Sie wurden für die Datenerhebung und -auswertung herangezogen.

In den Tabellen 4 bis 6 (S.16–21) sind – analog Tab. 1 bis 3 – die End- und Primärenergieverbräuche sowie die vom Niedertemperatur-Wärmemarkt der Haushalte verursachten CO₂-Emissionen der statistischen Bezirke in Münster zusammengestellt, wobei wiederum die "harmonisierten" CO₂-Emissionsfaktoren verwendet wurden.

Die Datenauswertung hatte folgende Ergebnisse:

- Einwohnerzahl 279.593 Personen
- Gesamt-Endenergieverbrauch für Niedertemperaturwärme der Haushalte (inkl. Brauchwasser) 2.205.458 MWh/a
- Gesamt-Primärenergieverbrauch (inkl. Brauchwasser) 3.034.869 MWh/a
- Gesamt-CO₂-Emission für Niedertemperaturwärme 624.738 t/a.

Daraus leiten sich ab:

- Flächen-bez. Endwärmebedarf (inkl. Brauchwasser) 218,3 kWh/m²a
- Flächen-bez. Endwärmebedarf (ohne Brauchwasser) 197,6 kWh/m²a
- Personen-bez. Endwärmebedarf (inkl. Br.Wasser) 7,888 MWh/P.a
- Flächen-bez. Primärenergieverbrauch (inkl. Br.W.) 300,35 kWh/m²a
- Personen-bez. Primärenergieverbrauch (inkl. Br.W.) 10,855 MWh/P.a
- Flächen-bez. CO₂-Emission für Niedertemp.wärme 61,83 kg/m²a
- Personen-bez. CO₂-Emission (f. Niedertemp.wärme) 2,234 t/P.a.

5 Entwicklung der Energieverbräuche und CO₂-Emission für die Bereitstellung der Niedertemperaturwärme in Münster zwischen 1990 und 1992

Die wesentlichen Änderungen der Daten 1990 gegenüber 1992 sind die folgenden:

- Einwohnerzahl (von 1990 bis 1992) um 4.443 **zugenommen** (= +1,6 %)
- Gesamt-Endenergiebedarf (inkl. Brauchwasser) um 19.230 MWh/a **zugenommen** (= +0,88 %)
- Flächen-bezogene Endenergie (inkl. Brauchwasser) um 1,56 kWh/m²a **abgenommen** (= -0,71 %)
- Personen-bezogene Endenergie (inkl. Brauchwasser) um 58 kWh/P.a **abgenommen** (= -0,73 %)
- Gesamt-CO₂-Emission (für Niedertemperaturwärme) um 4668 t/a **zugenommen** (= +0,75 %)
- Pers.-bezogene CO₂-Emission (für Niedertemperaturwärme) um 0,02 t/P.a **abgenommen** (= -0,89 %).

Während die Flächen-bezogene Abnahme der Endenergie (= Wärmebedarfskennzahl) nicht sehr aussagekräftig ist, weil als Folge des wachsenden Wohlstands im allgemeinen die Wohnflächen pro Person zunehmen (auch die Anzahl der Single-Haushalte nimmt zu), ist die Abnahme der Personen-bezogenen Endenergie, und **besonders die Abnahme der Personen-bezogenen CO₂-Emission** von Bedeutung, weil sie einen

Anstieg des allgemeinen Energiebewußtseins erkennen lassen. Dies ist insofern auch deshalb besonders bemerkenswert, als es 1992 in Münster kälter war als 1990 (Gradtagzahl 3427,1 Kd in 1992 gegenüber 3331,6 Kd in 1990 = +2,8 %; Mittel 1980 bis 1994: 3624,85 Kd).

Interessant sind auch die Veränderungen in der eingesetzten Energieart, die Schlüsse auf die wichtige Größe der CO₂-Veränderung zulassen (Tab. 7)

Tabelle 7. Relative Änderungen in der eingesetzten Energieart 1990 bzw. 1992

Energieart	1990 (MWh/a)	1992 (MWh/a)	Änderung ('92 - '90) in %
Fernwärme	105.859	82.264	-22,29
Erdgas	1.147.997	1.171.222	+2,02
Heizöl	766.725	784.054	+2,26
Kohle	16.862	14.638	-13,19
Heiz-Strom	148.785	153.280	+3,02
Gesamt	2.186.228	2.205.458	+0,88

Besonders auffallend sind die relativen Abnahmen bei Fernwärme (-22 %) und Kohle (-13 %), die beide verhältnismäßig "CO₂-effektiv" sind, was aber durch die Zunahme des ebenfalls CO₂-effektiven Stroms im Wärmemarkt (+3) kompensiert wird. Daraus erklärt sich, daß die (Personen-bezogene) Endenergie-Abnahme von 0,73 % eine stärkere Abnahme der (Personen-bezogenen) CO₂-Emission (-0,89 %) bewirkt.

Insgesamt ist in Münster jedoch eine (wenn auch - gemessen an der Bevölkerungszunahme - leichte) **Zunahme der Endenergie für die Wärmebereitstellung** und dementsprechend auch eine **Zunahme der CO₂-Emission** (von 2,5 kt/a/a) zu registrieren.

6 Schlußbetrachtung: Jahres-CO₂-Emissionen der Wohnungen in Münster

Es erscheint nützlich (und interessant), die im Mittel in Münster durch die Wärmeversorgung der Haushalte (Raumwärme und Brauchwasser) verursachte CO₂-Emission anschaulich, d.h. nicht nur in Kilogrammangaben, sondern als tatsächlich in die Atmosphäre entlassenen (d.h. "kostenlos entsorgten") CO₂-Volumina, tabellarisch darzustellen (Tab. 8). Dazu werden die in Kap. 2 aufgelisteten CO₂-Emissionsfaktoren verwendet, für Kohle/Sonstige (anstatt 0,3 kg/kWh) jedoch nach Stein- und Braunkohle differenziert, was den Unterschied im CO₂-Ausstoß zwischen den NRW-heimischen Energiearten besser hervortreten läßt.

Deutlich wird aus der Tabelle auch die Rolle, die die Stromheizungen in dieser Beziehung spielen. Hier hilft möglicherweise die mit der Handlungsempfehlung B2 angeregte Einführung eines Wärmepasses, eine entsprechende Umrüstung der betroffenen Wohnungen auf eine weniger CO₂-aktive Heizwärmeversorgung vorzunehmen.

Tabelle 8. CO₂-Emissionen pro Wohneinheit der in Münster eingesetzten Heizstoffe.

Daten: Fläche der WE: 86,7 m² (gem. Volkszählung 1987);
spezifischer Endwärmeverbrauch: 218,3 kWh/m²a (1992).

Energieart	CO ₂ -Emissionen für die Wärmebereitstellung		
	kg/kWh	kg/WE.a	m ³ /WE.a
Erdgas	0,2	3.785,3	1.927
Heizöl, ex-leicht	0,27	5.110,2	2.602
Steinkohle	0,3296 *)	6.238,2	3.176
Braunkohle	0,3995 *)	7.561,2	3.849
Fernwärme	0,35	6.624,3	3.372
Strom (f. Wärme)	0,95	17.980,3	9.154

*) IZE-Stromdiskussion, Sonderheft "Weltklima in Gefahr?", S.39-45, Frankfurt 1989

Daten aus:

Stadt- teil	Ferrow. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom (nur für Wärme) [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Nutzwärme in [kWh/m ² /a]
52	10.140	27.610	8.365	399	7.427	53.940	6.282	37	2.326	17	2.326
54	0	29.159	39.917	1.507	5.979	76.561	8.463	36	2.553	20	2.48
56	0	11.124	19.645	660	3.250	34.678	4.564	35	1.491	22	2.16
57	0	16.646	46.557	169	6.922	69.864	8.309	36	3.098	19	2.36
58	0	0	44.983	1.616	7.828	54.426	7.178	35	2.343	20	2.14
61	45.413	2.497	6.541	368	1.514	56.333	7.968	32	3.022	22	2.19
62	251	34.067	18.298	191	2.641	55.446	4.764	35	1.972	19	3.30
63	0	24.724	9.353	697	3.448	38.222	11.097	32	3.771	12	1.07
68	0	29.587	379	1.919	7.629	22.885	2.753	36	858	27	2.34
71	0	66.203	29.777	1.050	7.629	104.657	9.843	38	4.124	22	2.79
76	0	561	21.139	340	2.451	24.491	3.367	38	1.002	25	1.89
77	0	5.746	32.267	24	5.344	43.381	7.090	36	2.263	32	1.70
81	81	13.739	21.875	347	3.587	39.629	3.908	35	1.530	21	2.87
82	0	13.966	33.844	414	4.879	53.103	5.071	38	1.988	19	2.76
86	15.024	5.461	32.119	736	6.046	59.385	7.634	36	2.776	21	2.17
87	31	13.535	39.928	501	6.103	60.099	7.877	37	2.689	21	2.05
91	0	10.181	15.063	535	2.540	28.319	6.101	32	2.324	15	1.46
95	0	29.175	22.974	0	4.093	56.242	6.773	35	2.300	23	2.36
96	0	34.870	33.665	1.472	6.304	76.310	8.559	37	3.388	18	2.45
97	0	29.733	12.393	0	2.776	44.901	5.577	34	1.887	20	2.34
98	0	151	28.140	1.084	4.450	33.825	5.033	35	1.427	23	1.95
Gesamt:	105.859	1.147.997	766.725	16.862	148.785	2.186.228	275.150		111.687		10.271

Endwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Energie-Daten aus Wärmeatlas 1990, Bevölkerungszahlen von 1990, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)
 Tabelle 1: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Tabelle 1: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Energie-Daten aus Wärmeatlas 1990, Bevölkerungszahlen von 1990, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Datum: 13.03.1995

Endwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadt- teil	Ferrow. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom (nur für Wärme) [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Nutzwärme in [kWh/m ² /a]
11	2.071	9.319	1.768	0	893	14.050	1.691	38	14	714	220
12	2.954	9.339	1.570	56	1.251	15.170	1.600	35	11	735	274
13	5.650	20.498	6.969	0	1.947	35.064	2.493	41	12	966	339
14	1.308	13.258	2.427	288	964	18.245	2.226	36	13	1.046	227
15	2.270	8.098	704	0	743	11.815	1.413	37	12	687	228
21	1.517	23.445	7.771	0	1.826	34.558	5.019	35	12	2.061	196
22	3.475	47.350	11.792	0	2.764	65.382	8.542	37	12	4.585	206
23	1.024	11.006	962	0	921	13.913	1.333	35	14	557	196
24	1.388	40.147	4.605	0	2.140	48.290	7.339	36	12	3.822	181
25	503	36.472	6.498	0	2.053	48.526	6.410	38	13	3.496	201
26	1.682	30.610	7.431	15	1.738	43.183	4.438	36	15	2.278	247
27	88	90.032	17.741	173	4.140	112.321	13.541	36	13	7.042	215
28	0	16.531	6.654	0	1.233	27.419	3.813	37	13	1.753	191
29	111	16.903	4.932	0	1.856	23.802	2.968	42	19	1.001	300
31	179	19.807	23.040	375	2.764	46.657	5.797	36	16	2.565	223
32	0	59.831	8.551	710	3.382	72.474	6.640	35	14	4.267	217
33	0	41.377	9.706	0	2.382	53.465	7.692	33	12	3.780	210
34	0	43.514	20.296	1.348	2.820	67.979	6.929	35	8	2.938	283
43	1.502	6.360	1.753	0	1.516	11.131	1.370	36	12	543	224
44	1.109	25.452	4.645	290	2.484	33.979	5.333	35	13	2.464	181
45	508	66.526	24.204	0	3.595	94.833	10.288	38	16	5.196	240
46	5.884	44.488	12.348	0	2.650	65.369	7.750	37	19	3.163	229
47	35	46.119	17.740	0	2.373	66.267	7.448	34	7	3.257	256
15	0	49.370	22.161	23	3.656	75.640	13.138	35	8	3.647	191

Datum: 13.03.1995

Primärwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personenzahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohn. [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Primärwärme in [kWh/m ² /a]	Primärwärme pro Wohnung
11	5.566	11.090	2.223	0	2.400	21.280	1.691	38	14	714	334	30
12	7.941	11.113	1.975	83	3.362	24.475	1.600	35	11	735	442	33
13	15.189	24.392	8.767	0	5.233	53.580	2.493	41	21	969	519	55
14	3.517	15.777	3.053	426	2.592	25.364	2.226	36	13	1.046	316	24
15	6.103	9.636	885	0	4.908	46.659	5.019	35	12	2.061	264	23
21	4.077	27.900	9.776	0	4.908	46.659	5.019	35	12	2.061	360	27
22	9.342	56.347	14.834	0	7.430	87.952	8.542	37	12	4.585	278	19
23	2.753	13.097	1.210	0	2.476	19.536	1.333	35	14	557	416	35
24	3.758	47.775	5.792	0	5.754	63.079	7.339	36	12	3.822	236	17
25	1.352	46.972	8.174	0	5.519	62.017	6.410	38	13	3.460	257	18
26	7.771	36.426	9.347	760	4.673	58.976	4.438	39	15	2.278	337	26
27	101	107.138	22.316	549	11.128	141.233	13.541	39	13	7.042	270	20
28	0	19.672	12.144	0	3.314	35.131	3.813	37	13	1.753	247	20
29	299	20.115	6.204	0	4.989	31.606	1.896	42	16	1.001	399	32
31	1.805	23.571	28.982	556	7.429	62.342	5.797	36	16	2.590	297	24
32	0	71.199	10.757	1.051	9.093	92.099	9.640	35	14	4.267	276	22
33	0	49.238	12.209	0	6.402	67.850	7.692	33	12	3.780	266	18
34	0	51.782	25.530	1.996	7.581	86.889	6.929	35	18	2.938	361	30
43	4.038	7.569	2.205	0	4.075	17.887	1.370	36	12	543	360	33
44	2.980	30.287	5.843	429	6.677	46.218	5.333	35	13	2.464	246	19
45	1.366	79.166	30.446	0	9.663	120.641	10.288	38	16	5.196	306	23
46	15.817	52.940	15.532	0	7.123	91.413	7.750	37	19	3.163	321	29
47	94	54.882	22.316	0	6.379	83.670	7.448	34	7	3.257	327	26
51	0	58.750	27.914	626	9.828	97.118	13.138	35	18	3.647	212	27

Tabelle 2: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Primärenergieverbräuche der Stadtteile in Münster
Energie-Daten aus Wärmeatlas 1990, Bevölkerungszahlen von 1990, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Tabelle 2: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Primärenergieverbräuche der Stadtteile in Münster
Energie-Daten aus Wärmeatlas 1990, Bevölkerungszahlen von 1990, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Primärwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personenzahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Primärwärme in [kWh/m ² /a]	Primärwärme pro Wohnung
34	0	17	35	11	11	49	5	32	1	1.427	382	8
13	0	32	19	8	3	63	7	32	6	1.887	505	13
6	0	25	16	1	1	43	5	34	1	1.002	295	4
34	0	14	37	1	1	53	6	22	8	1.124	693	34
7	0	25	16	1	1	43	5	27	6	858	323	7
14	0	29	11	1	6	47	11	12	3	1.771	145	14
9	122.079	2	8	4	7	137	7	22	3	3.022	737	9
4	0	0	58	2	5	65	7	20	3	3.343	153	4
5	0	19	58	25	17	96	8	19	3	3.098	324	13
32	0	13	24	7	8	47	4	22	5	1.491	297	32
4	0	34	50	2	16	103	8	36	2	2.553	334	40
5	27.257	32	10	591	19	91	6	37	17	2.326	392	63
8	0	16	42	19	13	72	5	61	8	886	108	7
8	0	16	42	19	13	72	5	61	8	886	108	7
8	40.388	6	40	1.089	16	104	7	12	6	2.776	382	8
7	0	16	42	19	13	72	5	61	8	886	108	7
1	0	16	42	19	13	72	5	61	8	886	108	7
6	0	12	18	7	6	38	6	15	3	2.324	200	17
6	0	34	28	0	3	67	9	32	3	3.000	313	32
6	0	41	42	2	16	102	8	37	8	3.388	330	30
6	0	35	15	0	7	58	5	24	2	1.881	505	13
8	0	17	35	1	11	64	5	32	3	1.427	382	8
Gesamt:	284.569	1.366.117	694.463	24.956	999.969	3.040.070	275.150			111.887	14.486	813

Datum: 13.03.1995

Kohlendioxid-Emission der Haushalte für Wärmezwecke

Stadtteil	Ferrow.	Gas	Öl	Kohle	Strom (nur für Wärme)	Gesamt	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	kg (CO ₂) pro m ² und a	kg (CO ₂) pro Pers. und a
11	1.864	477	1.864	477	0	3.914	38	1.691	714	14	61	2.315
12	1.034	424	1.868	424	17	1.188	35	1.600	735	11	82	2.832
13	1.978	4.100	1.882	4.100	0	9.808	41	2.493	969	21	95	3.934
14	458	2.652	655	2.652	86	4.767	36	2.226	1.046	13	59	2.141
15	795	1.620	1.90	1.620	0	3.310	37	1.413	687	12	64	2.343
21	531	4.689	2.098	4.689	0	9.052	35	5.019	2.061	12	51	1.804
22	1.216	9.470	3.184	9.470	0	16.496	37	8.542	2.061	12	52	1.931
23	358	2.201	260	2.201	0	3.694	35	1.333	557	14	79	2.772
24	489	8.029	1.243	8.029	0	11.795	36	7.339	3.822	12	44	1.607
25	176	7.894	1.754	7.894	0	11.775	38	6.410	3.460	13	49	1.837
26	1.012	6.122	2.006	6.122	154	10.945	39	4.438	2.278	15	62	2.466
27	18.006	4.790	1.806	4.790	111	26.854	39	13.541	7.042	13	51	1.983
28	0	3.306	2.607	3.306	0	7.084	37	3.813	1.753	13	50	1.858
29	39	3.381	1.332	3.381	0	6.514	42	1.896	1.001	16	82	3.436
31	235	3.961	6.221	3.961	113	13.155	36	5.797	2.590	16	63	2.269
32	0	11.966	2.309	11.966	213	17.701	35	9.640	4.267	14	53	1.836
33	0	8.275	2.621	8.275	0	13.159	33	7.692	3.780	12	52	1.711
34	0	8.703	5.480	8.703	405	17.266	35	6.929	2.938	18	72	2.492
43	526	1.272	473	1.272	0	3.711	36	1.370	543	12	75	2.709
44	388	5.090	1.254	5.090	87	9.179	35	5.333	2.464	13	49	1.721
45	178	13.305	6.535	13.305	0	23.433	38	10.288	5.196	16	59	2.278
46	2.059	8.898	3.334	8.898	0	16.808	37	7.750	3.163	19	59	2.169
47	12	9.224	4.790	9.224	0	16.280	34	7.448	3.257	7	64	2.186
51	0	9.874	5.992	9.874	127	19.466	35	13.138	3.647	18	43	1.482

Tabelle 3: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen CO₂-Emissionen der Stadtteile in Münster
Energie-Daten aus Wärmeatlas 1990, Bevölkerungszahlen von 1990, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Tabelle 3: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen CO₂-Emissionen der Stadtteile in Münster

Energie-Daten aus Wärmeatlas 1990, Bevölkerungszahlen von 1990, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Kohlendioxid-Emission der Haushalte für Wärmezwecke

Stadtteil	Ferrow.	Gas	Öl	Kohle	Strom (nur für Wärme)	Gesamt	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	kg (CO ₂) pro m ² und a	kg (CO ₂) pro Pers. und a
52	3.549	5.522	2.258	120	7.055	18.504	6.282	37	17	2.326	80	2.946
54	0	5.832	10.778	452	5.680	22.741	8.463	36	20	2.553	74	2.687
56	0	2.225	5.304	198	3.087	10.814	4.564	35	22	1.491	67	2.369
57	0	3.329	12.570	15	6.167	22.118	8.309	36	61	3.098	57	2.692
58	0	0	12.145	485	7.436	20.066	7.178	35	20	2.343	67	2.766
19	15.858	499	1.766	110	1.438	19.708	7.968	32	22	3.022	77	2.473
29	88	9.813	4.940	57	2.508	14.407	4.764	35	61	1.972	98	3.024
39	0	4.645	2.525	209	3.279	10.955	11.697	32	12	3.771	13	1.867
89	0	0	5.559	114	1.823	7.495	2.753	36	27	858	77	2.723
17	0	13.241	8.040	315	7.247	28.842	8.843	38	22	4.124	77	3.030
97	0	112	5.708	102	2.329	8.250	3.367	38	25	1.002	64	2.450
77	0	1.149	8.712	7	5.077	14.945	0.690	36	32	2.263	65	2.101
18	82	2.748	5.906	104	3.407	12.194	3.908	35	12	1.530	88	3.120
82	0	2.793	9.138	124	4.635	16.690	5.071	38	61	1.898	78	3.163
98	5.258	1.092	8.672	221	5.743	20.987	7.634	36	21	2.776	77	2.746
78	11	2.707	10.781	150	5.798	19.447	7.877	37	12	2.689	69	2.469
16	0	2.036	4.067	190	2.413	8.677	10.101	32	51	2.324	54	1.422
56	0	5.835	6.203	0	3.888	15.926	8.773	35	32	2.300	67	2.351
66	0	6.974	9.089	441	5.989	22.493	6.359	37	81	3.388	72	1.692
76	0	5.647	3.346	0	2.637	11.630	5.577	34	20	1.887	62	2.136
86	0	30	7.568	325	4.227	12.180	5.033	35	32	1.427	70	2.420
Gesamt:	37.051	229.599	207.010	5.059	141.346	620.070	275.150			111.687	2.647	106.901

Energie-Daten aus Wärmeatlas 1992, Bevölkerungszahlen von 1992, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)
 Tabelle 4: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Endenergieverbräuche der Stadtteile in Münster
 Energie-Daten aus Wärmeatlas 1992, Bevölkerungszahlen von 1992, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Endwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom (nur für Wärme) [MWh/a]	Gesamt (MWh/a)	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Nutzwärme in [kWh/m ² /a]
52	3.593	22.213	15.630	0	7.803	49.239	6.624	37	17	2.326	201
54	0	27.295	40.813	1.507	6.209	75.823	8.686	36	20	2.553	236
56	0	11.767	20.848	404	3.373	36.361	4.854	55	22	1.461	213
57	0	18.102	46.323	63	6.985	71.503	8.335	36	61	3.668	241
58	0	0	46.517	1.588	8.001	56.106	7.336	55	20	2.343	216
19	35.821	2.563	6.590	368	1.489	46.832	7.874	32	22	3.022	184
92	255	13.875	17.676	161	2.727	52.730	5.287	55	61	1.672	283
39	0	26.985	6.092	697	3.540	40.314	11.420	32	12	3.771	011
89	0	0	21.100	427	1.872	23.400	2.866	36	27	4.124	222
71	0	73.380	29.883	1.050	7.896	112.208	6.762	88	22	4.124	302
97	0	363	16.821	426	2.041	19.685	3.406	88	25	1.002	152
77	0	5.051	34.459	24	5.259	44.803	7.191	36	32	2.263	173
18	16	10.489	23.428	0	3.290	37.297	4.048	55	12	1.030	260
82	0	14.462	33.175	414	4.864	52.915	5.139	88	61	1.986	272
88	688.11	4.619	30.728	640	6.257	54.433	7.790	36	12	2.776	191
87	32	12.852	39.320	101	6.888	59.092	7.691	73	12	2.688	661
16	0	8.605	18.580	417	2.613	30.215	6.045	32	51	2.324	181
56	0	31.285	23.901	0	4.193	59.380	6.869	55	23	2.300	244
96	0	47.138	38.134	1.472	8.148	94.892	8.544	37	18	3.388	298
76	0	32.163	13.187	0	2.737	48.087	5.884	34	20	1.881	234
86	0	149	30.221	1.084	4.734	36.188	5.045	55	32	1.427	202
Gesamt:	82.264	1.171.222	784.054	14.638	153.280	2.205.458	279.593			111.687	10.132

Daten aus:
 Stadtwerke Münster 1992
 Endenergie nach Stadtbezirken und Verbrauchsgruppen

Daten aus:
 Energie Volkszählung 1992

Datum: 13.03.1995

Endwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom (nur für Wärme) [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personen- zahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Nutzwärme in [kWh/m ² /a]
51	1.708	8.989	1.340	872	1.291	16.898	1.648	38	14	714	212
12	4.702	9.256	1.594	1.898	1.291	16.898	1.648	35	11	735	296
13	5.718	20.529	7.480	2.279	1.011	36.006	2.433	41	21	969	357
14	750	13.284	2.300	310	1.011	17.655	2.255	36	13	1.046	217
15	1.576	7.154	662	0	741	10.133	1.462	37	12	687	189
21	2.360	23.234	6.853	1.876	1.876	34.323	5.104	35	12	2.061	191
22	1.481	48.110	11.336	2.805	63.731	6.833	6.833	37	12	4.585	198
23	816	11.876	1.063	990	14.734	1.205	1.205	35	14	557	347
24	0	41.518	4.307	0	2.215	48.040	7.294	36	12	3.822	181
25	779	42.043	6.426	0	2.128	51.375	6.299	38	13	3.460	217
26	2.447	31.792	7.595	552	1.676	44.061	4.449	39	13	2.278	251
27	363	92.301	17.511	0	4.153	114.328	13.836	39	13	7.042	214
28	0	16.864	9.452	0	794	27.110	3.963	37	13	1.753	183
29	146	16.620	4.682	0	1.903	23.351	2.020	42	16	1.001	277
31	329	20.564	22.358	375	2.761	46.387	5.849	36	16	2.590	219
32	0	62.536	9.021	710	3.502	75.769	9.616	35	14	4.267	228
33	0	41.568	8.546	0	2.444	52.558	7.568	33	12	3.780	210
34	0	40.369	18.221	1.328	2.622	62.540	6.855	35	18	2.938	263
43	1.465	5.858	1.760	0	1.476	10.560	1.509	36	12	543	193
44	956	26.160	4.645	0	2.604	34.365	5.294	36	12	2.464	184
45	833	67.323	23.386	0	3.855	95.397	10.212	38	16	5.196	243
46	4.152	46.071	12.741	0	2.665	65.629	7.804	37	19	3.163	229
47	0	48.310	18.424	0	2.261	68.995	7.612	34	7	3.257	264
51	0	47.000	25.923	0	3.951	76.873	13.877	35	18	3.647	159

Stadtteil	Fernw. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom (nur für Wärme) [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personenzahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Primärwärme in [kWh/m ² /a]	Primärwärme pro Wohnung
52	9.558	26.433	19.661	0	20.976	76.728	6.624	3,7	6.624	17	2.326	313
54	0	32.480	51.339	2.230	16.690	102.739	8.686	3,6	8.686	20	2.553	324
40	0	14.002	26.224	599	9.067	49.892	4.854	3,5	4.854	22	1.491	293
33	0	21.541	56.270	138	18.777	98.726	8.338	3,6	8.338	19	3.098	332
32	0	0	56.514	2.350	21.509	82.373	7.336	3,5	7.336	20	2.343	317
35	0	0	0	545	4.003	112.181	7.874	3,2	7.874	22	3.022	442
37	696	37.931	22.238	282	7.330	68.477	5.287	3,5	5.287	19	1.972	367
62	696	37.931	22.238	282	7.330	68.477	5.287	3,5	5.287	19	1.972	367
63	0	32.112	11.437	1.032	9.516	54.097	11.420	3,2	11.420	12	3.771	148
68	0	0	26.542	633	5.032	32.207	2.669	3,6	2.669	27	858	316
71	0	87.322	37.589	1.553	21.227	147.691	9.762	3,8	9.762	22	4.124	397
76	0	705	21.160	635	5.487	27.988	3.406	3,8	3.406	25	1.002	214
77	0	6.023	43.346	36	14.136	63.541	7.191	3,6	7.191	32	2.263	246
81	244	12.481	29.471	0	8.643	51.039	4.048	3,5	4.048	21	1.530	356
82	0	17.210	41.731	612	13.076	72.629	5.139	3,8	5.139	19	1.988	373
86	31.960	5.854	38.652	947	16.820	94.234	7.790	3,6	7.790	21	2.776	337
87	85	15.293	49.460	742	17.171	82.752	7.991	3,7	7.991	21	2.689	278
91	0	10.240	23.371	618	7.023	41.252	6.045	3,2	6.045	15	2.324	215
95	0	37.230	30.065	0	11.272	78.567	6.899	3,5	6.899	23	2.300	323
96	0	56.094	47.969	2.178	21.903	128.144	8.544	3,7	8.544	18	3.388	402
97	0	38.274	16.588	0	7.357	62.219	5.984	3,4	5.984	20	1.887	303
98	0	177	38.015	1.604	12.725	52.522	5.045	3,5	5.045	23	1.427	301
Gesamt:	221.143	1.393.754	986.261	21.664	412.046	3.034.869	279.593				111.687	14.179

Primärwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Tabelle 5: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Primärenergieverbräuche der Stadtteile in Münster
Energie-Daten aus Wärmeatlas 1992, Bevölkerungszahlen von 1992, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Tabelle 5: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen Primärenergieverbräuche der Stadtteile in Münster

Energie-Daten aus Wärmeatlas 1992, Bevölkerungszahlen von 1992, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Datum: 13.03.1995

Primärwärmeenergieverbrauch der Haushalte

Stadtteil	Fernw. [MWh/a]	Gas [MWh/a]	Öl [MWh/a]	Kohle [MWh/a]	Strom (nur für Wärme) [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Personenzahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohn. [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	Primärwärme in [kWh/m ² /a]	Primärwärme pro Wohnung
11	4.591	10.697	1.685	0	2.345	19.318	1.617	3,8	14	714	317	27
12	12.640	11.014	2.005	83	3.470	29.212	1.648	3,5	11	735	512	40
13	15.371	24.429	5.409	0	6.126	55.335	2.433	4,1	21	969	649	57
14	2.016	15.808	2.893	58	2.718	23.894	2.255	3,6	31	1.041	294	32
15	4.237	8.513	833	0	1.992	15.575	1.492	3,7	12	687	162	32
21	6.344	27.649	8.620	0	5.044	47.656	4.756	5,3	12	1.901	266	32
22	3.882	57.251	14.259	0	7.539	130.031	8.683	3,7	12	4.585	852	81
23	2.194	14.133	1.337	0	2.633	20.296	1.205	5,3	11	557	478	36
24	0	49.406	5.418	0	5.653	70.777	4.267	9,3	12	3.822	262	91
25	2.093	50.031	8.083	0	5.720	69.527	6.269	8,3	13	3.463	827	61
26	9.579	37.832	6.553	918	4.506	59.286	4.444	6,3	51	2.278	833	92
27	77	108.838	22.027	0	11.163	144.005	13.836	6,3	13	7.042	270	02
28	0	20.698	888.111	0	2.134	34.092	3.963	3,7	13	1.753	230	61
29	362	19.778	5.890	0	5.115	31.174	2.020	4,2	16	1.001	693	13
31	888	24.471	28.124	559	7.422	61.456	5.845	9,3	16	2.569	652	42
32	0	74.418	11.348	1.051	6.413	96.230	6.616	5,3	14	4.287	288	32
33	0	49.466	10.750	0	6.569	66.785	7.568	3,3	12	3.780	292	81
34	0	48.039	22.920	1.965	7.049	79.673	6.555	5,3	81	3.936	933	27
43	3.938	9.971	2.214	0	3.968	17.092	1.509	3,6	12	543	312	13
44	2.569	31.131	5.843	0	7.001	46.543	5.294	5,3	13	2.494	250	61
45	2.238	80.115	25.417	0	10.364	122.133	10.212	3,8	16	5.196	312	24
46	11.162	54.824	16.027	0	7.163	88.177	7.804	3,7	16	3.163	113	82
47	0	57.489	23.175	0	6.079	86.743	7.612	4,3	7	3.257	133	27
51	0	55.630	32.608	0	1.621	69.859	13.877	5,3	81	3.497	502	27

Datum: 13.03.1995

Kohlendioxid-Emission der Haushalte für Wärmezwecke

Stadtteil	Fernw. [t/a]	Gas [t/a]	Öl [t/a]	Kohle [t/a]	Strom (nur für Wärme) [t/a]	Gesamt [t/a]	Personenzahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	kg (CO ₂) pro m ² und a	kg (CO ₂) pro Pers. und a
11	1.798	362	829	3.586	1.617	3.586	38	14	714	14	59	2.218
12	1.646	430	1.226	5.170	1.648	1.648	35	11	735	11	91	3.137
13	2.001	4.106	2.020	10.291	2.433	2.433	41	21	969	21	102	4.230
14	263	2.557	621	93	4.594	2.255	36	13	1.046	13	56	2.037
15	552	1.431	179	704	1.462	2.865	37	12	687	12	54	1.960
21	826	4.647	1.850	9.105	5.104	5.104	35	12	2.061	12	51	1.784
22	518	9.622	3.061	2.664	8.683	8.683	37	12	4.585	12	49	1.827
23	286	2.375	287	931	1.205	1.205	35	14	557	14	91	3.218
24	0	8.304	1.163	2.104	7.294	7.294	36	12	3.822	12	44	1.586
25	273	6.409	1.735	2.022	6.299	6.299	38	13	3.460	13	52	1.975
26	857	6.358	2.051	1.592	4.449	4.449	39	15	2.278	15	63	2.478
27	127	18.460	4.728	3.945	13.836	13.836	39	13	7.042	13	51	1.970
28	0	3.373	2.552	754	3.963	3.963	37	13	1.753	13	45	1.685
29	51	3.324	1.264	1.808	6.447	6.447	42	16	1.001	16	76	3.191
31	115	4.113	6.037	2.623	13.000	13.000	36	16	2.590	16	61	2.223
32	0	12.507	2.436	3.327	18.483	18.483	35	14	4.267	14	56	1.922
33	0	8.314	2.307	2.321	12.942	12.942	33	12	3.780	12	52	1.710
34	0	8.074	4.920	2.491	15.883	15.883	35	18	2.938	18	67	2.317
43	513	1.172	475	1.402	1.509	1.509	36	12	543	12	55	2.360
44	334	5.232	1.254	2.474	9.295	9.295	35	13	2.464	13	50	1.756
45	291	13.465	6.314	3.662	23.733	23.733	38	16	5.195	16	61	2.324
46	1.453	9.214	3.440	2.531	16.639	16.639	37	19	3.163	19	58	2.132
47	0	9.662	4.974	2.148	16.785	16.785	34	7	3.257	7	64	2.205
51	0	9.400	6.999	3.754	13.877	13.877	35	18	3.647	18	42	1.452

Tabelle 6: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen CO₂-Emissionen der Stadtteile in Münster
Energie-Daten aus Wärmeatlas 1992, Bevölkerungszahlen von 1992, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Tabelle 6: Auswertung der auf die Haushalte bezogenen CO₂-Emissionen der Stadtteile in Münster

Energie-Daten aus Wärmeatlas 1992, Bevölkerungszahlen von 1992, Umrechnungsfaktoren für Münster 1990 (harmonisiert)

Kohlendioxid-Emission der Haushalte für Wärmezwecke

Stadtteil	Fernw. [t/a]	Gas [t/a]	Öl [t/a]	Kohle [t/a]	Strom (nur für Wärme) [t/a]	Gesamt [t/a]	Personenzahl	Wohnfl. pro Pers. [m ²]	Nutzwärme pro Wohnung [MWh/WE/a]	Wohnungen bewohnt	kg (CO ₂) pro m ² und a	kg (CO ₂) pro Pers. und a
52	1.258	4.443	4.220	0	7.413	17.333	6.624	37	17	2.326	71	2.617
54	0	5.459	11.020	452	5.898	22.829	8.688	36	20	2.553	72	2.828
56	0	2.353	5.629	121	3.204	11.308	4.854	53	22	1.491	99	2.330
57	0	3.620	12.507	28	6.636	22.791	8.335	36	19	3.098	77	2.734
58	0	0	12.560	476	7.601	20.637	7.336	35	20	2.343	67	2.818
19	12.537	513	1.779	110	1.415	16.354	7.874	32	22	3.022	49	2.077
29	16	6.375	4.773	57	2.560	9.886	5.287	53	19	1.672	74	2.926
39	0	5.367	2.455	209	3.363	11.424	11.424	32	12	3.771	13	1.000
88	0	0	5.697	128	1.778	7.604	2.869	36	27	858	57	2.650
17	0	14.676	8.068	513	7.501	30.561	6.762	38	22	4.124	82	3.131
97	0	611	4.542	129	636	828	3.406	38	25	1.002	15	5.615
77	0	1.012	9.304	7	966	15.319	7.161	36	22	2.263	65	2.130
18	32	2.098	6.326	0	3.125	11.580	4.800	53	12	1.530	18	1.982
82	0	2.892	8.657	124	4.621	16.916	6.615	38	19	1.886	58	2.226
98	4.161	884	8.267	162	5.644	16.578	7.079	36	12	2.776	70	2.513
78	11	2.570	10.916	150	9.068	19.416	7.691	37	12	2.889	59	2.430
16	0	1.721	5.016	125	2.482	9.345	6.045	32	15	2.324	64	1.545
66	0	6.257	6.453	0	3.984	16.694	6.899	53	23	2.300	69	2.420
96	0	6.428	10.296	441	7.741	27.906	8.544	37	18	3.388	88	2.963
76	0	6.433	3.561	0	2.600	12.593	5.984	34	20	1.887	19	2.104
86	0	30	1.160	23	4.497	10.12	5.045	53	23	1.427	57	2.572
Gesamt:	28.793	234.244	211.694	4.161	145.616	624.738	276.599			111.887	2.064	105.359

Daten aus:
Energie Volkszählung 1992

W.3

**Energie-Grenzbelastung und
CO₂-Problem im kosmischen Zusammenhang –**

**Folgerungen für die Bereitstellung von
Niedertemperaturwärme der Haushalte
in Münster**

Studie

**für den Endbericht des
Beirats für Klima und Energie
der Stadt Münster**

**Prof. Dr. H. Weik
23562 Lübeck**

Mai 1995

INHALT

- 1 Einleitung: Problemstellung und denkbare Lösungswege
- 2 Das Kohlendioxid-Problem im kosmischen Zusammenhang
- 3 Entropie und Syntropie. Energie-Wertigkeit und Unordnung
- 4 Nutzungs der solaren Syntropie im Bereich Wohnen und Bauen
- 5 Energie-Grenzbelastung des irdischen Ökosystems und Folgerungen für die Raumwärmeversorgung in Münster

1 Einleitung: Problemstellung und denkbare Lösungswege

Das CO₂-Problem, d.h. der "anthropogene", d.h. vom Menschen erzeugte, (zusätzliche) Treibhauseffekt, ist der Öffentlichkeit bisher meist nur von den Klimaforschern bewußt gemacht worden, wobei als Ursache für die drohende Klimaverschlechterung vor allem die Erwärmung der Erdatmosphäre durch Kohlendioxid und andere Treibhaus-Gase, z.B. das bei Leckagen von Erdgas-Pipelines entweichende Methan, gelten.

Von den Klimafachleuten wird auf das bei der Verbrennung von fossilen Energiestoffen freiwerdende CO₂ verwiesen und seine Eigenschaft, kurzwellige Strahlung fast ungehindert durchzulassen, langwellige Wärmestrahlung aber zurückzuhalten. Die Folge ist ein zunehmendes Ungleichgewicht zwischen extraterrestrischer Energie-Zufuhr und Wärme-Abstrahlung in das Weltall und damit eine stetige Erd-Erwärmung.

Damit sind die eigentlichen Ursachen der drohenden Klimaänderung auf die vom Menschen (insbesondere in den Industrienationen) verursachte Störung der *kosmischen Energieflüsse* zurückzuführen. Das bedeutet aber, daß das CO₂-Problem nicht isoliert als Klima-Problem gesehen werden darf, sondern ganz eng mit der Art unserer Energienutzung verbunden und damit in erster Linie ein *Energieproblem* ist.

Damit sind aber auch Lösungswege erkennbar: Sie bestehen in einer grundlegenden Änderung unserer Einstellung zu Energiefragen und insbesondere zum *Einsatz von Energie*. Dies wiederum ist aber nur dann möglich, wenn wir die Zusammenhänge in ihrer vollen Bedeutung erfassen. Erst dann können wirksame Maßnahmen zur Lösung des CO₂-Problems ergriffen werden, vorausgesetzt, die für unsere Energiepolitik Verantwortlichen haben den Mut und die Kraft, die nötigen Schritte in der erforderlichen Zeitspanne auch politisch durchzusetzen.

2 Das Kohlendioxid-Problem im kosmischen Zusammenhang

Unsere Energieversorgung ruht vor allem auf den Säulen Kohle und Erdöl. Als zusätzliche "Stützen" wirken daneben noch das vermeintlich "Umwelt-schonende" Erdgas und die CO₂-vermeidende Kernenergie sowie als "regenerative Beimengung" zum Energiemix die Wasserkraft. Sehr viel, so die offizielle Meinung, können die anderen "Regenerativen", also direkte Sonnenstrahlung, Wind und Biomasse, nicht bringen, vielleicht 2 bis 3 % in den nächsten 10 bis 15 Jahren: Nach den Worten des früheren Bundes-Forschungsministers P. Krüger sind sie nur "Hirngespinnste", denen man nicht nachjagen sollte (Süddeutsche Zeitung, 30.09.1994).

Die Nutzung der Kernenergie produziert radioaktiven Müll, dessen Entsorgung zunehmend Probleme schafft, und die Verbrennung der fossilen Energiestoffe belastet die Umwelt (neben anderen Abfallprodukten) mit dem Treibhausgas Kohlendioxid in nicht-vernachlässigbaren Mengen: z.B. werden bei der Verbrennung von jedem Kilogramm Steinkohle 1,4 Kubikmeter Kohlendioxid in die Atmosphäre entlassen (und 70 Liter pro gefahrenem Kilometer eines 5-Liter Diesel-Pkw).

Die herkömmlichen, fossilen (d.h. ausgegrabenen) Energieträger Erdöl, Erdgas und Kohle sind zwar auch solaren Ursprungs wie die Biomasse, also Pflanzen und Holz; aber sie sind keine "regenerativen" (sich erneuernden) Energien im üblichen Sinn, d.h. erdgeschichtlichen Zeiträumen. In Jahrmillionen entstanden, stellen sie ein "solares"

Energiereservoir dar und bilden (wie das Uran) das hochwertige *Erd-eigene Energiekapital*. Einmal aus der Erde geholt und als Energiestoff eingesetzt – z.B. Erdöl für die Dienstleistung 'warme Wohnung' – *geht seine Arbeitsfähigkeit verloren*: Zurück bleiben "degradierte", d.h. nicht-nutzbare, also 'wertlose' (meist Umgebungs-) Wärme sowie Schadstoffe und Kohlendioxid als Abfall, der die Erdatmosphäre aufheizt.

Wo ist anzusetzen, um die CO₂-Emission zu reduzieren – und damit das Treibhausproblem zu entschärfen? Zunächst wohl beim "Energiesparen", um weniger CO₂ zu produzieren. Aber dies reicht nicht aus und kann auch *prinzipiell* nicht der einzige Weg sein. Um dies zu verstehen, ist Nachdenken gefragt – und sind ein wenig Thermodynamik-Kenntnisse erforderlich.

3 Entropie und Syntropie. Energie-Wertigkeit und Unordnung

Die Verbrennung von Erdöl oder anderen fossilen Energiestoffen ist ein *unumkehrbarer* (irreversibler) *Vorgang*: Nie wird aus der Asche und/oder dem Kohlendioxid wieder ein (neu) nutzbarer Energiestoff. Irreversible Prozesse beschreibt die Physik mit Hilfe des Begriffs der "Entropie" (was das "Nicht-Umwandelbare" bedeutet):

Ist der Energiestoff gerade "ausgegraben", so stellt er eine hochwertige Energie dar. Er läßt sich in viele Energieformen (wie Bewegungsenergie, Industriewärme oder Strom) umwandeln, befindet sich also im *Zustand geringer Entropie*. Durch "Gebrauch" (z.B. Verfeuerung) entstehen Nutzwärme auf relativ niedrigem Temperaturniveau (z.B. Raumwärme von 20 °C) und Reststoffe, wie Asche und CO₂. Hinsichtlich ihrer weiteren Nutzung ist die Raumwärme als nicht weiter-verwendbare Abfallwärme einzustufen; sie ist nicht mehr in andere Energieformen umwandelbar, ist *entwertet* und befindet sich daher im *Zustand hoher (bzw. höherer) Entropie*.

Da es dem Laien oft schwer fällt, gedanklich die *Abnahme von Arbeitsfähigkeit* und Nutzwert eines Energiestoffs mit der *Zunahme von Entropie* zu assoziieren, wurde

anstatt niedriger (oder gar negativer) Entropie der positive Begriff *Syntropie* geprägt. In der Erde ist also mit dem Erdöl, dem Erdgas und der Kohle ein großes Reservoir an (solarer) Syntropie aus Jahrmillionen Sonneneinstrahlung entstanden, das wir gegenwärtig hemmungslos und beschleunigt verbrauchen.

Auch die *Solarstrahlung* ist eine Quelle von Syntropie, die der Erde von außen quasi als *kontinuierlicher Energiezins* ständig zufließt. Sie ist (dank ihrer negativen Entropie = freie Energie = Syntropie) arbeitsfähig, kann erhebliche Temperaturen erzeugen (Beispiel Brennglas oder Buschfeuer) sowie (mittels photovoltaischem Prozeß) in hochwertige elektrische Energie umgewandelt werden und ist in ihrer Sekundärform 'Wind' in der Lage, einen Windrotor zu drehen (und dadurch ebenfalls elektrische Energie zu produzieren), ohne dabei SO₂ und NO_x noch CO₂ abzugeben. Sie ist außerdem eine *Ordnung-schaffende Energie* (Pflanzen sind hoch-geordnete biologische Strukturen), die die durch die augenblickliche Energieverbrauchsstruktur inhärente Tendenz zur Unordnung (z.B. im Klimageschehen) auf der Erde ganz oder wenigstens teilweise kompensieren kann.

Der letzte Gedanke bedarf der Erläuterung: Wird ein abgeschlossenes System (wie die Erde) sich selbst überlassen, so verringert sich aufgrund des Entropiegesetzes der Ordnungszustand. (Bestes, oft zur Erläuterung und Verdeutlichung des schwierigen Begriffs der Entropie angeführtes Beispiel: Auf unserem Schreibtisch nimmt die Unordnung "von selbst" zu, sofern nicht gelegentlich eine "von außen wirkende" *ordnende Hand* wieder Ordnung schafft). Eine solche, von *außen wirkende* Ordnung-schaffende Energiequelle ist die Sonnenenergie in all ihren Formen, als direkte Solarstrahlung und in den Sekundärformen Wind, Wasserkraft und Biomasse.

4 Nutzung der solaren Syntropie im Bereich Wohnen und Bauen

Energiepolitisch wirksames Handeln kann im Bereich Wohnen und Bauen daher nur darin bestehen, den derzeitigen Energieverbrauch drastisch zu senken und vermehrt die

solare Strahlungsenergie zu nutzen, letzteres insbesondere im Neubau von Siedlungen. Die Drosselung des Energieverbrauchs ist – obwohl im Grunde nur eine "Reparatur-Maßnahme" – zum gegenwärtigen Zeitpunkt (d.h. bei den hohen Wärmebedarfs-Kennwerten von rund 200 kWh/m²a) ein wichtiges Werkzeug, den CO₂-Ausstoß zu verringern. Aber bedacht sollte dabei werden, daß die CO₂-Emission bei der Nutzung der Solarstrahlung erst gar nicht entsteht.

Mit Hilfe der thermodynamischen Beziehungen läßt sich berechnen, daß bei der Verbrennung von Heizöl für die Energiedienstleistung "warme Wohnung" nur 3 bis 5 % seines Energie-Wertes genutzt werden. Durch Verwendung fossiler Energiestoffe wird im Bereich der Wärmeversorgung unserer Wohnungen, d.h. in der Haustechnik, also

- Energie-Wertigkeit vergeudet, indem höchstens 5 % des Energiewertes für die Raumwärme umgesetzt werden; folglich
- fast der gesamte (zudem nur begrenzt verfügbare) hochwertige Energiestoff zu nicht mehr arbeitsfähiger, minderwertiger Abfall- (meist Umgebungs-) Wärme verwandelt, wobei
- die Verbrennung fossiler Energieträger neben sonstigem Müll das **Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂)** erzeugt.

Bei der Nutzung der Solarstrahlung in der Haustechnik ist die Bilanz der Energie-Wertigkeit sehr viel günstiger als bei der Verwendung fossiler Energieträger. So setzt z.B. die solare Brauchwasserbereitung den in der Strahlung enthaltenen Energiewert zu rund 60 % in Nutzwärme um, verglichen mit den oben genannten maximal 5 % beim Einsatz von Heizöl. *Cum grano salis* ist der Syntropiegehalt der Solarstrahlung – technisch effektiv eingesetzt – für sehr viele terrestrische Energiebelange völlig ausreichend, insbesondere für die Raumwärmeversorgung unserer Häuser und Wohnungen, sofern diese sehr gut gedämmt sind und dafür Niedertemperaturwärme ausreicht.

Während der Nutzung der Strahlungsenergie, z.B. für die Arbeitsleistung an unseren Wohnungen oder die Stromerzeugung durch Wasser- und Windkraft sowie durch Direktumwandlung mittels Photovoltaik, wird – wie zu erwarten – der Syntropiegehalt der Strahlung aufgebraucht, so daß die Sonnenergie als degradierte Wärme das System

'Erde' wieder verläßt, wie sie es auch tut, wenn wir sie nicht nutzen. Es wird also – im Gegensatz zur Verwendung der erdeigenen (fossilen oder nuklearen) Energieträger – **keine Energiewertigkeit vergeudet**, sondern lediglich ungenutzt gelassen, ohne Schaden für das Ökosystem 'Erde'.

Infolgedessen entstehen durch die Sonnenenergienutzung in der Bilanz des kosmischen Syntropieflusses keine Störungen, wie gelegentlich behauptet wird. Denn die hierbei eingesetzten Strahlungssammler (Sonnenräume/Wintergärten als "grüne Sonnenkollektoren", solar-thermische Sonnenkollektoren und Photovoltaik-Generatoren) stellen nur *Quasi-Energiesenken* dar, in die die solare Energie für die terrestrische Nutzung nur umgeleitet wird, ehe sie (nach Verlust ihrer Syntropie) im natürlichen kosmischen Energiefluß ohnehin – d.h. auch ohne daß wir sie für behagliches Wohnen nutzbar machen – als degradierte Wärme ins Weltall zurückfließt, – sofern der Mensch dies nicht durch eine übermäßige CO₂-Produktion (und zusätzlichen Treibhaus-Effekt) verhindert.

5 Energie-Grenzbelastung des irdischen Ökosystems und Folgerungen für die Raumwärmeversorgung in Münster

Aus der Betrachtung des Gleichgewichts von Bildung und Ausbeutung des erdeigenen Energiereservoirs und der Zustrahlung von Sonnenenergie hat der Physiker H.-P. Dürr abgeschätzt, wieviel Energie wir verbrauchen dürfen, ohne daß das 'Ökosystem Erde' in ein Ungleichgewicht gerät (H.-P. Dürr, "Die Zukunft ist ein unbetretener Pfad", Herder, Freiburg, 1995). Das Ergebnis der insgesamt sehr vorsichtigen Abschätzungen ist eine "Energie-Grenzbelastung des irdischen Ökosystems" von etwa 8 TW, was einer persönlichen Primärenergieleistung von ca. 1,5 kW entspricht (loc.cit., S. 163).

Am gesamten Personen-bezogenen mittleren Primärenergieverbrauch hat nach einer Studie von Greenpeace Schweiz (1990) der Sektor 'Wohnen' (Heizen, Warmwasser, Geräte, Licht) einen Anteil von 29 % (nach H.-P. Dürr, loc.cit., S. 168). Dabei ist der

mittlere pro-Kopf-Energieverbrauch der Schweizer mit 6,5 kWh/h etwa gleich dem des Mitteleuropäers (6 kWh). Daraus folgt für den Bereich 'Wohnen' eine Grenzbelastung von etwa 0,5 kW/P oder im Jahr (8760 h/a) **4380 kWh/P.a.**

Gemäß Anhang W.2 beträgt der Personen-bezogene Primärenergieverbrauch in Münster (Ist-Zustand 1990) 11.049 kWh/P.a. Rechnet man noch die Verbräuche für Licht und Geräte hinzu, die in der Grenzbelastung nach Dürr enthalten sind, und bedenkt, daß (nach einer Grafik der Stadtwerke Lübeck, 1992) Licht mit 1 %; Kühlen, Gefrieren, Waschen zusammen mit 6 % und Kochen mit 3 % an dem auf den Wohnbereich fallenden Anteil beteiligt sind, so beträgt die Primärenergie-Belastung in Münster rund **12.500 kWh/P.a.**

Aus dem Vergleich mit den nach Dürr "ökologisch zulässigen" 4380 kWh/P.a folgt, daß in Münster der Primär-Energiebedarf für den Sektor 'Wohnen' auf 35 %, d.h. **auf etwa ein Drittel des gegenwärtigen Standes zu reduzieren** ist, wenn eine Klima-verträgliche Primärenergieverbrauchs-Situation angestrebt werden soll.

Aufgrund der angeführten Grafik beträgt der Anteil für Heizen (innerhalb des Bereichs 'Wohnen') etwa 80 %. Damit darf – für eine Klima-verträgliche Situation – sein Anteil an der Grenzbelastung $4380 \times 0,8 = 3500$ kWh/P.a nicht überschreiten. Bei einer mittleren Wohnfläche in Münster von rund 36 m²/P folgen daraus als Grenzwerte für die

- Primär-Wärmebedarfs-Kennzahl 97 kWh/m²a
- End- (Nutz-) Wärmebedarfs-Kennzahl 67 kWh/m²a,

was nur durch Niedrigenergie-Bauweise und Nutzung der Solarenergie zu erreichen ist.

Auch an dieser Stelle möchte ich meinem langjährigen Mitarbeiter, Herrn Dipl.-Ing. J. Plagge, dafür danken, daß er mich auf die sehr interessanten Aufsätze von H.-P. Dürr aufmerksam gemacht hat.

(HW 5/95)

W.4

Einfluß der Gebäudeorientierung auf den passiv-solaren Energiegewinn in Münster

Arbeitspapier

**für den
Beirat für Klima und Energie
der Stadt Münster**

**Prof. Dr. H. Weik
23562 Lübeck**

Mai 1994

INHALT

- 1 Aufgabenstellung
- 2 Verfügbare Meßdaten für die Abschätzung der passiven Energiegewinne durch Fensterflächen
- 3 Gang der Rechnung/Abschätzung und Blockdiagramm der Arbeitsschritte
- 4 Passive Energiegewinne für ein Modellhaus mit $k_m = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ in Münster
- 5 Einfluß der Wärmebedarfskennzahl des Gebäudes auf den Energieeinspareffekt bei Südausrichtung der Hauptnutzräume
- 6 Zusammenstellung der passiv-solaren Energiegewinne durch eine Drehung der Gebäudehauptachse von Ost bzw. West nach Süd

1 Aufgabenstellung

Bereits auf der kommunalen Planungsebene (Bauleitplanung, Bebauungspläne) entscheidet es sich, ob das Wohnen in dem vorgesehenen Baugebiet bzw. in den dort errichteten Wohngebäuden Energie-sparend oder Energie-verschwendend sein wird.

Dabei kommt insbesondere den Bebauungsplänen eine große Bedeutung zu, weil hier festgelegt wird, wie die Gebäudeachsen, und damit im allgemeinen die Hauptnutzräume der Wohnungen, zur Sonne ausgerichtet sein werden. Dies bestimmt aber, wie nachfolgend gezeigt wird, die Besonnung einer Wohnung ebenso wie den nutzbaren passiven Energiegewinn während der Heizzeit.

Oft ist eine entsprechende Drehung der Gebäudeachsen innerhalb eines vorgegebenen Gebietes ohne weiteres und ohne besonderen Aufwand möglich, wie aus Bild 1 hervorgeht. Mit dem vorliegenden Papier sollte daher versucht werden abzuschätzen, wie sich eine Drehung der Gebäudeachsen im Bebauungsplan einer Siedlung aus der Ost/West- in die Südrichtung auf die passive Gewinnung und Nutzung der Sonnenenergie auswirkt. In einem weiteren Arbeitspapier (Anhang W.5; August 1995) wird auf das durch eine Drehung der Dach-Empfangsflächen in die Südrichtung mögliche bzw. erhöhte Nutzungspotential auch von aktiven Solartechniken eingegangen.

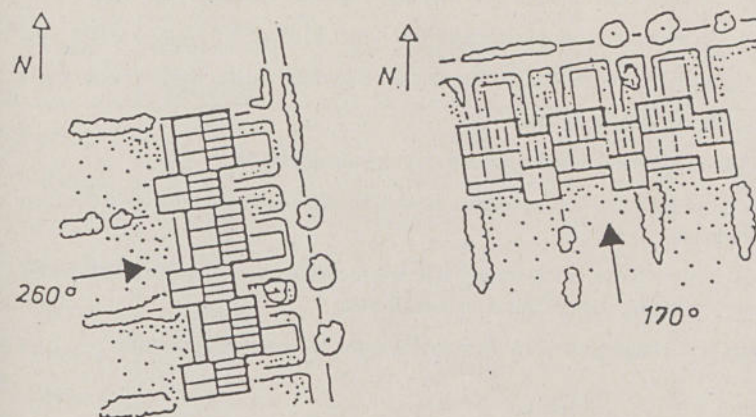


Bild 1 Zwei identische Gebäudegruppen mit unterschiedlicher Ausrichtung der Gebäudehauptachse und Fensterorientierung (schwarzer Pfeil)

2 Verfügbare Meßdaten für die Abschätzung der passiven Energiegewinne durch Fensterflächen

Da für Münster nicht alle, für die Abschätzung erforderlichen Meßdaten vorlagen, mußte auf Daten aus anderen Städten zurückgegriffen und diese auf Münster umgerechnet werden. So standen Vergleichsmessungen der photovoltaischen Erträge gleicher Fläche (und Maximal-Leistung) für vertikale Empfangsflächen in Ost-, Süd- und Westrichtung in Pirmasens zur Verfügung (je $4 \text{ kW}_{\text{peak}}$ -Anlagen der dortigen Stadtwerke), sowie Monatswerte der Außenlufttemperatur und Sonnenscheinstunden für Münster, Lübeck und Trier, schließlich gemessene Langzeit-Einstrahlungsdaten auf die 90° Süd-Empfangsfläche für Lübeck.

Für die Abschätzung des passiv-solaren Heizbeitrags von Fensterflächen ist nach dem Balcomb-Verfahren, das sich auch in unseren Klimaregionen bewährt hat (siehe z.B. H. Weik u.a., "Sonnenenergie für eine Umwelt-schonende Baupraxis", 2. Aufl., expert-verlag 1995), die Berechnung der thermischen Last eines Gebäudes erforderlich.

Für die vorliegende Abschätzung wurde das (relativ gut vermessene) Lübecker Solarhaus (vor der passiv-solaren Erweiterung) zugrunde gelegt; es hat eine beheizte Fläche von 156 m² und einen mittleren k-Wert von 0,35 W/m²K (Wand-k-Wert < 0,30 W/m²K). Da auch die Fensterfläche (Apertur der Strahlung) in die Rechnungen eingeht, wurden vier Modellfälle gerechnet:

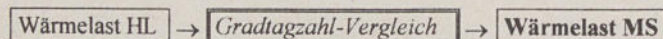
- Gebäude mit 8 m² Fensterfläche der Hauptnutzungsfassade
- Gebäude mit 12 m² Fensterfläche, beides für den Dämmstandard des Lübecker Solarhauses
- Gebäude mit besserer Dämmung, d.h. Wärmebedarfskennzahl um 50 kWh/m²a; 8 m² Fensterfläche der Hauptnutzungsfassade
- dasselbe Gebäude mit 12 m² Fensterfläche der Hauptnutzungsfassade.

3 Gang der Rechnung/Abschätzung und Ergebnisse

Die Abschätzung wurde nach folgendem Schema bzw. in den, zunächst verbal erläuterten und als Blockdiagramm illustrierten Arbeitsschritten vorgenommen, denen dann die auf diese Weise gewonnenen tabellarischen Rechendaten folgen:

(1) Umrechnung/Korrektur der Wärmelast des freistehenden, 156 m² großen Einfamilienhauses in Lübeck mittels Außenlufttemperatur- bzw. Gradtagzahl-Vergleich auf den Standort Münster (Tab.1; Daten aus U.Bossel, "Kosinus-Stunden", C.F.Müller, Karlsruhe 1979). Die Wärmelastdaten berücksichtigen bereits (über die "angepaßte Heizgrenztemperatur") die interne Wärmeerzeugung durch Personen und Geräte (vergl. H. Weik, Abschlußbericht BMFT-Forschungsvorhaben 033 5011 A, "Erweiterung des seit 1982 an der FH Lübeck bestehenden aktiv-solar beheizten Demonstrations-Einfamilienhauses mit passiven Komponenten bei gleichzeitiger Verbesserung des Wohnwerts", Febr.1993).

Blockdiagramm dieses Arbeitsschritts:

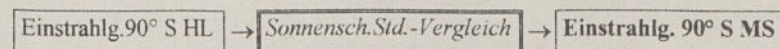


Tab.1 Umrechnung der Wärmelast Lübeck/Münster für ein gut gedämmtes Haus von 156 m² beheizte Wohnfläche ($k_m = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$)

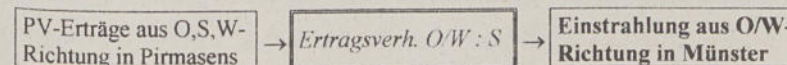
Monat	Wärmelast HL kWh/Mon	(ϑ_o) _{HL} °C	(ϑ_o) _{MS} °C	$[(20-\vartheta_o)]_{MS/HL}$	Wärmelast MS kWh/Mon
September*	346	14,0	14,2	0,967	335
Oktober	975	9,5	9,7	0,981	956
November	1578	5,2	5,7	0,966	1524
Dezember	2193	2,0	2,6	0,967	2121
Januar	2648	0,1	1,2	0,945	2502
Februar	2335	0,5	1,6	0,944	2204
März	1949	3,3	4,8	0,910	1774
April	1352	7,7	8,6	0,927	1253
Mai**	482	12,2	12,8	0,923	445
Heizperiode	13.854	6,1	6,8	0,948	13.131

* 26 d. ** 25 d

(2) Umrechnung/Korrektur der in Lübeck auf 90° Süd gemessenen Einstrahlungswerte (Monatssummen) auf eine 90° Süd-Empfangsfläche in Münster, wobei das Verhältnis der Sonnenscheinstunden von MS zu HL (nach Bossel, loc.cit.) während der Heizperiode benutzt wird (Tab.2: auf der folgenden Seite).



(3) Verwendung der gemessenen Monatserträge von je 4 kWp PV-Generatoren auf 90°-Empfangsflächen in Ost/Süd/Westaufstellung in Pirmasens (Bild 2); diese sind bekanntlich ein unmittelbares Maß für die Monatssummen der Einstrahlung in den betreffenden Richtungen und damit geeignet, zur Berechnung der in Münster zu erwartenden Einstrahlung auf Ost/West-Fensterflächen zu dienen (Tab. 3). Dieses Verfahren erscheint für die vorliegende Abschätzung angebracht, weil die Sonnenscheinstunden von Trier und Münster vergleichbar sind. (Vergl. Spalte 2, Tab. 3)



Tab. 2 Umrechnung der in HL gemessenen 90° S-Einstrahlung auf Münster

Monat	Einstr.HL	Sonnen		stun-	Einstr.MS
	90° Süd	HL	-schein-	MS/HL	
	kWh/m²M	h/M	h/M		90° Süd
					kWh/m²M
Sept *)	66,6	189	160	0,85	56,6
Okt	65	110	102	0,93	60,5
Nov	35,3	45	56	1,24	43,8
Dez	18,2	31	36	1,16	21,1
Jan	27,2	55	43	0,78	21,2
Feb	52,3	68	70	1,03	53,9
März	66,4	138	123	0,89	59,1
April	82,2	196	187	0,95	78,1
Mai **)	79,6	250	226	0,90	71,6
Hz-P.	493	1082	1003		466

Tab. 3 Ermittlung der Einstrahlung auf Ost/West-Fensterflächen in Münster

Monat	So.Scheinstunden	Einstr.Süd MS	Umrechn.faktor	Einstr. O/W MS
	MS/TR			
		(Sp.6. Tab.2)	(O/W) _m /S	
		kWh/m²M	(gem. Bild 2)	kWh/m²M
Sept *)	1,02	56,6	0,76	43,0
Okt	1,0	60,5	0,63	38,1
Nov	1,33	43,8	0,54	23,7
Dez	1,38	21,1	0,44	9,3
Jan	1,05	21,2	0,52	11,0
Feb	0,96	53,9	0,54	29,1
März	1,0	59,1	0,71	42,0
April	1,0	78,1	0,89	69,5
Mai **)	1,03	71,6	1,14	81,6
Hz-Periode		466		347

*) 26 d

**) 25 d

Erzeugte PV - Energie 1991 - 1992

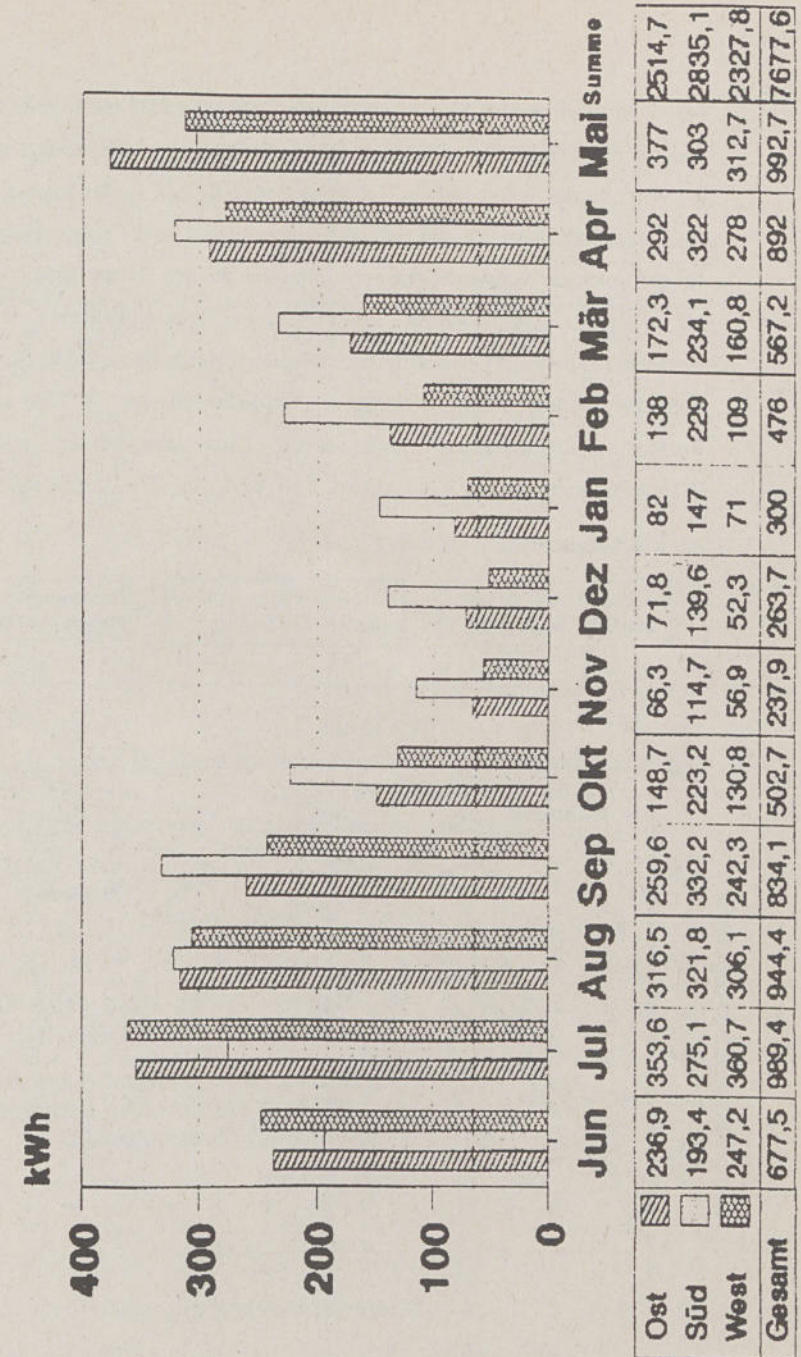


Bild 2 Erzeugte PV-Erträge auf Ost-, Süd- und West-Empfangsflächen in Pirmasens (je 4 kW_p-Generatoren; Quelle: Stadtwerke Pirmasens)

(4) Mit den errechneten Monatssummen der Einstrahlung (Spalte 6, Tab. 2 für südorientierte Fenster bzw. Spalte 5, Tab. 3 für Ost-West-Orientierung) wird nun, unter Verwendung der Wärmelast des Gebäudes (Spalte 6, Tab. 1), das Solar-Last-Verhältnis (SLV) gebildet und nach den Balcomb-Kurven (Bild 3) der solare Heizbeitrag (SHB) für die Gebäude-Konfigurationen mit unterschiedlichen Fensterflächen (8 m²; Apertur 7,7 m², und 12 m²; Apertur 11,5 m²) sowie unterschiedlichen Dämmstandards bestimmt (Tab 4 bis 7). Die Differenz der solaren Heizbeiträge ergibt dann die gesuchte Energieeinsparung infolge Drehung der Gebäudefront von Ost/West nach Süd. Der Rechnung zugrundegelegt sind dabei Thermoplus-Fenster mit temporärer Wärmedämmung, wobei $A_1 \cdot (\alpha\tau) = 5,7 \text{ m}^2$ bzw. $A_2 \cdot (\alpha\tau) = 8,51 \text{ m}^2$.

Als Blockdiagramm:

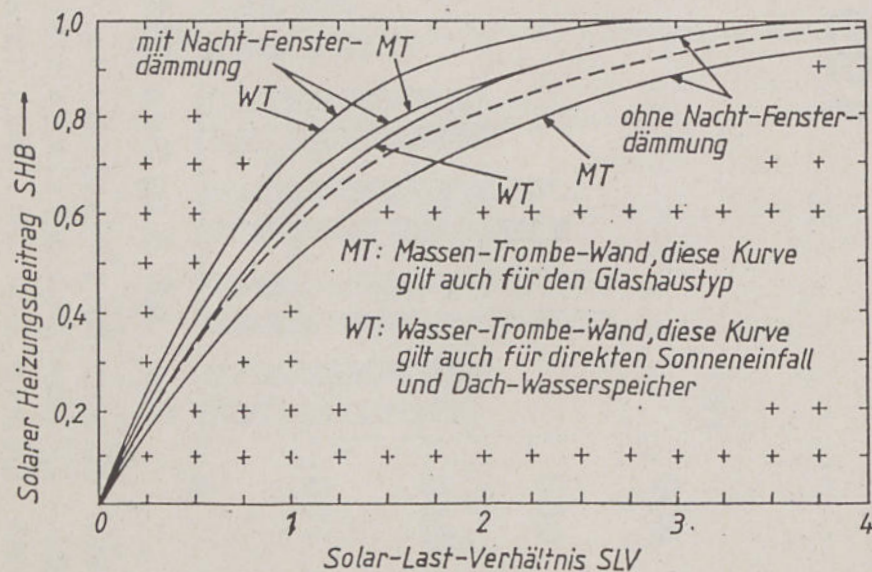
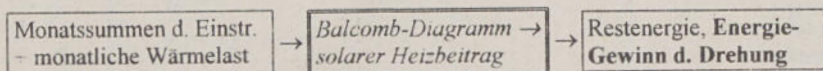


Bild 3 Solarer Heizbeitrag SHB als Funktion des Solar-Last-Verhältnisses

$$SLV = Q_{\text{solar}} / Q_{\text{total}} \cdot (\text{nach Balcomb})$$

Tab.4 Passiv-solare Energiegewinne bei Gebäudedrehung O/W → S (8 m² Fenster)

Mon	Wä.last	Einstr. 90° O/W				Einstr. 90° S				ΔQR
		SLV	SHB	Q _{Rest}	SLV	SHB	Q _{Rest}	Q _{Rest}		
		O/W	O/W	O/W	Sud	Sud	Sud	Sud		
		Sp.5 T.3				Sp.6 T.2				
	kWh/M	kWh/m ² M			kWh/M	kWh/m ² M			kWh/M	
S	335	43	0,73	0,59	137	56,6	0,96	0,68	107	30
O	956	38,1	0,23	0,22	746	60,5	0,36	0,34	631	115
N	1524	23,7	0,09	0,09	1387	43,8	0,16	0,16	1280	107
D	2121	9,3	0,02	0,02	2079	21,1	0,06	0,06	1994	85
J	2502	11	0,03	0,03	2427	21,2	0,05	0,05	2377	50
F	2204	29,1	0,08	0,08	2028	53,9	0,14	0,14	1895	133
M	1774	42	0,13	0,13	1543	59,1	0,19	0,19	1437	106
A	1253	69,5	0,32	0,31	865	78,1	0,36	0,34	827	38
M	445	81,6	1,05	0,73	120	71,6	0,92	0,66	151	-31
Hz.P	13.131	347			11332	466			10699	633

|—— 34 % mehr Sonne ——>|

En.Gewinn 5,6%

Tab.5 Passiv-solare Energiegewinne bei Gebäudedrehung O/W → S (A_F = 12 m²)

Mon	W.last	Einstr. 90° O/W				Einstr. 90° S				ΔQR
		SLV	SHB	Q _{Rest}	SLV	SHB	Q _{Rest}	Q _{Rest}		
		O/W	O/W	O/W	Sud	Sud	Sud	Sud		
		Sp.6 T.1				90° S				O/W-S
	kWh/M	kWh/m ² M			kWh/M	kWh/m ² M			kWh/M	
S	335	43	1,09	0,73	90	56,6	1,44	0,85	50	40
O	956	38,1	0,34	0,32	650	60,5	0,54	0,46	516	134
N	1524	23,7	0,13	0,13	1326	43,8	0,24	0,23	1173	153
D	2121	9,3	0,04	0,04	2036	21,1	0,08	0,08	1951	85
J	2502	11	0,04	0,04	2402	21,2	0,07	0,07	2327	75
F	2204	29,1	0,11	0,11	1962	53,9	0,21	0,21	1741	221
M	1774	42	0,20	0,20	1419	59,1	0,28	0,27	1295	124
A	1253	69,5	0,47	0,42	727	78,1	0,53	0,45	689	38
M	445	81,6	1,56	0,88	53	71,6	1,37	0,83	76	-23
Hz.P	13.131	347			10665	466			9.818	847

|—— 34 % mehr Sonne ——>|

En.Gewinn 7,8%

4 Passive Energiegewinne für ein Modellhaus mit $k_m = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ in Münster

Stünde das den Rechnungen zugrundeliegende Modellhaus in Münster, so wäre gemäß Tab. 4 und 5 durch eine Drehung der Hauptfensterfront (Nutz/Wohnräume) des/der Gebäude von Ost bzw. West in die Südorientierung während der Heizzeit

eine Zunahme der Besonnung um mehr als 30 %

zu erwarten, was allein schon einen *Gewinn an Wohnwert* darstellt, weil gerade in der dunklen Jahreszeit das Bedürfnis nach Sonne sehr groß (und die anti-depressive Wirkung der Strahlung bekannt) ist.

Da jedoch nicht die gesamte, durch die Fenster in die dahinter liegenden Nutzräume eintretende Strahlungsenergie in nutzbare Raumwärme umgesetzt wird, ist, wie aus den Rechenwerten der Tabellen 4 und 5 hervorgeht, die Energieeinsparung wesentlich geringer als der durch eine Gebäudedrehung bewirkte Gewinn an Besonnung. Insgesamt beträgt für die angenommene Fensterflächen und den k_m -Wert von $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ die

Energieeinsparung durch Drehung der Gebäudachse

- bei 8 m^2 Fensterfläche ca. 5,6 %
- bei 12 m^2 Fensterfläche ca. 8 %.

(Anzumerken ist, daß die Energiegewinne eher *zu gering abgeschätzt* sind, weil das Balcomb'sche Verfahren streng nur für südorientierte Flächen gilt; die Energiegewinne durch Einstrahlung aus Ost bzw. West stellen also einen *Bonus* dar.)

5 Einfluß der Wärmebedarfskennzahl des Gebäudes auf den Energieeinspareffekt bei Südausrichtung der Hauptnutzräume

Nach Tab. 4 und 5 hätte das Lübecker Solarhaus in Münster in der Stellung Ost/West während der Heizzeit einen Heizwärmebedarf von

- 11.332 kWh bei 8 m^2 Fensterfläche in der Hauptnutzungsrichtung (Gartenseite)
- 10.665 kWh bei 12 m^2 Fensterfläche.

Hinzu kommt der Wärmebedarf während des Sommers, der aufgrund des Verhältnisses der Gradtagzahlen für Münster Sommer/Heizzeit = $217/3564$ (G.Jurksch, HLH 27, H.1, S.5-9, 1976) abgeschätzt werden kann. Damit ergibt sich die Jahres-Wärmelast in der Gebäudestellung Ost/West

• bei 8 m^2 Fensterfläche zu	11.332	kWh/Heizzeit	
	690	kWh/Sommer	
zusammen	11.022	kWh/a	$\Rightarrow 77 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
• bei 12 m^2 Fensterfläche	10.665	kWh/Heizzeit	
	649	kWh/Sommer	
zusammen	11.314	kWh/a	$\Rightarrow 72 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Die Heizwärmebedarfs-Kennzahlen für das 156 m^2 große, freistehende Einfamilienhaus, das hier als Modellobjekt verwendet wird, liegen nach der Wärmeschutzverordnung '95 im oberen Bereich der zulässigen Wärmebedarfs-Kennzahlen. Es interessiert daher auch die Wirkung einer Gebäudedrehung aus der Ost- bzw. Westorientierung in die Südstellung bei einem verbesserten Wärmedämmstandard, z.B. bei Kennwerten um $50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, was im Bereich der Wärmebedarfs-Kennzahlen von Niedrigenergiehäusern liegt.

Eine Verringerung des mittleren k -Wertes wirkt sich nur auf die Transmissions-Wärmeverluste aus, während die Lüftungs-Wärmeverluste nur von der Gradtagzahl abhängen, sofern (was hier vorausgesetzt wird) Wärmerückgewinnung oder Vorwärmung der Raum/Frischlufte unberücksichtigt bleibt. Mit den obigen Grundannahmen (freistehendes Einfamilienhaus, nach Wohn- und Funktionsräumen unterschiedliche "angepaßte Heizgrenztemperatur" etc.; vergl. H.Weik, BMFT-Bericht Feb. 1993) ergeben sich für $k_m = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ die in Tab 6 und 7 aufgelisteten (den zu Tabellen 4 und 5 analogen) Wärmelast- und Restenergiedaten. (Die Spalten 3 bis 6 und 7 bis 10 der Tab. 7 sind analog Tab. 6 in 90° O/W bzw. 90° S -Werte unterschieden angeordnet.)

Tab. 6 Passiv-solare Energiegewinne bei Gebäudedrehung O/W → S

($k = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $A_F = 8 \text{ m}^2$; Wärmebedarfskennzahl $52 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

Mon	Wä.last	90° O/W				90° S				ΔQ_R
		Einstr.	SLV	SHB	Q_{Rest}	Einstr.	SLV	SHB	Q_{Rest}	
		Sp. 5 T. 3				Sp. 6 T. 2				
	kWh/M	kWh/m ² M			kWh/M	kWh/m ² M			kWh/M	
S	265	43	0,92	0,68	85	56,6	1,22	0,80	53	32
O	695	38,1	0,31	0,30	487	60,5	0,50	0,43	396	91
N	1076	23,7	0,13	0,13	936	43,8	0,23	0,22	839	97
D	1491	9,3	0,04	0,04	1431	21,1	0,08	0,08	1372	59
J	1740	11	0,04	0,04	1670	21,2	0,07	0,07	1618	52
F	1533	29,1	0,11	0,11	1364	53,9	0,20	0,20	1226	138
M	1241	42	0,19	0,19	1005	59,1	0,27	0,26	918	87
A	892	69,5	0,44	0,40	535	78,1	0,50	0,43	508	27
M	337	81,6	1,38	0,82	61	71,6	1,21	0,80	67	-6
Hz.P	9.270	347			7.574	466			6.997	577

|——— 34 % mehr Sonne ———>| En.Gewinn 7,6%

Tab. 7 Passiv-solare Energiegewinne bei Gebäudedrehung O/W → S

($k_m = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $A_F = 12 \text{ m}^2$; Wärmebedarfs-Kennzahl $48 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

Mon	Wä.last	90° O/W				90° S				ΔQ_R
		Einstr.	SLV	SHB	Q_{Rest}	Einstr.	SLV	SHB	Q_{Rest}	
		kWh/m ² M				kWh/m ² M				
S	265	43	1,38	0,82	48	56,6	1,82	0,93	19	29
O	695	38,1	0,47	0,42	403	60,5	0,74	0,60	278	125
N	1076	23,7	0,19	0,19	872	43,8	0,35	0,32	732	140
D	1491	9,3	0,05	0,05	1416	21,1	0,12	0,12	1312	104
J	1740	11	0,05	0,05	1653	21,2	0,10	0,10	1566	87
F	1533	29,1	0,16	0,16	1288	53,9	0,30	0,28	1104	184
M	1241	42	0,29	0,28	894	59,1	0,41	0,38	769	125
A	892	69,5	0,66	0,55	401	78,1	0,75	0,60	357	44
M	337	81,6	2,06	0,96	13	71,6	1,81	0,93	24	-11
Hz.P	9.270	347			6.988	466			6.161	827

|——— 34 % mehr Sonne ———>| En.Gewinn 11,8%

6 Zusammenstellung der passiv-solaren Energiegewinne durch eine Drehung der Gebäudehauptachse von Ost bzw. West nach Süd

Allein durch Änderung der Bebauungspläne derart, daß die Hauptnutzungsrichtung der zu errichtenden Gebäude einer Siedlung nach Süden weist, läßt sich ein erheblicher Energiegewinn und damit eine signifikante, der Energieeinsparung linear entsprechende CO₂-Einsparung erreichen.

Diese ist, wie zu erwarten, vom Dämmstandard des Gebäudes abhängig. Wird nach den Richtlinien der 1995 in Kraft tretenden Wärmeschutz/Heizwärmeverordnung (WSchVO '95) gebaut und liegt die Wärmebedarfs-Kennzahl zwischen 70 und 80 kWh/m²a, so erbringt eine Drehung der Gebäudeachsen in die Südrichtung *außer einer mehr als 30 %-igen Zunahme der Besonnung* eine

Energieeinsparung von

- 5,6 % bei 8 m² Fensterfläche und
- 7,8 % bei 12 m² Fensterfläche.

Wird das Gebäude so gedämmt, daß die Wärmebedarfskennzahl um 50 kWh/m²a beträgt, so erhöhen sich durch eine Drehung nach Süden – bei gleicher Zunahme der Besonnung – die

passiv-solaren Energiegewinne um

- 7,6 % bei 8 m² Fensterfläche
- 11,8 % (≈ 12 %) bei 12 m² Fensterfläche.

Aus den Rechnungen geht eindeutig hervor, daß die *Energieminderungsanteile* aus einer solar-günstigen Stellung/Orientierung des Baukörpers *mit rund 6 kWh/m²a* (bei 12 m² Fensterfläche) *signifikant* sind, und daß schon durch die Festlegung der Bebauungspläne, also bei den *frühesten Planungsschritten für ein Wohn/Siedlungsgebiet*, die Entscheidungen *für oder gegen ein energiesparendes Bauen* getroffen werden. Die nachfolgenden Planungsschritte (z.B. Festlegung eines hohen Dämmstandards) haben dann noch einen verstärkenden Einfluß.

(HW 5/94)

W.5

**Einfluß der Orientierung von
Dachempfangsflächen
auf den aktiven Solargewinn
in Münster**

Arbeitspapier

für den
Beirat für Klima und Energie
der Stadt Münster

Prof. Dr. H. Weik
23562 Lübeck

August 1995

INHALT

- 1 Einleitung
- 2 Modellrechnungen der Solarerträge auf geneigte Empfangsflächen unterschiedlicher Orientierung
- 3 Strahlungsmeßdaten aus der Ost- und Südrichtung in Lübeck 1994/95 und Umrechnung auf Münster
 - 3.1 Strahlungsdaten für Lübeck
 - 3.1 Aufbereitung der gewonnenen Meßdaten für die Region Münster
- 4 Bedeutung der Ergebnisse für eine solar-gerechte Bebauungsplanung:
 - 4.1 Einstrahlungsgewinne durch Orientierungsänderung
 - 4.2 Einstrahlungsmaxima und Nutzenergie-Gewinn durch Südorientierung
- 5 CO₂-Vermeidungspotential durch angepaßte Orientierung der Solarstrahlung-Empfangsflächen

1 Einleitung

Im Arbeitspapier W.4 des Verfassers (Mai 1994) "Einfluß der Gebäudeorientierung auf den passiv-solaren Energiegewinn" basierte die Abschätzung der durch eine Drehung der Hauptnutzungsfassade von Wohngebäuden *zusätzlich* bewirkten *passiv-solaren* Strahlungs/Besonnungs- und Energiegewinne auf Meßdaten von identischen, auf *vertikalen*, nach Ost, Süd und West orientierten je 4 kW-Photovoltaik-Generatoren, die unter Verwendung weiterer Vergleichsmessungen auf den Raum Münster umgerechnet wurden. Photovoltaik-Generatoren eignen sich zur Messung der Solarstrahlung, weil die von ihnen abgegebene elektrische Leistung proportional zur Strahlungsleistung ist.

Üblicherweise werden für den Energiegewinn aus aktiv-solaren Strahlungswandlern, also mittels Sonnenkollektoren für die Nutzwärmegewinnung oder Photovoltaik-Generatoren für die Erzeugung elektrischer Energie, geneigte Empfangsflächen (z.B. vorhandene Dachflächen) bevorzugt, weil dann die Erträge größer sind als bei horizontal oder vertikal montierten Strahlungswandlern.

Bei Einfamilien- und Reihenhäusern liegen im allgemeinen die Wohn- und Nutzräume parallel zur Traufe. Dadurch erhält bei einer vorgenommenen Drehung der Hauptnutzungsfassaden des Gebäudes in die Südrichtung auch das Schrägdach eine Süd-Orientierung. Da dadurch oft überhaupt erst aktive Solartechniken – z.B. für die Brauchwassererwärmung – möglich werden, war Ziel des vorliegenden Arbeitspapiers abzuschätzen, wie hoch der Strahlungsgewinn und damit das Nutzungspotential vor allem der thermischen Solartechnik durch Drehung der Gebäude in die Südrichtung ist.

2 Modellrechnungen der Solarerträge auf geneigte Empfangsflächen unterschiedlicher Orientierung

Im allgemeinen stehen Strahlungs-Meßdaten auf geneigte, nach Ost/West bzw. Süd orientierte Empfangsflächen nicht zur Verfügung. Es muß daher zur Abschätzung des Effekts einer Drehung der Empfangs- (z.B. Dach-) fläche auf die *aktiv-solaren Energiegewinne* auf Rechenmodelle zurückgegriffen werden.

Aus den im RWE-Bauhandbuch "Technischer Ausbau" (10. Ausgabe) wiedergegebenen Diagramme (Bild 1) folgt, daß bei nicht nach Süden orientierten Kollektoren mit z.T. erheblichen, Neigungs-abhängigen Ertragsminderungen zu rechnen ist.

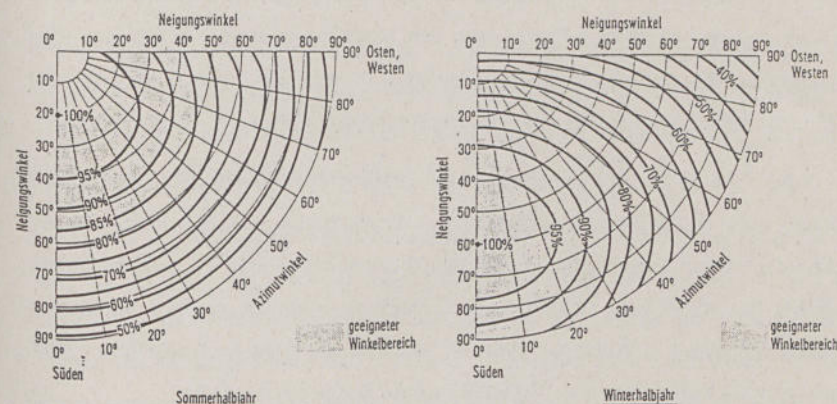


Bild 1 Einfluß von Neigung und Orientierung auf Solarerträge (RWE-Bauhandbuch)

Wählt man eine Kollektor-Neigung von etwa 40° gegen die Horizontale (in MS optimal für Sommernutzung), so ist bei Ost/West-Aufstellung mit einer Minderung der Erträge im Sommerhalbjahr um 85/95 gegenüber der Südorientierung zu rechnen. Im Winterhalbjahr beträgt diese aber bereits 53/95.

Umgekehrt erbringt eine Drehung der Hauptgebäudeachse (und der 40° -Dachfläche) von Ost/West nach Süd eine *Erhöhung der nutzbaren Einstrahlung* um

- $95/85 = 1,12$, d.h. 12 % im Sommer
- $95/53 = 1,79$, d.h. 79 % im Winter.

Während sich bei einer Orientierungsänderung von Ost/West nach Süd die Erträge von *vertikalen* Empfangsflächen *im Sommer* mindern (z.B. um 20 % im Juni, vergl. Bild 2 in W.4), ergibt sich für die *aktive Solarnutzung* im Sommer bei einer Neigung der Empfangsfläche von 30 bis 40° gegen die Horizontale, etwa für eine solare Brauch-wasserbereitung, eine *Erhöhung* der Erträge um ca. 12 %, was — bei gleicher Ertrags-erwartung — eine entsprechende Verkleinerung der Kollektorfläche erlaubt (und Investitionskosten einspart).

Im Sommer ist demnach der Einfluß einer 90° -Orientierungsänderung im Grunde ein vernachlässigbarer Effekt, weil dann in der Regel ausreichend Strahlung vorhanden ist (s. u.). Für die Herbst/Winternutzung sind die Konsequenzen einer nicht optimalen Dachorientierung jedoch signifikant: nach den Modellrechnungen erbringt eine Drehung der Dach-Empfangsfläche aus der Ost/West- on die Süd-Orientierung einen rund 80 %-igen Einstrahlungsgewinn mit einer entsprechend erhöhten CO_2 -Vermeidung.

Dabei ist noch gänzlich unberücksichtigt geblieben, daß durch die Orientierungs-änderung auch das nutzbare Intensitätsniveau der Strahlung, das unmittelbar das erreichbare Temperaturniveau (und damit den Nutzwert der solaren Technik) bestimmt, erheblich beeinflusst wird (s.u.). Die aus Ost/West-Richtung geringer einfallende Strahlungs-Intensität kann aber nur zum Teil, und dann nur durch leistungsfähigere (und damit teurere) Kollektoren bzw. Kollektorsysteme kompensiert werden.

3 Strahlungsmeßdaten aus der Ost- und Südrichtung in Lübeck 1994/95 und ihre Umrechnung auf Münster

Auf Rechenmodellen basierende Computersimulationen sind oft hilfreich, weil sie schnell zu Ergebnissen führen und Antworten auf die Variation einzelner Systemgrößen geben. Ihre Aussagekraft wird jedoch durch das der Rechnung zugrundeliegende Modell begrenzt, was letztlich unbefriedigend ist. Um dem abzuweichen, hat der Verfasser mit zwei gleichen Strahlungsmeßgeräten Ende Juli 1994 mit kontinuierlichen Messungen der sog. Tagessummen der Einstrahlung (in $\text{kWh/m}^2\text{d}$) auf nach Ost bzw. Süd ausgerichtete und unter 45° gegen die Horizontale geneigte Empfangsflächen begonnen. Die Ergebnisse lassen sich, wie unten gezeigt wird, ohne weiteres auf die Region Münster umrechnen.

Durch die täglichen/monatlichen Strahlungsmessungen werden nun genauere, und damit fundierte Aussagen zu der Frage möglich, wie sich eine Drehung der Gebäudeachsen – und im besonderen eine Ausrichtung der Dachflächen von Ost nach Süd –, die oftmals ohne große Schwierigkeiten im Bebauungsplan einer Siedlung bewerkstelligt werden kann (siehe Bild 1, Arb.Papier W.4), auch auf die aktive Gewinnung und Nutzung der Sonnenenergie auswirkt.

3.1 Strahlungsdaten für Lübeck

In Lübeck wurden täglich die sog. Tagessummen der Einstrahlung (= über den Tag integrierte Gesamtstrahlung auf die Empfangsfläche) erfaßt und registriert; ihre Summation über alle Tage der betreffenden Monate ergibt die *Monatssummen*; sie sind in den Spalten 2 und 3 der Tabelle 1 aufgelistet.

Für die verwendbaren Solarerträge sind jedoch nur die *nutzbaren Tage* von Bedeutung, d.h. die Tage, an denen die Tagessumme einen bestimmten Schwellenwert der Einstrahlung überschreitet; dieser kann aufgrund eigener, langjähriger experimenteller Erfahrungen mit solar-thermischen Systemen mit etwa $0,8 \text{ kWh/m}^2\text{d}$ angesetzt werden. Einstrahlungswerte unterhalb dieses Grenzwertes gehen im System im allgemeinen verloren.

Ferner sind – insbesondere für die Anwendung 'solares Heizen' – die *maximale Strahlungsintensität* eines Monats für die Beurteilung der Strahlungsqualität interessant (und wichtig für die Planung solarer Anlagen), weil daraus unmittelbar auf die maximal zu erreichende Speichertemperatur geschlossen werden kann.

(Die Gesamtstrahlung für einen bestimmten Monat *allein*, vor allem dann, wenn sie nur als sog. Globalstrahlung auf die horizontale Empfangsfläche vorliegt – im Strahlungsatlas sind für Münster nur Rechenwerte nach der sog. Angström-Beziehung zwischen relativer Globalstrahlung und Sonnenscheindauer angegeben –, ist für die Beurteilung des Potentials der aktiven Solartechnik wenig geeignet.)

3.2 Aufbereitung der gewonnenen Meßdaten für die Region Münster

Damit die in Lübeck registrierten Strahlungsmeßdaten auch für den Raum Münster Aussagekraft bekommen, müssen sie mit Hilfe relevanter Vergleichs-Meßdaten aufbereitet werden. Dafür bieten sich die sog. Sonnenscheinstunden an, die für Lübeck und für Münster *als Meßdaten* vorliegen. Dieses Verfahren erscheint vor allem deshalb zulässig, weil – insbesondere während der Heizzeit – nur die "nutzbaren Tage" (Tagessumme der Einstrahlung > 0,8 kWh/m²d; s.o.) interessant sind.

Die Aufbereitung der Daten erfolgte in folgender Weise:

(1) Die in Lübeck täglich erfaßten Tagessummen der Einstrahlung (in Tab. 1 nicht wiedergegeben) wurden über alle Tage der betreffenden Monate zu den *Monatssummen* aufsummiert (Spalten 2 und 3 der Tabelle).

(2) Mit dem Verhältnisfaktor der Sonnenscheinstunden für Münster (MS) zu denen in Lübeck (HL) für jeden Monat (vergl. Tab. 2, Arbeitspapier W.4) wurden die in Lübeck gemessenen *Tagessummen* multipliziert und daraus die *Anzahl der nutzbaren Tage in MS* für jeden Monat bei Ost- bzw. Südorientierung (Spalten 4 und 5), sowie die monatliche (nutzbare) Einstrahlungsenergie dieser Tage (Spalten 6 und 7) ermittelt. Um zu erkennen, inwieweit es sich bei der Meßperiode um ein "solares Durchschnittsjahr" handelte, sind in Klammern in Spalte 5 die langjährigen Mittel der nutzbaren Tage in Lübeck (bei 60° geneigter Empfangsfläche) angegeben.

(3) Aus Spalte 8 ist schließlich das Verhältnis der solaren Nutz-Energie aus Süd zu Ost, also das durch Drehung der Empfangsfläche aus der Ost- in die Südrichtung erzielbare Ausmaß des Strahlungsenergie-Gewinns abzulesen.

Tab. 1 In Lübeck (HL) gemessene 45° O und S-Gesamt-Strahlung der Monate 8/94 bis 7/95 und Umrechnung der eingestrahnten Energie mit Hilfe des Sonnenscheinstunden-Verhältnisses auf Münster (MS)

1	2	3	4	4	5	6	7	8
Monat	(H _n ^t) _{mon} (HL) (Meßdaten 94/95)	So -h MS/HL	Anzahl der nutzbaren Tage in MS		Einstrahl -Energie der nutzbaren Tage (MS)		Verhältn. Sp 7/6	
1994/5	kWh/m ² Mon		1994/95		kWh/m ² Mon			
	Ost	Süd	Ost	Süd *)	Ost	Süd		
Aug 94	104,6	125,4	0,87	30	30 (31)	90,5	108,5	1,20
Sept.	51,2	72,4	0,85	26	26 (25)	41,8	59,4	1,42
Okt.	41,1	84,0	0,93	18	26 (20)	30,8	75,2	2,44
Nov.	14,4	33,5	1,24	7	14 (13)	10,4	36,3	3,49
Dez.	7,1	21,3	1,16	1	11 (7)	0,8	20,5	25,63
Jan.95	9,8	29,2	0,78	0	9 (11)	0	16,5	–
Febr.	17,6	35,6	1,03	8	14 (15)	10,3	31,6	3,07
März	49,9	83,9	0,89	25	26 (21)	41,3	71,7	1,74
April	78,9	106,6	0,95	28	28 (25)	73,8	99,6	1,35
Mai	118,1	137,4	0,90	31	30 (29)	106,3	122,9	1,16
Juni	112,3	120,3	0,89	29	29 (29)	99,4	106,4	1,07
Juli	132,8	162,6	0,79	31	31 (31)	104,9	128,5	1,22
Jahr	737,8	1012,2	0,87	234	274 (257)	610,3	877,1	1,44

*) Die Werte in Klammern sind die langjährigen (1979 bis 1992) Mittelwerte der nutzbaren Tage auf 60° Süd in Lübeck.

4 Bedeutung der Ergebnisse für eine solar-gerechte Babauungsplanung

4.1 Einstrahlungs- und Ertragsgewinne durch Orientierungsänderung

Der energetische Vorteil einer Drehung der Gebäude-Hauptnutzungsfassade – und damit der Dach-Empfangsflächen für eine aktive Sonnenenergienutzung – ist evident. Bestätigt wird durch die Datenerfassung der durch die Modellrechnungen (s. Bild 1) erhaltene Befund, daß bei einer **Orientierungsänderung von Ost nach Süd** die Strahlungs-Erträge auf eine etwa 45° gegen die Horizontale (etwa für eine solare Brauchwasserbereitung) geneigte Empfangsfläche **im Sommer nur geringfügig** (7 bis 20 %, je nach Monat) erhöht; daß jedoch für die **Herbst/Winternutzung die Folgen einer Drehung** der Gebäudeachse, die zugleich eine Ost/West- in eine Süddach-Empfangsfläche umwandelt, **signifikant** und weit höher sind, als durch die auf Modellrechnungen basierenden Ertragsminderungs-Kurvenscharen im RWE-Bauhandbuch erwarten lassen.

Interessant ist die Beobachtung, daß es im Juni (1995) 8 Tage gab, an denen die (nutzbare) Tagessumme der Einstrahlung aus Ost **höher** war als aus Süd. Möglich ist, daß dieser Effekt nur mit der See-Wetterlage Norddeutschlands zusammenhängt, wo im Sommer auf einen oft wolkenlosen Himmel am Morgen die typische (z.T. länger anhaltende) Bewölkung am Mittag folgt. Das Verhältnis S/O-Monatssumme von nur 1,07 im Juni (Spalte 8, Tab. 1) ist das Fazit dieser Situation. Sofern also nur die Solarnutzung in den 4 Sommermonaten Mai bis August angestrebt wird, kann durchaus auch eine Ost- oder Westaufstellung der Kollektoren den Erfordernissen genügen.

Eine Abschätzung verdeutlicht dies: In 1994/95 betrug die Einstrahlung in den vier Sommermonaten (8/94; 5 bis 7/95) 401 kWh/m^2 (Ost) bzw. 466 kWh/m^2 (Süd); von einer 6 m^2 -Brauchwasseranlage (4 Personen) hätten damit bei einem mittleren Wirkungsgrad von etwa 50 % rund 1200 bzw. 1400 kWh geerntet werden können. Vier Personen brauchen pro Tag etwa 10 kWh/d an Brauchwasserwärme, in den 123 Tagen von Mai bis August also 1230 kWh. Bei Süd-Aufstellung der Kollektoren ist mit ausreichend Solarwärme zu rechnen (und sogar rund 10 % "Sicherheit" vorhanden), bei Ost-Aufstellung wird der Wärmebedarf mit den 6 m^2 Kollektorfläche nur ganz knapp zu decken sein. Die Deckungslücke kann **im Sommer** im allgemeinen durch Vergrößerung des Kollektorfeldes ausgeglichen werden.

Insgesamt ist festzustellen, daß durch die Gebäudedrehung

- die *Nutzungsdauer* erheblich verlängert wird, wie unmittelbar einleuchtet und aus Sonnenstandsdiagrammen auch ablesbar ist,
- der Gewinn an nutzbarer *Jahres-Strahlungsenergie* um 40 bis 45 % zunimmt (Tab. 1, letzte Zeile, Spalte 8),
- demgegenüber der Strahlungsgewinn während des *Winterhalbjahres* (Okt. bis März) 170 % beträgt. Im Dezember und Januar ist in der Ostlage überhaupt keine Strahlung zu nutzen;
- sich die maximale *Strahlungsintensität* (und damit das unmittelbar daraus resultierende maximal erreichbare Temperaturniveau) in Südausrichtung signifikant – und Jahreszeit-abhängig – gegenüber der Ost-Orientierung erhöht, mit Unterschieden von $\Delta \approx 120$ bis 150 W/m^2 im Sommer, und zu den Wintermonaten hin zunehmend auf $\Delta \approx 400 \text{ W/m}^2$ im Dezember und Januar (s. folgenden Abschnitt).

4.2 Einstrahlungsmaxima und Nutzenergie-Gewinn durch Südorientierung

Bei Ost/West-Orientierung wäre – rein rechnerisch – der "fehlende" Solarertrag durch eine entsprechende Vergrößerung der Kollektorfläche auszugleichen; dies führt in den Sommermonaten auch zu brauchbaren Resultaten. Auch die aus Ost/West-Richtung (selbst im Sommer) geringer einfallende *Strahlungsintensität* kann im allgemeinen toleriert werden, weil immerhin Maximalwerte um (oder sogar wenig über) 800 W/m^2 auftreten.

Im Winter sind dagegen die Intensitätswerte sehr stark reduziert, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, die Meßwerte nur für Lübeck enthält (die aber tendenziell auch für Münster gelten können). Hier die Deckungslücken solar zu schließen, gelingt nur zum ganz geringen Teil, und dann im Prinzip nur durch leistungsfähigere (und damit teurere) Kollektoren bzw. Kollektorsysteme.

Tab. 2 In Lübeck gemessene Monatssummen der Gesamtstrahlung unter 45° in Ost- bzw. Südaufstellung und Tagesmaxima der Strahlungsintensität

Monat 1994/95	$(H_n \cdot t)_{\text{mon}}$ kWh/m ² mon		max. Bestrah- lungsstärke W/m ²		gemes- -sen am
	Ost	Süd	Ost	Süd	
Aug.94	104,6	125,4	830	950	10.08
Sept.	51,2	72,4	610	935	28.09.
Okt.	41,1	84,0	590	850	06.10.
Nov.	14,4	33,5	415	740	03.11.
Dez.	7,1	21,3	235	615	14.12.
Jan.95	9,8	29,2	210	610	17.01.
Febr.	17,6	35,6			
März	49,9	83,9			
April	78,9	106,6			
Mai	118,1	137,4			
Juni	112,3	120,3			
Juli	132,8	162,6	845	995	02.07.

Zur Illustration ist in Bild 2 der Tagesgang der Bestrahlungsstärke (in W/m²) in Lübeck auf die 45° Ost- bzw. Süd-Empfangsflächen am 14.12.1994 wiedergegeben.

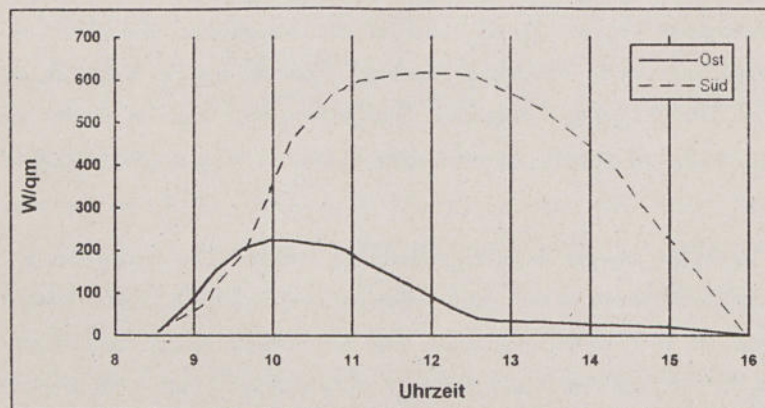


Bild 2 Tagesgang der Bestrahlungsstärke auf 45° geneigte Ost- bzw. Süd-Empfangsflächen in Lübeck am 14.12.1994. Tagessummen = Fläche unter den Kurven

5 CO₂-Vermeidungspotential durch angepaßte Orientierung der Solarstrahlung-Empfangsflächen

Gemäß Strahlungsmeßdaten von 1994/95 in Tab. 1 bewirkt eine Drehung der Dach-Empfangsfläche in die Südrichtung in Münster ein Plus an nutzbarer Jahres-Solarenergie von etwa 600 kWh/m²a auf nahezu 900 kWh/m²a, also von rund 50 %.

Nimmt man eine Brauchwasser-Nutzung an (6 m² pro Anlage, d.h. pro Wohneinheit) und legt einen mittleren Jahres- (= System-) Wirkungsgrad von 0,35 (= 35 %) zugrunde, so beträgt der durch Drehung des Gebäudes im B-Plan – d.h. ohne jeden Energie- oder Kostenaufwand – mögliche Nutzenergiegewinn (= Einsparung sonst eingesetzter fossiler oder nuklearer Endenergie):

$$300 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 6 \text{ m}^2/\text{WE} \times 0,35 = 630 \text{ kWh/WE a.}$$

Werden pro Jahr 1600 WE neu gebaut und wird mit einer Installationsdichte von 30 % gerechnet, und wird ferner angenommen, daß wegen der bei heutiger Praxis einer "statistischen" Gebäudeausrichtung in den B-Plänen die Forderung der solar-relevanten Bebauungsplanung nur zu 50% greift, so ergibt sich für Münster eine Gesamt-Energieeinsparung durch solare Brauchwasserbereitung von

$$630 \text{ kWh/WE.a} \times 1600 \text{ WE/a} \times 0,3 \times 0,5 = 151.200 \text{ kWh/a/a,}$$

die sich über den gesamten Zeitraum der Neubauaktivitäten (und der Energie-relevanten B-Planung) kumulieren. So wird z.B., wenn beide Prämissen Gültigkeit behalten und heute (1995) mit der Umsetzung angefangen wird, die jährliche Energieeinsparung durch eine solare anstatt konventionell erzeugte Brauchwassererwärmung im Jahr 2005 gegenüber heute in Münster

$$\text{mehr als } 1.500.000 \text{ kWh/a} = 1.500 \text{ MWh/a}$$

Wärme-Energie eingespart werden können.

Wieviel CO₂ dadurch vermieden wird, hängt davon ab, welche konventionelle Wärmeerzeugung die Solaranlage ersetzt.

Substituieren die Solaranlagen "normale" Heizöl-Wärmeerzeugungsanlagen, so werden – bei einem Systemwirkungsgrad der Ölheizung von 0,8 im Winter und 0,6 im Sommer, d.h. bei einem gewichteten Mittel von 0,75 – rund 840 kWh/a Heizöl pro Wohneinheit eingespart und dadurch (vergl. Anhang W.2 für CO₂-Emissionsfaktoren)

$840 \text{ kWh Heizöl/WE a} \times 0,27 \text{ kg CO}_2/\text{kWh Heizöl} = 227 \text{ kg CO}_2/\text{WE a}$
vermieden. Substituiert die Solaranlage (bei solar-gerechter Gebäudeorientierung und optimaler Dachneigung) den derzeitigen Energiemix in Münster, so beträgt, da es sich bei den Energiedaten der Stadtbezirke um *Endenergieverbräuche* handelt, der System-Wirkungsgrad also eingeschlossen ist, der CO_2 -Faktor $0,284 \text{ kg/kWh}$ (s. Teil II, Erläuterungsbericht zu Empfehlung B1), so daß eine geringere CO_2 -Vermeidung resultiert:

$$630 \text{ kWh/WE a} \times (0,284 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}) \approx 180 \text{ kg CO}_2/\text{WE a.}$$

Auf die Neubaurate in Münster und die obige Installationsdichte (30 %) sowie die Wahrscheinlichkeit der solar-gerechten B-Planung (50 %) bezogen ergibt sich eine jährliche CO_2 -Vermeidung von

$$180 \text{ kg/WE.a} \times 1600 \text{ WE/a} \times 0,3 \times 0,5 = 43,2 \text{ t/a/a,}$$

akkumulierend für jedes Jahr der obigen Neubaurate. D.h. in 10 Jahren (im Jahr 2005) könnte durch die Maßnahme – wenn sie so angewandt würde – der CO_2 -Jahresausstoß um 430 t/a gesenkt werden.

Dies zu erreichen ist *allein eine kommunale Planungsaufgabe*, nämlich zur erhöhten Sonnenenergie-Nutzung in Neubaugebieten anstatt Nord-Süd-Häuserzeilen *Ost-West-zeilen* vorzusehen, was durch eine entsprechende Ausgestaltung der Bebauungspläne erreicht bzw. ermöglicht werden kann. Das relevante Instrument ist der B-Plan, und zwar die §§ 9(1) Nr. 2 BauGB i.V.m. und 23 BauNVO, in denen die Stellung der baulichen Anlagen behandelt wird; ferner § 9(1) Nr.1 BauGB i.V.m. sowie §§ 16, 18, 22, 23 BauNVO (Vermeidung von Verschattungen sowie Höhe baulicher Anlagen und Staffelbauweisen und Abstände). (Zitiert nach A. Jacob, "Energie-relevante Darstellungen und Festsetzungen in der Bauleitplanung", in Erneuerbare Energie-quellen und rationelle Energieverwendung in Kommunen", Zweites Umweltforum des G.St.B. Rheinland-Pfalz, Rockenhausen, 16./17.10.1992.)

(HW 8/95)

W.6

Niedertemperaturwärmebedarf der Schulen in Münster

und Anregungen zur
Erziehung der Schüler zu Umweltbewußtsein

Arbeitspapier

für den Endbericht des
Beirats für Klima und Energie
der Stadt Münster

Prof. Dr. H. Weik
23562 Lübeck

Tabellenkalkulation:
Dipl.Ing. R. Blohm
Ing.Büro für rationelle Energienutzung
23552 Lübeck

Juni 1995

INHALT

- 1 Einleitung: Problemstellung
- 2 Auswertung der vorhandenen Daten und Aussagegrenzen
- 3 Energetische Sanierung der Schulen. Beispiele von Energieverbrauchmindernden Maßnahmen
- 4 Diskussion und Bewertung der Daten und Ergebnisse
- 5 Schulische Erziehung zu größerem Energie- und Umweltbewußtsein

1 Einleitung: Problemstellung

Die CO₂-Problematik betrifft nicht nur die Wärmeversorgung der privaten Haushalte, also Wohnungen und Häuser, sondern ebenso die Beheizung der öffentlichen Gebäude. Diese haben zahlenmäßig zwar einen geringeren Anteil, aber ihre beheizte Fläche ist ungleich größer: dadurch ist der CO₂-Effekt, der durch die öffentlichen Gebäude und Einrichtungen – und der in ihnen tätigen Nutzergruppen – ausgelöst wird, durchaus nicht vernachlässigbar.

Es lag daher im Aufgaben- und Arbeitsbereich des Beirats, hier Daten zu sammeln, um daraus Ergebnisse zum Energieverbrauch und zur CO₂-Emission auch dieses Bereichs sowie etwaige Trends herauszufinden, um daraus Handlungsempfehlungen für die Reduzierung abzuleiten. Aufgrund der bisher verfügbaren Energiedaten erschien es angebracht, zunächst die Schulgebäude in Münster auf ihren Energieverbrauch und die sich daraus ergebenden CO₂-Emissionen hin zu untersuchen.

Die vom Hochbauamt zur Verfügung gestellten Daten waren allerdings nur zum Teil von Nutzen, weil sie vielfach inkonsistente Ergebnisse lieferten. Die Gründe liegen zum einen in der unvollständigen Kompilation, dann aber vor allem offenbar in der mangelhaften Ungeübtheit der Hausmeister im Ablesen von Energieverbräuchen, aber auch in teilweise fehlerhaften Flächenangaben, die zu geradezu unsinnigen Flächenbezogenen Energieverbrauchs-Kennzahlen führten (s.u.).

2 Auswertung der vorhandenen Daten und Aussagegrenzen

1980 gab es in Münster 100 Schulen mit 39.680 Schülern, die sich 1992 auf 28.961 Schüler in 91 Schulen reduzierten (Quelle: Stadt Münster, statistischer Jahresbericht 1992). Die Daten des Hochbauamtes verzeichnen weit mehr als 100 Schulobjekte, so daß schon aufgrund der Anzahl der aufgeführten Gebäude einige Fragezeichen zu setzen sind. Daher wurde mit etwas "Vorsicht" an die Datenaufnahme und deren Auswertung herangegangen. Dabei wurde versucht, aus der Datenfülle die Energieverbräuche der einzelnen Schulen nach Energieträgern getrennt zu extrahieren und daraus den flächenbezogenen End-Wärmeverbrauch zu berechnen, der bei Wohngebäuden als *Wärmebedarfs-Kennzahl* die Energie- und CO₂-relevante Bewertungsgröße liefert.

Tabelle 1 (S. 9 ff) gibt die aus den erfaßten Daten herausgelesenen Informationen. Sie sind jedoch lückenhaft, wie einleitend erwähnt. So wurde in der Gesamtaufstellung z.B. bei der Kardinal-von-Galen-Schule offenbar nur *ein* Gebäudeteil aufgenommen (in der Tabelle unter Nr. 64), während die genaueren Recherchen (die aber aus Zeitgründen nicht überall vorgenommen werden konnten) infolge der gerade an dieser Schule durchgeführten technischen Umstellungen am Heizungssystem zu ganz anderen Wärmeverbrauchsdaten führten (s. nächstes Kapitel).

Die formale Auswertung der uns erst zu Beginn dieses Jahres zur Verfügung gestellten Energie- und Flächendaten ergaben flächen-spezifische Jahres-Energieverbrauchsdaten von 769 bis 11 kWh/m²a (Ordnung der Tabelle nach abnehmenden Wärmebedarfskennzahlen; Numerierung der Objekte zufällig.).

Da im unteren Bereich ganz offensichtlich Datenfehler vorliegen (die Energie und/oder beheizte Flächen betreffend), wurden alle Schulen mit Wärmebedarfs-Kennzahlen *unter 120 W/m²a* (8 Schulen) aus der Tabelle gestrichen. Dies ist natürlich eine willkürlich festgesetzte Grenze, die allein durch die Daten für das Schulzentrum Kinderhaus gerechtfertigt erscheint (s. nächstes Kapitel). So ist auch der errechnete Mittelwert der Wärmebedarfs-Kennzahl von rund 250 kWh/m²a eine "fiktive" Zahl ohne jeden größeren Wahrheitsgehalt.

Hier ist also noch dringender Handlungsbedarf vorhanden bzw. eine wesentlich genauere und sorgfältigere Daten-Kompilation erforderlich, wenn verlässliche Aussagen zum Energieverbrauch gemacht und eine daraus sich ableitende Handlungsempfehlung gegeben werden soll.

In diesem Zusammenhang wäre zu überlegen, ob nicht – vielleicht im Rahmen einer Studienarbeit an der Fachhochschule Münster – die Energieverbräuche der Schulen und anderer öffentlicher Gebäude sowie die zugehörigen Nutzflächen genauer vermessen (und damit gleichzeitig die Hausmeister dazu angeleitet) werden könnten, um zuverlässigere Daten zu gewinnen und daraus gleichzeitig die für jedes Objekt geeignete energetische Sanierung vorzuschlagen, inklusive der unbedingt erforderlichen baulichen Maßnahmen (und dies auch unter Einbeziehung von Solartechniken).

3 Energetische Sanierung der Schulen. Beispiele von Energieverbrauchs-mindernden Maßnahmen

Nach Angaben des Hochbauamts Münster sind so gut wie alle (ca. 80) Schulen in Münster in den letzten Jahren "technisch saniert" worden, d.h. die vorhandenen Elektroheizungen (wie z.B. im Pavillon der v.-Galen-Schule) wurden durch Gasheizungen ersetzt (teilweise in Verbindung mit Brennwertkessel), automatische Regelungen wurden eingebaut und die Systeme hydraulisch abgeglichen.

Was dadurch erreicht wurde, sei an den folgenden drei Beispielen demonstriert:

1. Kardinal-von-Galen-Schule

Fläche: 1349 m²; 1990/91 saniert;
Gas-Brennwertkessel, etc.; Energieträger: Erdgas

Energiedaten:

1989:	108.500 kWh _{el} /a	Strom	
	<u>397.000 kWh/a</u>	Heizöl (39.700 Liter)	
	505.500 kWh/a		⇒ 374,7 kWh/m ² a

1991:	383.500 kWh/a	(28.500 m ³ Erdgas)	
1992:	235.180 kWh/a	(21.380 m ³ Erdgas)	
1993:	269.500 kWh/a	(24.500 m ³ Erdgas)	
1994:	<u>225.412 kWh/a</u>	(20.492 m ³ Erdgas)	
Mittel '91–'94	278.398 kWh/a		⇒ 206,4 kWh/m ² a.

2. Schulzentrum Kinderhaus

Fläche: 18.699 m²; teilsaniert; Energieträger: Erdgas

Energiedaten:

1989:	3.234.000 kWh/a	(294.000 m ³)	⇒ 173 kWh/m ² a
1994:	2.476.860 kWh/a	(225.169 m ³)	⇒ 132,5 kWh/m ² a

3. Schulzentrum Wolbeck

Fläche: 16.632 m²; technisch saniert; Energieträger: Erdgas + Heizöl

Energiedaten:

1994:	2.638.900 kWh/a	(239.900 m ³ Erdgas)	
	+ 195.000 kWh/a	(19.500 l Heizöl)	
	<u>+ 757.000 kWh/a</u>	(75.700 l Heizöl)	
Summe	3.590.900 kWh/a		⇒ 215,9 kWh/m ² a

Im Schulzentrum Wolbeck beträgt der Anteil des Erdgases am Gesamt-Energieverbrauch 73,5 %; der Heizöl-Anteil somit 26,5 %. Mit den Umrechnungen (für Münster; s. Arbeitspapier W.2) 200 t CO₂/10⁶ kWh (Gas) und 270 t CO₂/10⁶ kWh (Heizöl) ergibt dies eine jährliche CO₂-Emission – allein durch die Beheizung des Schulzentrums – von 777 t/a. Könnte durch bauliche Sanierung der Wärmebedarf um lediglich 26 % eingespart werden (= Anteil des Heizöls), so würden *mehr als 250 t CO₂ pro Jahr vermieden* (= 33 %).

Zum Vergleich mit den Energieverbräuchen der Schulen in Münster seien hier die Energieverbrauchsdaten vom Stadthaus 2 am Lutgeriplatz aufgenommen. Das Gebäude ist in der Standard-Technik der 70-er Jahre ausgeführt (hat schlechte Fassade) und wurde bisher weder energetisch noch baulich saniert.

• **Stadthaus 2 (am Lutgeriplatz)**

Fläche: 7.833 m²; technisch nicht saniert; Energieträger: Fernwärme

Energiedaten:

1989:	960.000 kWh/a	⇒ 122,7 kWh/m ² a
1994	1.076.000 kWh/a	⇒ 137,4 kWh/m ² a.

Bei den Verbrauchsdaten ist zu berücksichtigen, insbesondere beim Vergleich zwischen 1989 und 1994, daß die Jahresmitteltemperaturen 1994 etwas niedriger waren als 1989 bzw. die Gradtagszahlen etwas höher:

- 1989	3346 Kd	
- 1994	3476 Kd	⇒ Differenz: +3,9 %.

Gegenüber dem Gradtagszahl-Unterschied von +3,9 % ist der Energieverbrauch mit 12 % also *überdurchschnittlich* angestiegen, was nur im lässigeren Umgang mit dem Raumwärmeangebot/bedarf begründet sein kann; denn die Zunahme von Computerausstattung in den Büros sollte wegen der damit verbundenen Wärmeentwicklung den konventionellen Wärmebedarf *eher mindern als erhöhen*.

4 Diskussion und Bewertung der Daten und Ergebnisse

Die Ergebnisse der Energieverbrauchsstatistiken, insbesondere der in Kap. 3 aufgeführten energetisch genauer erfaßten Beispiele, zeigen, daß mit *technischen Maßnahmen* einiges erreicht werden kann, vor allem dann, wenn die Ausgangssituation als "energetisch ungenügend" einzustufen ist.

Sie zeigen aber auch deutlich die Grenzen dieser Maßnahmen auf.

Dies betrifft zum einen die erreichte (bzw. erreichbare) Wärmebedarfskennzahl, die jedoch – siehe die 215 kWh/m²a der von-Galen-Schule – immer noch sehr hoch (zu hoch!) ist, höher als die Wärmebedarfs-Kennzahl der Wohngebäude. (Da in Schulen der Brauchwasserbedarf gering ist, wird hier nur mit dem Raumwärme-Bedarf der privaten Wohngebäude verglichen, siehe Anhang W.2).

Es betrifft zum andern aber auch die grundsätzliche Signifikanz dieser Größe als Bewertungsmaß für Energie- und Umwelt-bewußtes Bauen und Verhalten. Da öffentliche Bauten, vor allem die Schulen, großflächige Gebäude sind, ist die Wärmebedarfs-Kennzahl, also die Nutzwärme-Energie pro qm beheizter Fläche, eine für die Charakterisierung des Gebäudes *nicht ausreichende Kenngröße*. Sie sollte *zusätzlich auch* als Schüler/Nutzer-bezogene Größe angegeben werden, um zu zeigen, welchen Anteil am CO₂-Problem der Sektor *Erziehung und Ausbildung* (bzw. "Erziehung zur Verhaltensänderung" der Berufstätigen in öffentlichen Gebäuden) hat.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist außerdem zu bedenken, daß bei den großen Flächen – das Schulzentrums Kinderhaus hat eine beheizte Fläche wie 215 Wohnungen mittlerer Größe in Münster (86,9 m²/WE: vgl. Anhang W 1) – eine auch nur relativ geringe Verringerung des *Flächen-spezifischen Wärmebedarfs* zu signifikanten *Gesamtenergie-* und CO₂-Reduzierungen führt. Hier sind auch baulich-energetische Sanierungen sinnvoll, selbst wenn – aus finanziellen (oder Denkmal-pflegerischen) Gründen – nur Teil-Sanierungen möglich sind.

5 Schulische Erziehung zu größerem Energie- und Umweltbewußtsein

Energie- und Umweltbewußtsein kommt nicht von alleine; es muß den Menschen frühzeitig nahegebracht werden, entweder im familiären Umfeld, oder – was als ein durchaus geeignetes 'Vehikel' erscheint – im Rahmen der schulischen Erziehung, die vor al-

dem 'Verhaltens-bedingte' Einsparpotentiale ausschöpfen kann, was die Einbeziehung von Schülern, Lehrern und Hausmeister erfordert (und volles Engagement, insbesondere vom Lehrpersonal).

Von den vielen denkbaren Möglichkeiten seien nur einige hier angeführt:

1. Aufnahme eines speziellen Unterrichtsfachs 'Umwelt & Energie' in die naturwissenschaftliche Ausbildung mit dem Ziel, in die Grundlagen der Energie- und Klimaproblematik einzuführen bzw. sie zu vertiefen
2. Praktische ("lernende") Heranführung der Schüler an Klima- und Energieprobleme durch Arbeitsgruppen zu energie-relevanten Themen bzw. Projektwochen z.B. über Sonnenkollektoranlagen, etc., mit anschließender Besichtigung von Pilotprojekten (dieses Angebot wurde von den Lübecker und Umland-Schulen sehr oft und mit großem Erfolg angenommen).
Beispiele von größeren Projekten sind das solar-betriebene Boot und das mit Sonnenstrom fahrende Auto der Berufsbildenden Schulen Cuxhaven (s. Stromthemen 6/95)
3. 'Wetstreit der Schulen' im Energiesparen und Energie-bewußten Verhalten durch
 - bewußte Identifizierung des Schulleiters mit dem Erfolg der von seiner Schule eingeleiteten Energie-Einsparmaßnahmen
 - finanzielle Beteiligung der Schulen an der Betriebskosten-Einsparung infolge von Energieverbrauch-reduzierenden Maßnahmen, z.B. nach dem Hamburger "fifty-fifty"-Modell, bei dem den betreffenden Schulen die Hälfte der durch die Maßnahmen eingesparten Energiekosten zur Verfügung gestellt werden.

(HW 6/95)

Ingenieurbüro
für rationelle Energienutzung

R. Blohm
M. Pietzner

Kanalstraße 52 • D - 23552 Lübeck • Telefon: (0451) 7 69 08 • Telefax: (0451) 7 47 85

Energieverbräuche der Schulen in Münster

Bearbeitet: R. Blohm,

Datum: 22.6.1995

Energieverbräuche: Stadt Münster 1994

Kesselnutzungsgrad: 0,8
Energiegehalt Gas: 11 kWh/m³
Energiegehalt Öl: 10 kWh/Liter

Nr.	Gebäude	Schlüsselnr.	Nutzfläche	umb. Raum	Energieträger	Energie-Verbrauch 1994, abgelesen	Endenergie-Verbrauch 1994	Wärme-Verbrauch pro Nutzfläche	Bemerkungen
16)	Brüder-Grimm-Schule, Scheibenstr. 114 A	58651141	572 m ²	4.038 m ³	Gas	40.000 m ³ /a	440.000 kWh/a	769 kWh/m ² /a	nur Turnhalle
15)	Gottfried-von-Cappenberg-Schule, Ulatzer Weg 2	24050090	3.913 m ²	17.533 m ³	Gas	184.540 m ³ /a	2.029.940 kWh/a	613 kWh/m ² /a	zwei Heizungsähler vorhanden, ...aber sie haben die gleichen Nummern (Addition vollzogen!)
15)	Brüder-Grimm-Schule, Scheibenstr. 114	58651140	2.229 m ²	9.500 m ³	Gas	105.677 m ³ /a	1.162.447 kWh/a	522 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
64)	Kardinal-von-Galen-Schule, Ludwig-Wolker-Str. 13	44250130	559 m ²	2.535 m ³	Gas+Öl	20.492 m ³ /a	225.412 kWh/a	403 kWh/m ² /a	drei Stromzähler vorhanden
77)	Martini-Luther-Schule, Coerdestr. 8	13650080	2.962 m ²	14.240 m ³	Gas	101.203 m ³ /a	1.113.233 kWh/a	376 kWh/m ² /a	
126)	Wartburggrundschule, Von-Esmarch-Str. 15	68850150	2.756 m ²	12.160 m ³	Gas	93.950 m ³ /a	1.033.450 kWh/a	375 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden; zwei Heizungsähler vorhanden (Turnhalle: 17736kWh/a ; Schule: 76214kWh/a)
20)	Dreifaltigkeitsschule, Friesenring 25	21950250	2.452 m ²	12.404 m ³	Gas	82.213 m ³ /a	904.343 kWh/a	369 kWh/m ² /a	
61)	Joseph-Freiherr-v-Eichendorff-Schule, Schulstr. 22-24	0	2.476 m ²	11.130 m ³	Gas	78.246 m ³ /a	860.706 kWh/a	348 kWh/m ² /a	drei Stromzähler vorhanden
102)	Peter-Wust-Schule, Dingbängerweg 80	15300800	2.469 m ²	11.234 m ³	Gas	73.055 m ³ /a	803.605 kWh/a	325 kWh/m ² /a	
86)	Michaelschule, Appelbreisiegel 40	7150400	3.996 m ²	21.384 m ³	Gas	115.665 m ³ /a	1.272.315 kWh/a	318 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
53)	Hermannschule, Dahlweg 66	14150660	2.235 m ²	12.209 m ³	Gas	63.571 m ³ /a	699.281 kWh/a	313 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
66)	Kreuzschule, Kampstr. 15	36250150	2.811 m ²	13.410 m ³	Gas	74.776 m ³ /a	822.536 kWh/a	293 kWh/m ² /a	
73)	Margaretenschule, Franz-Grillparzer-Weg 22	21100220	3.136 m ²	14.925 m ³	Gas	81.464 m ³ /a	896.104 kWh/a	286 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden

Ingenieurbüro für rationelle Energienutzung

R. Blohm
M. Pietzner

Kanalstraße 52 • D - 23552 Lübeck • Telefon: (0451) 7 69 08 • Telefax: (0451) 7 47 85
Energieverbräuche der Schulen in Münster

Bearbeitet: R. Blohm,

Datum: 22.6.1995

Energieverbräuche: Stadt Münster 1994

Kesselnutzungsgrad: 0,8
Energiegehalt Gas: 11 kWh/m³
Energiegehalt Öl: 10 kWh/Liter

Nr.	Gebäude	Schlüsselnr.	Nutzfläche	umb. Raum	Energieträger	Energie-Verbrauch 1994, abgelesen	Endenergie-Verbrauch 1994	Wärme-Verbrauch pro Nutzfläche	Bemerkungen
63)	Josefschule, Hermannstr. 58	29650580	3.465 m ²	16.423 m ³	Gas	88.377 m ³ /a	972.147 kWh/a	281 kWh/m ² /a	
71)	Ludgerusschule Albachten, Hohe Geist g	0	2.810 m ²	13.933 m ³	Gas	68.616 m ³ /a	754.776 kWh/a	269 kWh/m ² /a	vier Stromzähler vorhanden, wobei einer Null anzeigt
62)	Johannesschule, V.-v.-Falkenstein-Str. 4	68400040	2.480 m ²	13.524 m ³	Gas	60.187 m ³ /a	662.057 kWh/a	267 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
37)	Grundschule Berg Fidel, Hogenbergstr. 166	31101660	3.129 m ²	14.818 m ³	Gas	74.554 m ³ /a	820.094 kWh/a	262 kWh/m ² /a	drei Stromzähler vorhanden
103)	Pleisterschule, An der Konradkirche 7	6400070	2.745 m ²	13.866 m ³	Gas	64.803 m ³ /a	712.833 kWh/a	260 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
107)	Schillergymnasium, Gertrudenstr. 5	23500050	8.673 m ²	43.167 m ³	Gas	203.408 m ³ /a	2.237.488 kWh/a	258 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden; zwei Heizungsgaszähler vorhanden (die Turnhalle hat den Wert 49320kWh/a)
87)	Nikolaischule, Am Steintor 11	5250110	2.315 m ²	11.570 m ³	Öl	58.716 Liter/a	587.160 kWh/a	254 kWh/m ² /a	drei Heizungszähler vorhanden
1)	Albert-Schweizer-Schule, M.-v.-Richthofen-Str. 51	44900510	1.899 m ²	8.900 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	457.660 kWh/a	241 kWh/m ² /a	
84)	Mauritzschule (neue), Stiftsstr. 17	64150170	3.061 m ²	14.454 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	673.750 kWh/a	220 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden;
75)	Marienschule Roxel, Auf dem Dorn 17	7700170	3.625 m ²	19.344 m ³	Gas	72.357 m ³ /a	795.927 kWh/a	220 kWh/m ² /a	
47)	Hauptschule Auf der Geist, Grevingsstraße 24	25100240	6.095 m ²	29.856 m ³	Gas	120.051 m ³ /a	1.320.561 kWh/a	217 kWh/m ² /a	
26)	Eichendorffschule Angelmotte, Eichendorffstr. 36	17550360	2.999 m ²	13.629 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	643.190 kWh/a	214 kWh/m ² /a	
113)	Schulzentrum-Roxel/Haupt u. Realschule, Tilbecker Str. 22-26	66200220	1.469 m ²	10.507 m ³	Öl	30.650 Liter/a	306.500 kWh/a	209 kWh/m ² /a	Werte sind für die Turnhalle und die Umkleidekabine

Seite 2

Ingenieurbüro für rationelle Energienutzung

R. Blohm
M. Pietzner

Kanalstraße 52 • D - 23552 Lübeck • Telefon: (0451) 7 69 08 • Telefax: (0451) 7 47 85
Energieverbräuche der Schulen in Münster

Bearbeitet: R. Blohm,

Datum: 22.6.1995

Energieverbräuche: Stadt Münster 1994

Kesselnutzungsgrad: 0,8
Energiegehalt Gas: 11 kWh/m³
Energiegehalt Öl: 10 kWh/Liter

Nr.	Gebäude	Schlüsselnr.	Nutzfläche	umb. Raum	Energieträger	Energie-Verbrauch 1994, abgelesen	Endenergie-Verbrauch 1994	Wärme-Verbrauch pro Nutzfläche	Bemerkungen
72)	Ludwig-Erhard-Schule (Handelsl. D), Gut Insel 41	26150410	12.189 m ²	59.133 m ³	Gas	222.789 m ³ /a	2.450.679 kWh/a	201 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
60)	Joseph-Freiherr-v-Eichendorff-Schule, Schulstr. 22-24	60750220	1.507 m ²	7.784 m ³	Öl	29.930 Liter/a	299.300 kWh/a	199 kWh/m ² /a	drei Stromzähler vorhanden
120)	Uppenbergschule, Bröderichweg 34-36	11700340	3.399 m ²	21.704 m ³	Gas	60.672 m ³ /a	667.392 kWh/a	196 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
122)	Westf. Schule f. Musik, Himmelreichallee 50	30250500	1.762 m ²	10.307 m ³	Gas	30.600 m ³ /a	336.600 kWh/a	191 kWh/m ² /a	
27)	Freiherr-vom-Stein-Gymnasium, Hindenburgplatz 34	30300340	6.729 m ²	31.777 m ³	Fernw. + Gas	0.000 m ³ /a	1.274.400 kWh/a	189 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden; Achtung! hier sind Fernwärme- und Gaswerte zusammen angeben -> bitte kontrollieren!!!
121)	Überwasserschule, Kathagen 7	37250070	2.915 m ²	15.055 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	496.750 kWh/a	170 kWh/m ² /a	
90)	Overbergschule, Margaretenstr. 6/8	45050060	3.116 m ²	15.205 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	524.430 kWh/a	168 kWh/m ² /a	
36)	Grundschule Amelbüren, Zum Häpper 10	74150100	2.518 m ²	12.460 m ³	Öl	40.503 Liter/a	405.030 kWh/a	161 kWh/m ² /a	zwei Heizungszähler vorhanden
46)	Hauptschule Kinderhaus, Große Wiese 14	25600140	3.369 m ²	16.424 m ³	Öl	53.879 Liter/a	538.790 kWh/a	160 kWh/m ² /a	drei Heizungszähler vorhanden
14)	Bodelschwinghschule, Gutenbergsstraße 14	26200140	3.261 m ²	16.620 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	514.000 kWh/a	158 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
10)	Anette-v. Dorste-Hülshoff-Gymn., Kirmstr. 1	38300010	2.631 m ²	13.278 m ³	Öl	41.070 Liter/a	410.700 kWh/a	156 kWh/m ² /a	zwei Heizölzähler vorhanden
116)	Thomas-Morus-Schule, Thomas-Morus-Weg 7	66050070	2.228 m ²	11.139 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	346.750 kWh/a	156 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler
115)	Theresienschule, Sentruper Höhe 5	61500050	1.334 m ²	6.135 m ³	Gas+Öl	18.621 m ³ /a	204.831 kWh/a	154 kWh/m ² /a	Blatt 1994 = Erdgas Computerausdruck = Öl

Seite 3

Bearbeitet: R. Blohm,

Datum: 22.6.1995

Energieverbräuche: Stadt Münster 1994

Kesselnutzungsgrad:
Energiegehalt Gas:
Energiegehalt Öl:

0,8
11 kWh/m³
10 kWh/Liter

Nr.	Gebäude	Schlüsselnr.	Nutzfläche	umb. Raum	Energieträger	Energie- Verbrauch 1994, abgelesen	Endenergie- Verbrauch 1994	Wärme-Verbrauch pro Nutzfläche	Bemerkungen
7)	Annette-v.-Dorste-Hülshoff-Gymn., Grüne Gasse 40	25750400	7.081 m ²	35.271 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	1.082.950 kWh/a	153 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden; Fernwärme Turnhalle 214450 kWh/a
89)	Norberthauptschule, Dachsleite 22-26	14050320	2.661 m ²	12.998 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	399.280 kWh/a	150 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
104)	Ratsgymnasium, Bohlweg 11	10500110	8.240 m ²	39.027 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	1.163.500 kWh/a	141 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
56)	Johannesschule Hiltrup, Kardinalstr. 25	36850250	3.031 m ²	15.380 m ³	Öl	41.969 Liter/a	419.690 kWh/a	138 kWh/m ² /a	zwei Heizungsölmähler vorhanden;
110)	Schulzentrum Kinderhaus, Von- Humboldt-Str. 14	69130140	18.699 m ²	83.694 m ³	Gas	225.163 m ³ /a	2.476.793 kWh/a	132 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
74)	Mareinschule Hiltrup, Loddenweg 12	43400120	2.711 m ²	15.224 m ³	Öl	35.328 Liter/a	353.280 kWh/a	130 kWh/m ² /a	hier sind 4 Heizungsölmähler vorhanden, davon sind zwei mit den Werten Null
94)	Paulinum, Am Stadtgraben 30	5200300	8.743 m ²	45.006 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	1.128.000 kWh/a	129 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
8)	Aegedienschule, Breite Gasse 2	11250020	2.495 m ²	11.504 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	313.500 kWh/a	126 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
51)	Hansaschule, Hansaring 8	27350080	8.850 m ²	42.812 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	1.108.100 kWh/a	125 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden, Hausnummer kontrollieren!!!
3)	Adolph-Kolping-Schule, Lotharingerstr. 8 - 26	43900080	5.880 m ²	32.730 m ³	Fernw.	0.000 m ³ /a	736.200 kWh/a	125 kWh/m ² /a	zwei Stromzähler vorhanden
		Mittelwert:	3.920 m ²	19.416 m ³			Mittelwert:	247 kWh/m ² /a	

Dokumente

Kapitel 3 der Erläuterungen

Handlungsempfehlungen im Bereich

Stromeinsparungen im Tertiären Sektor

**Energieeinspar- und CO₂-Vermeidungspotentiale
in Münster**

**im Bereich Stromeinsatz der Kleinverbraucher, 1990 - 2005
sowie
Emissionen der Landwirtschaft in Münster**

Teil III Anhang

Dipl. Geogr. Stefan Lechtenböhrer

Abteilung für Klima und Energieforschung
Institut für Geographie der
Westfälischen Wilhelms-Universität
Münster

Dezember 1994

Inhalt**Teil 1 Stromeinspar- und CO₂-Vermeidungspotentiale im Kleinverbrauchssektor**

1	Einleitung und Zusammenfassung	1
1.1	Ziel der Studie	1
1.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	2
2	Bedeutung und Entwicklung	4
2.1	Ist-Stand	4
2.2	Entwicklung von 1980 bis 1990	5
3	Stromverbrauch nach Branchen	8
3.1	Definition der Kleinverbraucher	8
3.2	Branchenaufteilung der Stadtwerke	8
3.3	Aufteilung in den Detaillierungsgutachten	10
3.4	Synthese: hier gewählte Branchengliederung	13
4	Trend-Szenario bis 2005	16
4.1	Verwendungszwecke des Stroms nach Branchen	16
4.2	Anstieg des Stromverbrauchs durch die Wirtschaftsentwicklung	17
4.3	Mehrverbrauchstendenzen und Sparpotentiale im Trend	19
4.4	Entwicklung der Stromverbräuche im Trend-Szenario	20
5	Stromeinsparpotentiale im Kleinverbrauchersektor	24
5.1	Allgemeine Sparpotentiale nach Verwendungszwecken	24
5.1.1	Raumwärme	24
5.1.2	Warmwasser	27
5.1.3	Prozeßwärme	29
5.1.4	Motoren / Kraft	30
5.1.5	Beleuchtung	32

5.1.6	Kühlung	36
5.1.7	Lüftung / Klimatisierung	40
5.1.8	Kochen	42
5.1.9	Bürogeräte / Elektronik / Kommunikation	45
5.1.10	Sonstige Verwendungsarten	48
5.2	Sparpotentiale nach Branchen	49
5.2.1	Gewerbe	49
5.2.2	Lebensmitteleinzelhandel	52
5.2.3	Kaufhäuser und Fachmärkte	54
5.2.4	Sonstiger Einzelhandel	56
5.2.5	Lebensmittelgroßhandel	58
5.2.6	Großhandel ohne Lebensmittel	59
5.2.7	Banken und Versicherungen	61
5.2.8	Gaststättengewerbe	64
5.2.9	Beherbergungsgewerbe und Heime	66
5.2.10	Sonstige private Dienstleistungen	68
5.2.11	Sonstige öffentliche Dienstleistungen	71
5.2.12	Krankenhäuser und Gesundheitswesen	72
5.2.13	Kirchliche Einrichtungen	77
5.2.14	Verkehr und Nachrichtenübermittlung	78
5.2.15	Schulen	80
5.2.16	Schwimmbäder	84
5.2.17	Gebietskörperschaften	87
5.2.18	Militär	94
5.3	Stromsubstitutionspotentiale	95
6	Klimaschutz-Szenario	98
6.1	Entwicklung der Stromverbräuche im Klimaschutz-Szenario	98
6.2	Zusatzkosten der Stromeinsparung und -substitution	102
7	CO₂-Minderungspotential bei der Stromnutzung im Kleinverbrauchersektor	105
8	Handlungsempfehlungen	107

Teil 2: Emissionen der Landwirtschaft in Münster

1	Bedeutung der Landwirtschaft für den Treibhauseffekt	111
2	Die Emissionen der Landwirtschaft in Münster	112
2.1	Betrieb von Ackerschleppern und Landmaschinen	112
2.2	Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung	114
2.3	Stromeinsatz	115
2.4	Viehhaltung (Methan)	116
2.5	Düngung (Distickstoffoxid)	118
2.6	Gesamtbilanz der Emissionen	118
3	Empfehlungen zur Emissionsreduktion	119
	Literatur	121

Tabellen

Teil 1

Tab. 1	Der Stromeinsatz der Kleinverbraucher in Münster zwischen 1980 und 1990	5
Tab. 2	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungssektor in Münster zwischen 1980 und 1990	6
Tab. 3	Gewerblicher Stromverbrauch in Münster zwischen 1980 und 1990	6
Tab. 4	Stromeinsatz pro Beschäftigten in der Wirtschaft Münsters in MWh/a	7
Tab. 5	Branchennummern der Verbrauchsgruppen der Stadtwerke Münster	9
Tab. 6	Stromeinsatz der Kleinverbraucher nach Branchen im Jahr 1991 in kWh	13
Tab. 7	Der Stromeinsatz der Kleinverbraucher in Münster 1991 nach Verwendungszwecken	17
Tab. 8	Änderung des Stromverbrauchs nach Branchen und Verwendungszwecken durch Wirtschaftswachstum für 2005, bezogen auf 1991 (=1)	18
Tab. 9	Mehrverbrauchstendenzen, Sparpotentiale und spezifischer Stromverbrauch bis 2005	19
Tab. 10	Entwicklung des Stromeinsatzes nach Verwendungszwecken im Trendszenario 1991 bis 2005	20
Tab. 11	Entwicklung des Stromeinsatzes nach Branchen im Trendszenario	21
Tab. 12	Stromeinsatz für Raumwärme nach Branchen in Münster, 1991	26
Tab. 13	Stromeinsatz für die Warmwasserbereitung nach Branchen in Münster, 1991	27
Tab. 14	Stromeinsatz für die Prozeßwärmeerzeugung nach Branchen in Münster, 1991	29
Tab. 15	Stromeinsatz für Motoren und Kraft nach Branchen in Münster, 1991	31
Tab. 16	Stromeinsatz für die Beleuchtung nach Branchen in Münster, 1991	33
Tab. 17	Stromeinsatz für Kühlung nach Branchen in Münster, 1991	37
Tab. 18	Stromeinsatz für Lüftung und Ventilation nach Branchen in Münster, 1991	41
Tab. 19	Stromeinsatz für Kochen nach Branchen in Münster, 1991	43
Tab. 20	Stromeinsatz für EDV nach Branchen in Münster, 1991	46

Tab. 21	Stromeinsatz im Gewerbe nach Wirtschaftszweigen und Verwendungszwecken in Münster, 1991	50
Tab. 22	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Gewerbe zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	50
Tab. 23	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Gewerbe zwischen 1991 und 2005 nach Wirtschaftszweigen	51
Tab. 24	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Lebensmittel Einzelhandel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	53
Tab. 25	Stromeinsatz der Kaufhäuser und Fachmärkte 1991 nach Branchen	54
Tab. 26	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in den Kaufhäusern und Fachmärkten zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	55
Tab. 27	Stromeinsatz im sonstigen Einzelhandel 1991 nach Branchen	56
Tab. 28	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im sonstigen Einzelhandel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	57
Tab. 29	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Lebensmittelgroßhandel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	59
Tab. 30	Stromeinsatz im Großhandel ohne Lebensmittel 1991 nach Branchen	60
Tab. 31	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Großhandel ohne Lebensmittel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	60
Tab. 32	Stromeinsatz in den Banken und Versicherungen 1991 nach Betriebsarten	62
Tab. 33	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in den Banken und Versicherungen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	63
Tab. 34	Stromkennzahlen für Büro- und Bankgebäude in kWh/m ² a	63
Tab. 35	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Gaststätten-gewerbe zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	65
Tab. 36	Verwendungsspezifische Stromkennzahlen für Restaurants nach SIA 380/4	66
Tab. 37	Stromeinsatz im Beherbergungsgewerbe und in Heimen 1991 nach Gruppen	67
Tab. 38	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Beherbergungsgewerbe und in den Heimen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	68

Tab. 39	Stromeinsatz der sonstigen privaten Dienstleistungsgewerbe 1991 nach Wirtschaftszweigen	69
Tab. 40	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in sonstigen privaten Dienstleistungsbetrieben zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	70
Tab. 41	Stromeinsatz der sonstigen öffentlichen Dienstleistungsbetriebe 1991 nach Wirtschaftszweigen	71
Tab. 42	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in sonstigen öffentlichen Dienstleistungsbetrieben zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	72
Tab. 43	Bettenzahl, Pflage tage und Strombedarf der Krankenhäuser in Münster 1991	73
Tab. 44	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in den Krankenhäusern und im Gesundheitswesen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	74
Tab. 45	Strombedarf im Verkehrs- und Nachrichtenübermittlungsgewerbe nach Verkehrsbereichen 1991	78
Tab. 46	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Verkehrsgewerbe und der Nachrichtenübermittlung zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	79
Tab. 47	Stromverbrauch der einzelnen Schulformen in Münster 1991	80
Tab. 48	Stromkennzahlen der einzelnen Schulformen in Münster 1991	81
Tab. 49	Stromkennzahlen von Schulen im Städtevergleich	81
Tab. 50	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in Schulen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	82
Tab. 51	Stromverbrauch der städtischen Bäder 1990 bezogen auf die Wasserfläche und die Besucherzahl	85
Tab. 52	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in Schwimmbädern zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	86
Tab. 53	Stromverbrauch in ausgewählten städtischen Gebäuden 1991	88
Tab. 54	Stromkennzahlen öffentlicher Gebäude im Städtevergleich	89
Tab. 55	Strombedarf und Stromkennzahlen der Universitätsgebäude 1991 nach Installationsgraden	90

Tab. 56	Stromkennzahlen von Universitätsgebäuden in Heidelberg, Münster und der Schweiz in kWh/m ² *a	91
Tab. 57	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Bereich der Gebietskörperschaften zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken	93
Tab. 58	Stromsubstitutionspotentiale und Zusatzkosten bis 2005 gegenüber dem Trend für Münster	95
Tab. 59	Entwicklung des Stromeinsatzes im Klimaschutzszenario nach Verwendungszwecken von 1987 bis 2005	98
Tab. 60	Entwicklung des Stromeinsatzes im Klimaschutzszenario nach Branchen in Münster	100
Tab. 61	Zusatzkosten der Stromeinsparung gegenüber dem Trend im Jahr 2005 in Münster	103
Tab. 62	Zusatzkosten der Stromsubstitution gegenüber dem Trend im Jahr 2005 in Münster	103
Tab. 63	Vorläufige Prioritätenreihung der Maßnahmen zur Verminderung des Stromeinsatzes nach ihren Vermeidungskosten	108
Teil 2		
Tab. 1	Anteile der einzelnen Gase und der Emittentengruppen am Treibhaus-effekt 1990	111
Tab. 2	Emissionen von Traktoren und anderen Landmaschinen in Münster 1990	113
Tab. 3	Reduktion der spezifischen Emissionen neuer Traktoren gegenüber dem Bestand	114
Tab. 4	Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in der Landwirtschaft zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungsarten	115
Tab. 5	Methanemissionen durch die Viehhaltung in Münster und in Deutschland	117
Tab. 6	Maximale Methanproduktionskapazität aus Exkrementen landwirtschaftlicher Nutztiere	117
Tab. 7	Emissionen der Treibhausgase CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O durch die Landwirtschaft in Münster 1990/1991 (Abschätzung)	119

Abbildungen

Abb. 1.	Verursacher der CO ₂ -Emissionen in Münster 1990	4
Abb. 2.	Entwicklung des Strombedarfs der Kleinverbraucher im Trendszenario von 1980 bis 2005	22
Abb. 3.	Stromspar- und -substitutionspotentiale nach Verwendungszwecken im Klimaschutzszenario im Jahr 2005 gegenüber dem Trend	99
Abb. 4.	Entwicklung des Strombedarfs der Kleinverbraucher im Klimaschutzszenario in Münster von 1980 bis 2005	101
Abb. 5.	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen der Kleinverbraucher im Strombereich von 1980 bis 2005	105

1 Einleitung und Zusammenfassung

1.1 Ziel der Studie

Die Studie gliedert sich in zwei Untersuchungsbereiche. Den Schwerpunkt bildet die Untersuchung über den Stromverbrauch im tertiären Sektor (Gewerbe und Dienstleistungen), der nach Angaben der Stadtwerke Münster (1993g) im Jahr 1990 mit 539 GWH etwa 50 % des Stromverbrauchs in Münster ausmachte. Den zweiten Teil bildet eine Bestandsaufnahme der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft.

Ziel des ersten Untersuchungsbereichs ist es, auf der Basis einer Detaillierung des Stromverbrauchs im Kleinverbrauchssektor nach Branchen und Verwendungszwecken,

- spezifische Verbräuche zu erfassen,
- diese mittels geeigneter Treibergrößen bis 2005 fortzuschreiben,
- Entwicklungstrends und Sparpotentiale zu ermitteln sowie
- Maßnahmenvorschläge und eine Prioritätenliste zur Reduktion der spezifischen wie absoluten Stromverbräuche und CO₂-Emissionen zu entwickeln.

Den Hauptteil (Kapitel 2 bis 7) bildet eine Detaillierung und Prognose der Stromverbräuche, ihrer Entwicklungstrends und Treibergrößen sowie der Potentiale und Maßnahmen rationeller Energienutzung. Hierbei werden detaillierte Erkenntnisse über die Struktur (IST-Analyse) und Entwicklungstendenzen (Trend- und Klimaschutzszenario) des Stromverbrauchs im betrachteten Sektor gewonnen und aufbereitet. Die in diesem Teil ermittelten Daten dienen zur Erfassung von Handlungsschwerpunkten und zur quantitativen Einordnung möglicher Sparmaßnahmen in den Kapiteln 6 und 8.

Zur Detaillierung und Prognose wurden 4 Arbeitsschritte durchgeführt:

Phase 1: Überprüfung von Datenlage und Datenverfügbarkeit

In einer ersten Phase wurden die Datenlage und -verfügbarkeit überprüft. Ansprechpartner waren in erster Linie die Stadtwerke für Verbrauchsdaten und die Stadt für statistische Angaben und Prognosen zu den Treibergrößen. Ergänzend wurde in dieser Phase die Akquisition von Einzeldaten großer Verbraucher (Universität und Stadt), sowie die Ermittlung spezifischer Kennwerte aus vorliegenden Studien hinzugezogen.

Daten aus dem zur Zeit laufenden 3. Detaillierungsgutachten zum Kleinverbrauch (im Rahmen von IKARUS) konnten noch nicht übernommen werden, da die Arbeiten an diesem Gutachten noch nicht abgeschlossen sind und die Ergebnisse bislang noch ausstehen.

Phase 2: Festlegung des Disaggregationsgrades und Ist-Analyse

Aufbauend auf der Datenanalyse wurde in der 2. Phase der Disaggregierungsgrad festgelegt, der Ist-Zustand ermittelt und beschrieben (Kapitel 2 und 3).

Die Ergebnisse der Phasen Eins und Zwei ermöglichen einen ersten Überblick über den Stromverbrauch nach Branchen und Verwendungszwecken (Nutzenergiezwecke). Sie zeigen die Verbrauchsschwerpunkte auf und bilden die Basis für die Fortschreibung bzw. Szenarioberechnung.

Phase 3: Trendszenario

Die dritte Phase gilt der Fortschreibung der Ist-Analyse bis zum Zieljahr 2005 (Kapitel 4). Hierbei werden die Entwicklungstrends der Treibergrößen (Fläche, Umsatz, Beschäftigte, Betten usw.) sowie die Entwicklungstrends (Geräteausstattung, neue Stromanwendungen) der spezifischen Verbräuche abgeschätzt und zu einem Trendszenario zusammengefaßt. Die Trends der Treibergrößen ergeben sich aus den Angaben und Planungen der Stadt zu Flächenentwicklungen sowie zur zukünftigen Wirtschaftsentwicklung sowie aus Ergebnissen übergeordneter Untersuchungen. Die Entwicklungstrends der spezifischen Verbräuche wurden in Analogie zu bestehenden Energiestudien abgeschätzt.

Phase 4: Klimaschutzszenario

In Phase 4 wurden die Spar- und Substitutionspotentiale und die Maßnahmen nach Nutzenergiezwecken (Kapitel 5.1) bzw. Branchen (Kapitel 5.2) detailliert erhoben und in ihren Wirkungen abgeschätzt. Hierbei wurden sowohl die Einsparungen (Strom, Emissionen, Kosten) als auch mögliche Kosten der Maßnahmen bzw. Techniken betrachtet. Die Maßnahmen und Potentiale wurden aus vorliegenden Untersuchungen ermittelt und auf Münsteraner Verhältnisse bezogen.

Die Ergebnisse des Klimaschutzszenarios geben eine Abschätzung über die in Münster möglichen Stromeinsparungen (Kap. 6) und CO₂-Minderungen (Kap. 7) im Kleinverbrauchssektor. Außerdem zeigen sie anhand der Kosten eine erste Prioritätenliste durchzuführender Maßnahmen auf (Kap. 8).

Im Untersuchungsbereich Landwirtschaft (Teil 2), deren Stromverbrauch in der Abgrenzung der Energiestatistik einen Teilbereich des Kleinverbrauchs bildet wurde eine Bestandsaufnahme der Treibhausgasemissionen durchgeführt, soweit das die derzeit noch unzureichende Daten- und Wissensbasis zu diesem Sektor zuließ. Diese treibhauswirksamen Emissionen sollten in Bezug zu den CO₂-Emissionen der übrigen Sektoren gestellt werden, um einen Überblick über die Treibhauswirksamkeit der landwirtschaftlichen Aktivitäten im Münster im Vergleich zu den Emissionen der Energienutzung und des Verkehrs zu gewinnen.

1.2

Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Stromeinsatz der Kleinverbraucher scheint auf den ersten Blick ein recht eingeschränkter Teilaspekt zur Reduktion der CO₂-Emissionen in Münster zu sein. Bei genauerer Betrachtung wird aber klar, daß der Stromeinsatz in Münster mit 28 % der Gesamtemissionen eine größere CO₂-Relevanz besitzt als z. B. der Verkehr mit 26 %.

Mit 343.000 t CO₂/a (16 % der Gesamtemissionen Münsters) entfällt der größte Teil davon auf die Kleinverbraucher.

Noch deutlicher wird die Relevanz dieses Bereichs, wenn die Wachstumsdynamik der Stromverbräuche mit einbezogen wird. Zwischen 1980 und 1990 stieg der Stromeinsatz der Kleinverbraucher um 36,5 % von ca. 400 GWh auf fast 540 GWh pro Jahr an. So ist es vor allem auf den gesteigerten Stromeinsatz in Verbindung mit dem wachsenden Verkehr zurückzuführen, daß die im vergangenen Jahrzehnt erreichten CO₂-Minderungen im Bereich des Wärmemarktes nicht zu einer Senkung der CO₂-Emissionen geführt haben.

Dieses enorme Wachstum wird sich in Zukunft - wenn auch abgeschwächt - weiter fortsetzen, wobei der Anstieg vermutlich erheblich über den Abschätzungen der Stadtwerke in ihrer 2. Fortschreibung des Energiekonzepts (Bericht 93) liegen wird. Die Ursachen hierfür sind ein deutliches Produktionswachstum und z. T. steigende Beschäftigtenzahlen vor allem im Handel, im Dienstleistungsgewerbe sowie im Gast- und Beherbergungsgewerbe, weiter zunehmende Büro- und Geschäftsflächen pro Beschäftigtem, steigende Geräteeinsätze, vor allem im Bereich der EDV, der Büroelektronik und -kommunikation, sowie ein steigender Mechanisierungsgrad im Gewerbe, die weitere Verbreitung von Klimaanlageanlagen in Büros und Handel und ein deutlicher Ausbau der Kühlung im Handel. Im Trendszenario ist deshalb mit einer Zunahme der Stromeinsätze im Kleinverbrauchssektor um etwa 25 % auf rd. 675 GWh im Jahr 2005 zu rechnen.

Im Klimaschutzszenario werden dagegen durch gezielte Strategien erhebliche technische und organisatorische Stromeinsparpotentiale im Bereich der Beleuchtung, der Kühlung und der Lüftung mobilisiert. Hinzu kommen die Stromsubstitutionspotentiale im Bereich der Wärmeanwendungen und der Kraft-Kälte-Kopplung. Dadurch ist im Klimaschutzszenario trotz anhaltenden Wirtschaftswachstums im Bereich der Kleinverbraucher und zunehmender Anwendungsgebiete für elektrischen Strom eine Trendwende zu abnehmenden Stromverbräuchen möglich. Insgesamt kann der Strombedarf durch die weitgehende Nutzung der wirtschaftlichen Sparpotentiale um 16 % und durch die Nutzung der Substitutionspotentiale bis 2005 um insgesamt 25 % gegenüber 1991 reduziert werden. Die CO₂-Emissionen lassen sich hierdurch um etwa 22 % verringern.

2 Bedeutung und Entwicklung

2.1 Ist-Stand

Die Abbildung 1 zeigt die Verteilung der CO₂-Emissionen des Jahres 1990 in Münster auf die einzelnen Verursachungsbereiche. Nach der Niedertemperaturwärme auf die 42 % der 2,260 Mio. t. CO₂ entfielen war der Stromeinsatz mit 27 % einer der größten Verursacher von Emissionen in Münster und lag damit in der selben Größenordnung, wie der Verkehr und die Wohnungsbeheizung mit 28 bzw. 29 % der CO₂-Emissionen.

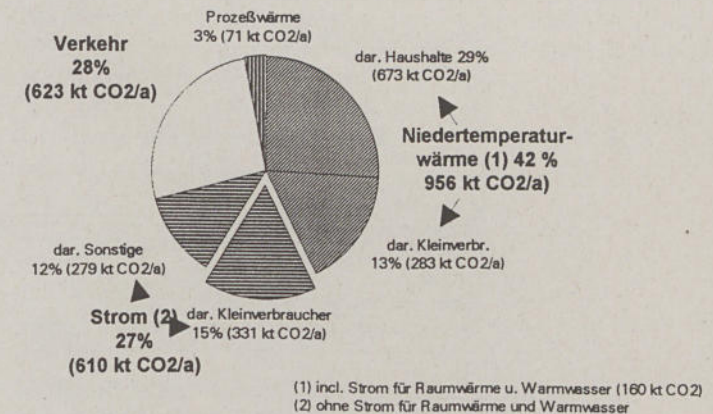


Abb. 1. Verursacher der CO₂-Emissionen in Münster 1990 (2.260 Mio.t)

Unter den durch den Stromeinsatz bedingten CO₂-Emissionen der Kraftwerke der VEW und der Stadtwerke machte der Stromeinsatz der Kleinverbraucher mit 16 % bzw. 331.000 t den größten Teil aus. Im Bereich der Kleinverbraucher waren die CO₂-Emissionen im Jahr 1990 durch den Einsatz von Elektrizität etwa 17 % höher, als die Emissionen durch die Verbrennung fossiler Energieträger und der Stromeinsatz zur Wärmeerzeugung, die bei etwa 283.000 t lagen.

Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt hat der Kleinverbrauchssektor in Münster eine besonders große Bedeutung. Während in Westdeutschland rund 16 % der Endenergie und etwa 23 % des elektrischen Stroms im Kleinverbrauchssektor eingesetzt werden liegen die Anteile in Münster bei 22 % bzw. beim Strom sogar bei 48 %. Dementsprechend hoch ist in Münster die Bedeutung des Kleinverbrauchssektors für die CO₂-Emissionen, an denen er mit rund 27 % bzw. 614.000 t pro Jahr beteiligt ist.

2.2 Entwicklung von 1980 bis 1990

Nach Angaben der Stadtwerke (1992) ist der Stromeinsatz der Kleinverbraucher zwischen 1980 und 1990 von 395 auf 539 GWh gestiegen (vgl. Tab. 1.). Dies war ein Zuwachs um insgesamt mehr als 36 % in zehn Jahren, wobei sich die Wachstumsrate in der zweiten Hälfte der 80'er Jahre deutlich verlangsamt hat. Der größere Teil des Anstiegs entfiel hierbei auf die Dienstleistungen im weitesten Sinne, deren Stromeinsatz zwischen 1980 und 1990 um fast 39 % zunahm, während der Einsatz im Gewerbe mit 31 % nur unterdurchschnittlich zugenommen hat. Insgesamt führte dieses rasche Wachstum des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher zu einem Anstieg ihres Anteils am Stromverbrauch in Münster von 44,7 % im Jahr 1980 auf 48,4 % im Jahr 1990.

Tabelle 1. Der Stromeinsatz der Kleinverbraucher in Münster zwischen 1980 und 1990

	1980	1985	1990
Stromverbrauch in GWh			
Dienstleistung	268,7	326,0	373,3
Gewerbe	126,4	148,3	166,0
Kleinverbraucher	395,1	474,3	539,3
Anteil am Stromverbrauch in Münster in %			
Dienstleistung	30,4	31,7	33,5
Gewerbe	14,3	14,4	14,9
Kleinverbraucher	44,7	46,1	48,4
Verbrauchsänd. in %			
Dienstleistung	80 - 85	85 - 90	80 - 90
Dienstleistung	21,3	14,5	38,9
Gewerbe	17,3	11,9	31,3
Kleinverbraucher	20,0	13,7	36,5

Quelle: berechnet nach Stadtwerke Münster (1993)

Dieses Wachstum ist für Münster von besonderer Bedeutung, weil die Kleinverbraucher einen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt beinahe doppelt so hohen Anteil am gesamten Stromeinsatz haben. Hinzu kommt, daß die Wachstumsraten zwischen 1980 und 1990 in Münster mit 36,5 % noch oberhalb der hohen Zuwächse des Sektors in Westdeutschland von 34,4 % lagen (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 1991).

Die Tabellen 2. bis 4. geben einen Überblick über die Gründe des starken Wachstums der Stromeinsätze in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungssektor. Die Wirtschaftsstruktur Münsters ist stark durch den Dienstleistungssektor geprägt. Die Anzahl der Beschäftigten in diesem Sektor stieg zwischen 1980 und 1990 von knapp 76.000 auf über 87.000, wodurch der Sektor seine Stellung, vor allem auf Kosten des Gewerbes weiter ausbauen konnte. Die Industrie konnte dagegen bei dem Beschäftigungszuwachs in etwa mithalten und ihren Anteil von etwa 16 % der Beschäftigten Münsters behaupten (Tab. 2.).

Tabelle 2. Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Industrie, Gewerbe und Dienstleistungssektor in Münster zwischen 1980 und 1990

	1980		1985		1990	
	Besch.	%	Besch.	%	Besch.	%
Industrie	15.984	15,68	16.730	16,14	18.551	16,11
Gewerbe	8.576	8,41	7.165	6,91	7.119	6,18
Dienstleistungen	75.782	74,33	77.818	75,06	87.382	75,88
Gesamt	101.947	100,00	103.677	100,00	115.151	100,00

Quelle: Stadt Münster: Statistischer Jahresbericht 1991, S.71

Die Stromverbräuche verteilen sich dagegen etwas anders auf die einzelnen Branchen. Noch 1980 benötigte der Dienstleistungssektor mit 74 % der Beschäftigten etwa die Hälfte des Stromeinsatzes, während sich Industrie und Gewerbe die andere Hälfte teilten. Bis 1990 ging der Anteil des Gewerbes zugunsten der Industrie etwas zurück. In allen drei Bereichen war ein erheblicher Zuwachs der Stromverbräuche zu verzeichnen, der zusammen etwa 200 GWh/a oder 39 % betrug.

Tabelle 3. Gewerblicher Stromverbrauch in Münster zwischen 1980 und 1990

	1980		1985		1990	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Industrie	125,00	24,03	158,50	25,05	183,30	25,37
Gewerbe	126,40	24,30	148,30	23,44	166,00	22,97
Dienstleistungen	268,70	51,66	326,00	51,52	373,30	51,66
Gesamt	520,10	100,00	632,80	100,00	722,60	100,00

Quelle: Stadtwerke Münster 1993

Die Tabelle 4. stellt die Entwicklung des Stromeinsatzes pro Beschäftigten zwischen 1980 und 1990 und damit die Kombination der beiden vorangegangenen Tabellen dar. Der spezifische Strombedarf pro Arbeitsplatz in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungssektor ist noch weiter gestiegen, allerdings hat sich die Zuwachsrate seit 1985 erheblich verlangsamt. Die größten Zuwachsraten wurden im Gewerbe erreicht, dessen Stromeinsatz pro Beschäftigten zwischen 1980 und 1990 um fast 60 % zugenommen hat. Dadurch stieg die Energieintensität des Gewerbes vom Dreifachen auf das Vierfache des Durchschnitts der Kleinverbraucher in Münster.

Der Stromverbrauchszuwachs im Kleinverbrauchssektor (Gewerbe und Dienstleistungen) wird also durch zwei Faktoren besonders brisant: Sollten die Beschäftigten-, Produktions- und Umsatzzahlen sowie die spezifischen Stromeinsätze weiter ansteigen, so wären auch für die Zukunft deutlich steigende Stromverbräuche zu erwarten.

Tabelle 4. Stromeinsatz pro Beschäftigten in der Wirtschaft Münsters in MWh/a

	1980		1985		1990	
	MWh/B.	Index	MWh/B.	Index	MWh/B.	Index
Industrie	7,82	100	9,47	121	9,88	126
Gewerbe	14,74	100	20,70	140	23,32	158
Dienstleistungen	3,55	100	4,19	118	4,27	120
Gesamt	5,10	100	6,10	120	6,28	123

Quelle: Lechtenböhrer 1993

Im Vergleich mit dem Niedertemperaturwärmemarkt, der zwischen 1980 und 1990 um ca. 700 GWh bzw. 17,4 % geschrumpft ist, zeigt sich die besondere Problematik des Stromeinsatzes. So ist es vor allem auf den gesteigerten Stromeinsatz in Verbindung mit dem wachsenden Verkehr zurückzuführen, daß die im vergangenen Jahrzehnt erreichten CO₂-Minderungen im Bereich des Wärmemarktes nicht zu einer Senkung der Gesamtemissionen geführt haben.

3 Stromverbrauch nach Branchen

3.1 Definition der Kleinverbraucher

Die "Kleinverbraucher" sind der statistisch am schwersten zu erfassende Energieverbrauchssektor. In der Energiebilanz wird der Energieeinsatz der sogenannten Kleinverbraucher gemeinsam mit dem der Haushalte dargestellt.

Energiestatistisch ist der Kleinverbrauchssektor gewissermaßen der Bereich der weder zum Umwandlungssektor, zur Industrie, zum Verkehr oder zu den Haushalten zu zählen ist. Dies ist der überwiegende Teil der deutschen Wirtschaft, angefangen bei der Landwirtschaft über Handel, Banken und sonstiges Dienstleistungsgewerbe bis hin zu den öffentlichen Verwaltungen und den Organisationen ohne Erwerbszweck.

In der Stromverbrauchsstatistik wird der Kleinverbrauchssektor üblicherweise durch den Kleinverbrauchstarif abgegrenzt. Dieser Tarif wird allen Betrieben angeboten, deren Strombedarf keinen Sondervertrag für Großkunden rechtfertigt. Die Stromkosten dieser nach dem Kleinverbrauchstarif abgerechneten Kunden liegen noch über denen der Haushaltskunden. Ein zweiter Bereich, der in der Energiestatistik ebenfalls zum Kleinverbrauchssektor gezählt wird, sind die nicht der Industrie zuzuordnenden Sondervertragskunden.

Sondervertragskunden sind alle Kunden, deren Stromverbrauch eine gewisse Grenze überschreitet. Bei diesen Kunden lohnt sich in aller Regel ein Anschluß an das Mittelspannungsnetz auf 10 kV-Ebene, so daß sie über eine eigene Trafostation verfügen. Aufgrund der hohen Abnahmemengen gelten für Sondervertragskunden eigene Tarife. Außerdem ist auf die Stromabgabe an die Sondervertragskunden keine Konzessionsabgabe zu entrichten.

Da die meisten der Sondervertragskunden in Münster keine Industriebetriebe sind werden sie gemäß der o. a. Negativdefinition zum Kleinverbrauch gezählt. Aufgrund ihres hohen Strombedarfs machen sie in Münster etwa 75 % des Stromverbrauchs im Kleinverbrauchssektor aus.

3.2 Branchenaufteilung der Stadtwerke

Im Entwurf zur zweiten Fortschreibung ihres Energiekonzepts (Stadtwerke Münster 1993) berücksichtigen die Stadtwerke Münster erstmalig auch den Stromeinsatz in Münster. Den Stromeinsatz der Kleinverbraucher im Basisjahr 1990 geben die Stadtwerke für den "Dienstleistungssektor" und das "Gewerbe" getrennt an. Den Stromeinsatz im Dienstleistungssektor weisen sie nach 4 Branchen differenziert aus:

- Öffentliche und sonstige Dienstleistungen mit einem Stromeinsatz von 241,6 GWh im Jahr 1990,
- Handel mit einem Stromeinsatz von 63,8 GWh im Jahr 1990,

- Banken und Versicherungen mit 51 GWh im Jahr 1990 und
- sonstige Kleinverbraucher mit einem Stromeinsatz von 16,9 GWh.

Hinzu kommt der Stromeinsatz im

- Gewerbe, auf das 1990 166 GWh entfielen.

Insgesamt wird für den Kleinverbrauchssektor ein Stromverbrauch von 539,3 GWh im Jahr 1990 angegeben.

Tabelle 5. Branchennummern der Verbrauchergruppen der Stadtwerke Münster

Verbrauchergruppe	zugehörige Branchennummern der Wirtschaftszweigsystematik 1979
1. Baugewerbe - Steine u. Erden	221, 222, 300, 310
2. Metallverarbeitung	234, 238, 239, 240, 241, 242, 249
3. Chemie - Mineralölverarbeitung	200, 205
4. Holzhandel u. -verarbeitung	260, 261, 407
5. Druck, Papier, Textilien	265, 268, 275, 276
6. Nahrungs- und Genußmittel	281, 284, 288, 291, 293
7. Handel u. sonst. Prod. Gewerbe	014, 031, 116, 250, 401, 406, 408, 411, 412, 413, 414, 416, 429, 431, 432, 433, 434, 435, 437, 438, 439
8. Banken u. Versicherungen	601, 602, 603, 611, 612, 614, 667, 692, 986
9. Krankenhäuser und Gesundheitswesen	727, 771
10. Dienstleistungen	101, 105, 711, 713, 721, 723, 731, 735, 739, 745, 751, 755, 781, 787, 789, 794, 799, 812, 813, 817, 834
11. Kirchliche Einrichtungen	811
12. Verkehr und Nachrichtenübermittlung	511, 512, 513, 517, 551
13. Gebietskörperschaften	9.0, 9.1, 9.2, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8, 9.9
14. Stationierungsstreitkräfte	990

(Stadtwerke Münster, 1993g)

In der Stromverbrauchsstatistik der Stadtwerke sind die Kleinverbraucher in zwei Dateien zu finden. Zunächst zählen alle Tarifkunden mit einem gewerblichen (ca. 6.400) oder landwirtschaftlichen (ca. 650) Tarif zu den Kleinverbrauchern. Sie sind in der Kundendatei der Stadtwerke mit ihren Verbräuchen und mit dem jeweiligen Branchenschlüssel nach der Wirtschaftszweigsystematik der Wirtschaftszählung 1979 erfaßt. Diese mit 92 % der Kleinverbraucher zahlenmäßig dominierende Gruppe der landwirtschaftlich-gewerblichen Tarifkunden benötigte 1991 mit 127 GWh etwa ein Viertel des dem Kleinverbrauchssektor zuzurechnenden Strombedarfs. Die restlichen 75 % entfielen auf die 566 Sondervertrags- oder Großkunden, die in der Sondervertragskundendatei erfaßt sind. Hier wird allerdings von Seiten der Stadtwerke nicht nach Ver-

brauchssektoren unterschieden, so daß eine Zuordnung der Sondervertragskunden zu den Verbrauchssektoren Kleinverbraucher und Industrie nach dem für alle Kunden mit aufgenommenen Gewerbeschlüssel erfolgen mußte.

Im internen Berichtswesen der Stadtwerke Münster werden die Stromverbräuche der Sondervertragskunden jährlich nach 14 Verbrauchsgruppen aggregiert und dargestellt (s. Tabelle 5.). Diese Auswertungen, die insbesondere auch eine Betrachtung längerer Zeitreihen ermöglichen, standen für die vorliegende Arbeit nicht zur Verfügung.

3.3 Aufteilung in den Detaillierungsgutachten

Für den Energieverbrauchssektor Kleinverbraucher, der statistisch gesehen eine Restgruppe der nicht in die Sektoren

- Umwandlungssektor,
- Industrie,
- Haushalte und
- Verkehr

einzuordnenden Energieverbraucher darstellt, ist die Datenlage zum Energieeinsatz wie zur Energieverwendung besonders schlecht. Ein Grund hierfür ist die große Zahl kleiner und kleinster Verbraucher, die der im Haushaltsbereich nahekomm. Ein anderer Grund ist die extreme Inhomogenität der Gruppe, die repräsentative Schätzungen für die Gesamtgruppe unmöglich macht. Im Vergleich zum Industriesektor fehlt für die Kleinverbraucher ein statistisches Berichtssystem, das regelmäßig den Energieeinsatz erfaßt und damit verlässliche Basisdaten über Verbrauchsentwicklung und Energieträgerstruktur liefert.

Um diese Defizite auszugleichen wurden seit 1978 drei Detaillierungsgutachten in Auftrag gegeben, die die Aufgabe hatten mittels repräsentativer Stichproben den Energieeinsatz der Kleinverbraucher nach

- Branchen,
- Energieträgern und
- Verwendungszwecken

zu ermitteln und aufzusplitten. Das aktuellste derzeit vorliegende 2. Detaillierungsgutachten (Goy et al., 1986) basiert allerdings auf der Datenbasis von 1982 und ist, wie einige Detailuntersuchungen in einzelnen Branchen zeigen, zum Teil als überholt zu betrachten (vgl. Brunotte, 1993). Dennoch bildet die in diesem Gutachten gelieferte Disaggregation des Energieverbrauchs der Kleinverbraucher die wesentliche Grundlage der vorliegenden Studien und Prognosen zum Energieeinsatz der Kleinverbraucher (z. B. Masuhr et al., 1990; Eckerle et al., 1991).

Das 2. Detaillierungsgutachten (Goy et al., 1986) unterteilt den Sektor Kleinverbraucher in Anlehnung an die Systematik der Wirtschaftszweige und unter besonderer Berücksichtigung des Handwerks in 22 Branchen (homogene Verbrauchergruppen), die als Splits bezeichnet werden:

Handwerk:	- split 11: Einzelhandel "non food"
- split 1: Metallgewerbe	- split 12: Großhandel
- split 2: Holzgewerbe	Gastgewerbe:
- split 3: Bekleidung, Textil, Leder	- split 13: Beherbergung
- split 4: Bäcker, Konditoren, Müller	- split 14: Gaststättengewerbe
- split 5: Fleischer, Brauer, Küfer	Sonstige:
- split 6: Gesundheits- und Körperpflege	- split 15: Banken / Versicherungen
- split 7: Glas, Papier, Keramik und Sonstige	- split 16: Dienstleistungen
- split 8: Baugewerbe	- split 17: Organisationen ohne Erwerbscharakter
- split 9: Wäschereien und Reinigungen	- split 18: Krankenhäuser
Handel:	- split 19: Schulen
- split 10: Einzelhandel "food"	- split 20: Badeanlagen
	Landwirtschaft und Gartenbau:
	- split 21: Landwirtschaft
	- split 22: Gartenbau

Für diese 22 Splits wurde der Energieeinsatz nach den Endenergieträgern

- Festbrennstoffe,
- Öl,
- Gas,
- Flüssiggas,
- Strom und
- Fernwärme

sowie nach den Verwendungszwecken

- Raumwärme,
- Prozeßwärme,
- Warmwasser,
- sonstige Wärme (Lüftung, Kühlung, Küche, Kantine, Büro),
- Kraft und
- Licht

detailliert erhoben.

Die folgende Liste gibt die Branchengliederung der LCP-Gutachten für die Stadtwerke Hannover wieder (Hennicke et al., 1993):

0	Land- und Forstwirtschaft	61	Versicherungsgewerbe
011 - 014	Land- und Forstwirtschaft	7	Private Dienstleistungen
031	Gewerbliche Gärtnereien	71	Gastgewerbe/Hotels/ Gaststätten
034 - 077	übrige Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	73/74	Wäscherei, Körperpflege, Reinigung
3	Baugewerbe	55,72,75-79	sonstige private Dienstleistungen
30	Bauhauptgewerbe		Bäder
31	Ausbaugewerbe		Sportanlagen
4	Handel		Schulen/Kindergärten
40/41, 42	Großhandel		Hochschulen
411	Großhandel mit Nahrungsmitteln, Getränken		Krankenhäuser
401 - 408	übriger Großhandel		Heime
42	Handelsvermittlung		übrige private Dienstleistungen
43	Einzelhandel	81	Organisationen ohne Erwerbszweck, nicht für Unternehmen tätig
	großflächiger E., Kaufhäuser, Supermärkte		Bäder
	Nahrungsmittel		Sportanlagen
	übriger Einzelhandel		Schulen/Kindergärten
5	Verkehr und Nachrichtenübermittlung		Hochschulen
51	Verkehr und Nachrichtenübermittlung (ohne Spedition usw.)		Krankenhäuser
	Bundesbahn		Heime
511 1	Bundespost		Verwaltungen und sonstige Einrichtungen
517, 607	übriger Verkehr und Nachrichtenübermittlung	90 und 98	Gebietskörperschaften und Sozialversicherung
51 Rest	Spedition, Lagerei, Verkehrsvermittlung		Bäder
55	Kühlhäuser		Sportanlagen
551 55	übrige Spedition, Lagerei, Verkehrsvermittlung		Schulen/Kindergärten
55 Rest	Kreditinstitute/Banken / Versicherungen		Hochschulen
60/61	Kreditinstitute		Krankenhäuser
60 o. 607			Heime
			Verwaltungen und sonstige Einrichtungen

Für diese Gliederung wurden Schätzungen des Stromeinsatzes für die einzelnen Verwendungszwecke aus einzelnen Branchenstudien neu erstellt. Zum Teil sind die Ergebnisse in die Abschätzungen der vorliegenden Untersuchung eingeflossen.

3.4 Synthese: hier gewählte Branchengliederung

Bei der Aufteilung des Kleinverbrauchssektors in Branchen mußte auf die Originaldaten der Stadtwerke Münster (1993) zurückgegriffen werden, die für jeden Zähler einen einzelnen Datensatz wiedergeben. Anhand der Kundennummern wurden jedem Kunden die von ihm gemieteten Zähler zugeordnet, so daß der Verbrauch auf der Ebene der Einzelkunden vorlag. Diese konnten wiederum mit Hilfe der Branchenschlüssel zu Branchengruppen zusammengefaßt werden. Diese Daten standen allerdings nur für das Jahr 1991 zur Verfügung. Deshalb setzen die detaillierten Szenario-rechnungen auf 1991 als Basisjahr auf. Die Gesamtergebnisse werden aus Gründen der Vergleichbarkeit zusätzlich mit den Basisjahren 1987 bzw. 1990 verglichen.

Tabelle 6. Stromeinsatz der Kleinverbraucher in Münster nach Branchen im Jahr 1991 in kWh

Branche	Sondervertragsk.		Tarifkunden		Gesamt		Anteil in %
	Anz.	Verbrauch	Anz.	Verbrauch	Anz.	Verbrauch	
Landwirtschaft			646	12.476.066	646	12.476.066	2,5%
Gartenbau			87	1.768.092	87	1.768.092	0,3%
Handwerk u. Kleinindustrie			399	7.071.665	399	7.071.665	1,4%
Wäschereien u. Reinigungen	3	567.093	73	1.260.368	76	1.827.461	0,4%
Baugewerbe (o. Sonderv. 1)			399	4.576.656	399	4.576.656	0,9%
Gewerbe	3	567.093	1.604	27.152.847	1.607	27.719.940	5,5%
Einzelhandel (food)	56	10.963.393	372	11.450.014	428	22.413.407	4,4%
Einzelhandel (nonfood)	92	42.406.626	1.605	30.385.751	1.697	72.792.377	14,4%
Großhandel (food)	8	10.986.464	19	634.548	27	11.621.012	2,3%
Großhandel (nonfood 2)	17	4.066.693	120	4.403.617	137	8.470.310	1,7%
Handel u. sonst. 3)	173	68.423.176	2.116	46.873.930	2.289	115.297.106	22,8%
Banken u. Versicherungen	30	51.711.888	196	3.489.355	228	55.201.243	10,9%
Gastgewerbe	28	5.250.609	568	20.334.625	596	25.585.234	5,1%
Beherbergungsgewerbe 4)	33	12.168.273	71	2.954.114	104	15.122.387	3,0%
sonst. private Dienstleistungen 5)	72	28.586.115	1.179	11.699.464	1.251	40.285.579	8,0%
sonst. öffentliche Dienstleistungen 6)	8	550.553	330	4.309.206	338	4.859.759	1,0%
Dienstleistungen	141	46.555.550	2.148	39.297.409	2.289	85.852.959	17,0%
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen 7)	18	80.835.881	655	4.761.451	673	85.597.332	16,9%
Kirchliche Einrichtungen	16	2.648.640	334	5.565.366	350	8.214.006	1,6%
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	40	19.540.326			40	19.540.326	3,9%
Schulen	79	5.799.539			79	5.799.539	1,1%
Schwimmbäder	13	3.394.062			13	3.394.062	0,7%
Gebietskörperschaften 8)	31	77.763.748			31	77.763.748	15,4%
Stationierungstreitkräfte	22	21.915.656			22	21.915.656	4,3%
Sonstige	219	211.897.852	989	10.326.817	1.208	222.224.669	43,9%
Kleinverbraucher lt. Kundendat.	566	379.155.559	7.053	127.140.358	7.619	506.295.917	100,0%
Nicht erklärte Restgröße						33.004.083	6,5%
Summe lt. 2. Fortschreibung						539.300.000	106,5%

1) Sondervertragsk. sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandh.
3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßh. der Industrie zugeordnet und die Elektroind. dem Großh.
4) incl. Heime; 5) o. Gesundheitsw., Gast- u. Beherbergungsgew.; 6) o. Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992);
8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992)

Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster

Tabelle 6. gibt das Ergebnis der Brancheneinteilung wieder. In der ersten Spalte sind die Bezeichnungen der Branchen wiedergegeben. In den beiden folgenden Spalten finden sich jeweils die Zahl und der Stromeinsatz der Sondervertragskunden der jeweiligen Branche wieder. In den Spalten 4 und 5 sind die entsprechenden Werte für die

Tarifikunden wiedergegeben. Die letzten drei Spalten der Tabelle 6. geben dann die Gesamtwerte für jede der gebildeten Branchen und ihren Anteil am Gesamtstromeinsatz der Kleinverbraucher im Jahre 1991 wieder.

Bei der Einteilung der Branchen wurde darauf geachtet eine möglichst weitgehende Übereinstimmung mit den vorliegenden Brancheneinteilungen der Stadtwerke Münster (1993f,g), der Detaillierungsgutachten (Goy et al., 1986), der Energieprognosen (Masuhr et al., 1990; Eckerle et al., 1991) und der Untersuchungen für Hannover (Henricke et al., 1993) zu erreichen. Dadurch wird eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse sowie eine Kombination der unterschiedlichen Informationen ermöglicht.

Die 5 Hauptgruppen, Gewerbe, Handel, Banken und Versicherungen, Dienstleistungen und Sonstige entsprechen der Gliederung in (Stadtwerke Münster, 1993g). Allerdings ist die Zuordnung der Kunden durch die Stadtwerke nicht nachzuvollziehen, so daß bei den Verbräucher der einzelnen Gruppen deutliche Unterschiede bestehen. Die weitere Detaillierung orientiert sich an der Systematik der Abteilung Sondervertragskunden (Stadtwerke Münster, 1993f).

Während im Tarifkundenbereich auch solche Kunden, die laut Branchenschlüssel der Industrie zuzuordnen sind als industrielle bzw. handwerkliche Kleinverbraucher eingestuft wurden sind bei den Großkunden alle der Industrie zuzuordnenden Kunden gelöscht worden. In der Sondervertragskundengruppe 1 sind das die Betriebe der Industrie der Steine und Erden, während das Baugewerbe zum Kleinverbrauch zählt. Die Gruppen 2 bis 6 sind rein industriell und daher nicht für den Kleinverbrauch relevant. Lediglich der Holzgroßhandel (407) wäre dem Kleinverbrauch zuzuordnen, er ist aber aufgrund der Abgrenzungsprobleme wie auch bei den Stadtwerken der Industrie zugeordnet worden. Bei der Gruppe 7 (Handel) wurden die Gruppen 014 und 031 dem Gartenbau zugeordnet und die Gruppe 116 (Ölgewinnung) gestrichen. Die Gruppe 250 (Elektroindustrie) wurde aufgrund der Charakteristik der Betriebe im Bereich Großhandel mit erfaßt. Die Gruppen 8 bis 12 sind weitgehend in der Gliederung der Stadtwerke belassen worden und finden sich in Tabelle 6. wieder. Die Dienstleistungen sind allerdings noch etwas genauer aufgeteilt worden. Aus dem Sektor Gebietskörperschaften sind die Schulen und Schwimmbäder ausgenommen worden und wie in den anderen vorliegenden Studien separat dargestellt. Bei der Untersuchung wurden außerdem die Universität und die städtischen Liegenschaften separat betrachtet. Die Bundeswehreinrichtungen (9.0) wurden zusammen mit den Stationierungstreitkräften zur Gruppe Militär zusammengefaßt.

In Tabelle 6. wird die Branchenstruktur des Stromverbrauchs der Kleinabnehmer in Münster deutlich. Mit 44 % sind die Sonstigen, d.h. die öffentlichen Verwaltungen, Krankenhäuser, Schulen usw. sowie der Verkehr die größte Abnehmergruppe. An zweiter Stelle liegt der Handel mit insgesamt etwa 23 % des Stromeinsatzes der Kleinabnehmer, gefolgt von den Dienstleistungen mit 17 % und den Banken und Versicherungen mit 11 % des Stromeinsatzes. Landwirtschaft, Gewerbe und Handwerk benötigen dagegen zusammen nur etwa 5,5 % des Strombedarfs.

Der Vergleich der Stromverbräuche in Tabelle 6. mit der Angabe der Stadtwerke in der 2. Fortschreibung ihres Energiekonzepts (Bericht 93) zeigt eine Differenz von ca. 6,5 % bzw. rd. 33 GWh/a zwischen beiden Angaben. Gründe hierfür können Abgrenzungsschwierigkeiten bei der Vielzahl der Kundengruppen, das roulierende Abrechnungssystem bei den Tarifikunden u.a. sein. Wie Beispiele von anderen EVU zeigen sind solche Abweichungen nicht ungewöhnlich (vgl. Henniscke et al., 1994). Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den Zahlenangaben der Stadtwerke in der 2. Fortschreibung zu gewährleisten, wird dieser Rest als eigene Gruppe in den Berechnungen mitgeführt.

4

Trend-Szenario bis 2005

Das Trend-Szenario baut auf den dargestellten Basisdaten zum Stromeinsatz der Kleinverbraucher nach Branchen im Jahr 1991 auf und liefert eine Projektion, wie der Stromeinsatz im Jahr 2005 unter weitgehend unveränderten Rahmenbedingungen aussehen könnte. Das Basisjahr 1991 mußte für die Szenariorechnungen gewählt werden, da die Datenbasis für die branchenspezifischen Verbräuche nur für das Jahr 1991 verfügbar war. Aus Gründen der Vergleichbarkeit werden die Gesamtergebnisse jedoch immer den klimapolitischen Basisjahren 1987 und 1990 gegenübergestellt.

Hierzu wird in einem ersten Schritt der Energieeinsatz der einzelnen Branchen nach Verwendungszwecken der elektrischen Energie detailliert. Im folgenden Schritt werden Leitindikatoren bestimmt, die die Nachfrageentwicklung aufgrund des Wirtschaftswachstums für jede Branche und alle Verwendungsarten wiedergeben. Hierfür werden im allgemeinen Schätzungen der Produktionswertentwicklung, der Umsatzentwicklung und der Beschäftigtenentwicklung der einzelnen Branchen zugrundegelegt. Im letzten Schritt wird die Entwicklung des spezifischen Stromeinsatzes berücksichtigt. Hier finden die technischen Effizienzsteigerungen im Trend ebenso ihren Niederschlag wie die Mehrverbrauchseffekte durch den verstärkten Einsatz bestimmter Stromanwendungen.

Aus der Kombination dieser Einflußgrößen ergibt sich der Strombedarf der Kleinverbraucher im Jahr 2005 detailliert nach Branchen und nach Verwendungszwecken des Stroms. Während die folgenden Abschnitte einen Überblick über die Berechnung und die Ergebnisse des Trend-Szenarios geben, sind die detaillierten Rechnungen und Ergebnisse für alle Verwendungszwecke und alle Branchen in Kapitel 5 wiedergegeben.

4.1

Verwendungszwecke des Stroms nach Branchen

Im ersten Prognoseschritt wird der Stromeinsatz der Kleinverbraucher Münsters auf die einzelnen Verwendungsarten des elektrischen Stroms aufgegliedert. Hierfür wurden die Ergebnisse für den Kleinverbrauch in Westdeutschland aus den o. g. Detaillierungsgutachten (Goy et al., 1986), aus den Energieprognosen (Masuhr et al., 1990; Eckerle et al., 1991) sowie aus Brunotte (1993) zugrundegelegt. Eine Korrektur fand auf der Grundlage der Ergebnisse einiger branchenorientierter Einzelstudien sowie der Ergebnisse einer Untersuchung des Stromverbrauchs in Hannover (Henniscke et al., 1993) statt. Die Tabelle 7. zeigt das Ergebnis dieser Aufteilung für die wichtigsten Gruppen des Kleinverbrauchs. Die Einzelergebnisse für alle Branchen finden sich im Kapitel 5.

Aus den Ergebnissen wird deutlich, daß die Beleuchtung mit 30 % bzw. mehr als 150 GWh der wichtigste Verwendungszweck der elektrischen Energie im Kleinverbrauch ist. Im Handel macht die Beleuchtung sogar fast 40 % des Strombedarfs aus. Lediglich im Gewerbe beträgt ihr Anteil nur durchschnittlich 14 %. An zweiter Stelle steht mit 21 % des Stromeinsatzes die Lüftung, die in den Banken und Versicherungen mit ihren klimatisierten Verwaltungsgebäuden den Spitzenwert von 28 % erreicht. Weitere

wichtige Stromanwendungen sind Motoren und Kraft mit knapp 12 %, die überwiegend im Gewerbe genutzt werden, die Kühlung mit 10,7 %, die insbesondere im Lebensmittelhandel und im Klimatisierungsbereich eine Rolle spielt und die EDV mit 7 %, wobei hier wiederum die Banken mit ihren Großrechenanlagen den höchsten Anteil aufweisen. Die Anwendungszwecke, Raumwärme, Warmwasserbereitung, Kochen und Prozeßwärme benötigen zwischen 5,4 und 2,3 % des Strombedarfs, machen zusammen aber immerhin 16 % des Gesamtstrombedarfs der Kleinverbraucher aus.

Tabelle 7. Der Stromeinsatz der Kleinverbraucher in Münster 1991 nach Verwendungszwecken

Branche	Verwendungszwecke in %										Summe GWh/a
	Raumwärme	Warmwasser	Prozeßwärme	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonst.	
Gewerbe	8,8	8,7	14,8	32,9	13,7	5,8	7,4	0,8	1,3	5,7	27,7
Handel	3,0	3,0	0,0	5,7	39,5	22,0	20,8	5,0	1,0	0,0	115,3
Banken u. Vers.	5,1	0,3	0,0	9,6	28,7	10,2	28,0	17,1	1,0	0,0	55,2
Dienstleistungen	7,2	9,5	3,8	10,5	25,2	7,4	17,0	6,2	9,7	3,5	85,9
Sonstige	5,7	3,8	2,0	13,6	29,3	6,9	23,0	7,0	3,9	4,9	222,2
Gesamt (%)	5,4	4,5	2,3	11,9	30,0	10,7	21,2	7,2	3,8	3,0	506,3
in GWh	27,5	22,7	11,9	60,4	151,8	54,2	107,2	36,4	19,0	15,4	

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Brunotte 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

4.2 Anstieg des Stromverbrauchs durch die Wirtschaftsentwicklung

Auf der Basis der Stromverbräuche des Jahres 1991, detailliert nach Branchen und nach Verwendungszwecken der elektrischen Energie lassen sich die Verbrauchstendenzen für die Zukunft abschätzen.

Der grundlegende Einflußfaktor auf den Stromeinsatz einer Branche ist die wirtschaftliche Entwicklung, die sich in steigenden Umsätzen, größeren Beschäftigtenzahlen und höheren Produktionswerten niederschlägt. Diese Auswirkungen des Wirtschaftswachstums wirken sich ihrerseits auf den Strombedarf der Branche aus, wobei je nach Verwendungszweck des Stroms eher die Beschäftigtenzahl oder eher die Umsatzentwicklung als Treibergröße anzusehen ist. So ist die Beleuchtung in den meisten Branchen eher von der Beschäftigtenzahl abhängig. Die Kühlung ist dagegen im Handel vom Umsatz abhängig, in den Banken aber von der Zahl der Beschäftigten, für die die Raumluft klimatisiert werden muß.

Die Basis für die vorliegende Abschätzung der Leitindikatoren des Stromverbrauchs (Tab. 8.) bilden die Energieprognosen für Westdeutschland (Masuhr et al., 1990; Eckerle et al., 1991). Die in diesen Prognosen enthaltenen Abschätzungen zur Entwicklung der Umsätze und der Beschäftigtenzahlen in den einzelnen Branchen für Westdeutschland wurden auf den hier betrachteten Szenariozeitraum von 1991 bis 2005 umgerechnet und auf die einzelnen Branchen, je nach dem Anteil der einzelnen Verwendungszwecke bezogen. Für die öffentlichen Institutionen und die Infrastruktureinrichtungen wie z.B. Bäder und Schulen wurde ebenfalls auf die westdeutschen Vergleichswerte nach Masuhr et al. (1990) und Eckerle et al. (1991) zurückgegriffen.

Die Tabelle 8. zeigt ein detailliertes Bild der Stromverbrauchsentwicklung zwischen 1991 und 2005. Dabei stellen die Zahlen im Zentralfeld der Tabelle Indexwerte dar, die die Veränderung des jeweiligen Wertes im Jahr 2005 gegenüber 1991 wiedergeben. Der korrespondierende Wert für 1991 ist jeweils 1.

Tabelle 8. Änderung des Stromverbrauchs nach Branchen und Verwendungszwecken durch Wirtschaftswachstum für 2005, bezogen auf 1991 (=1)

Branchen	Verwendungszwecke										GWh/a		
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonst.	Summe	1991	2005
Landwirtschaft	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	0,98	12,5	12,3
Gartenbau	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,8	2,3
Handwerk u. Kleinindustrie	1,01	1,41	1,41	1,41	1,21	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,33	7,1	9,4
Wäschereien u. Reinigungen	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,8	2,3
Baugewerbe (o. Sonderv. 1)	0,93	0,93	1,24	1,24	0,93	0,93	0,93	1,24	0,93	1,24	1,10	4,6	5,0
Gewerbe	1,00	1,10	1,16	1,16	1,06	1,19	1,19	1,24	1,19	1,24	1,13	27,7	31,3
Einzelhandel (food)	1,22	1,03	1,22	1,40	1,22	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,30	22,4	29,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	1,22	1,03	1,22	1,40	1,22	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,30	42,4	54,9
Sonstiger Einzelhandel	1,22	1,03	1,22	1,40	1,22	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,30	30,4	39,4
Großhandel (food)	1,36	0,98	0,98	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	0,98	0,98	1,21	11,6	14,0
Großhandel (nonfood 2)	1,36	0,98	0,98	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	0,98	0,98	1,21	8,5	10,2
Handel u. sonst. 3)	1,24	1,02	1,19	1,40	1,24	1,40	1,40	1,40	1,33	1,33	1,28	115,3	147,6
Banken u. Versicherungen	0,98	0,98	0,98	0,98	1,43	0,98	0,98	1,43	0,98	0,98	1,06	55,2	57,7
Gastgewerbe	1,28	1,44	1,28	1,28	1,28	1,44	1,28	1,28	1,44	1,28	1,30	25,6	33,2
Beherbergungsgewerbe 4)	1,28	1,44	1,28	1,28	1,28	1,44	1,28	1,28	1,44	1,28	1,30	15,1	19,6
sonst. private Dienstleistungen 5)	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	40,3	47,8
sonst. öffentliche Dienstleistungen 6)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	4,9	5,6
Dienstleistungen	1,23	1,31	1,23	1,23	1,23	1,31	1,23	1,23	1,31	1,23	1,24	85,9	106,2
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	85,6	87,0
Kirchliche Einrichtungen	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	8,2	9,5
Verkehr u. Nachrichtenermittlung	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	19,5	23,2
Schulen	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	6,1	6,3
Schwimmbäder	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,4	3,4
Gebietskörperschaften 8)	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	77,5	89,2
Stationierungstreitkräfte	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	21,9	10,5
Sonstige	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	222,2	229,0
Kleinverbraucher Gesamt	1,11	1,07	1,10	1,16	1,16	1,16	1,16	1,20	1,16	1,14	1,13	506,3	571,8
1991 in GWh	27,5	22,7	11,9	60,4	151,8	54,2	107,2	36,4	19,0	15,4	506,4		
trozen efficiency 2005 in GWh	30,4	24,3	13,0	69,3	175,7	63,1	123,4	43,8	21,8	17,5	571,9		

Leitindikatoren zeigen die Bedarfszuwächse bis 2005 aufgrund des erwarteten Produktions-, Beschäftigten- und Flächenzuwachses an; 1) Sondervertragskungen sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Leitindikator: Bettenzahlentwicklung Westdeutschland; 9) Leitindikator: Infrastrukturprognose Westdeutschland; 9) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u. a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992).

Quelle: Berechnet von Lechtenböhrer (1993) nach Bach et al. (1993), Eckerle et al. (1991) und Enquête-Kommission (1993).

Insgesamt ist allein durch die Wirtschaftsentwicklung der Betriebe des Kleinverbrauchssektors in Münster zwischen 1991 und 2005 mit einem Anstieg des Strombedarfs der Kleinverbraucher um rd. 13 % von 506 auf 571 GWh/a zu rechnen. Mehr als Drittel dieses Zuwachses entfällt allein auf die Beleuchtung, deren Strombedarf aufgrund steigender Beschäftigtenzahlen bis 2005 noch um 16 % oder 24 GWh/a zunehmen wird. Ebenfalls hohe Zuwachsraten sind bei der EDV mit 20 %, der Kühlung mit 16 % und der Lüftung, der Kraft und den Küchen mit je 15 % zu verzeichnen. Unterdurchschnittliche Wachstumsraten aufgrund der Wirtschaftsentwicklung haben dagegen die Anwendungen Warmwasser, Prozeß- und Raumwärme aufgrund der stagnierenden Entwicklung der Schwimmbäder bzw. der relativ geringen Wachstumsraten im Gewerbe.

Bei den Branchengruppen ist das größte wachstumsbedingte Wachstumspotential im Handel zu verzeichnen, dessen Strombedarf um durchschnittlich 28 % bzw. 32 GWh/a

zunimmt. An zweiter Stelle liegen die Dienstleistungsbereiche mit einem Wachstum um 20 GWh/a oder 24 %. Den geringsten wirtschaftswachstumsbedingten Strommehrverbrauch haben die Sonstigen Kleinverbraucher, d. h. überwiegend öffentliche Einrichtungen deren Beschäftigtenzahlen in Zukunft kaum noch zunehmen werden, mit einer Zuwachsrate von 3 % und die Banken und Versicherungen, deren Strombedarf ebenfalls in erster Linie von der Beschäftigung und nicht von der Umsatzentwicklung abhängt und der wachstumsbedingt bis 2005 um 5 % ansteigt.

4.3 Mehrverbrauchstendenzen und Sparpotentiale im Trend

Der zweite Einflußfaktor auf den Stromeinsatz der Branchen ist die Stromeinsatzintensität, bezogen auf die oben dargestellten Leitindikatoren. Sie wird durch einen Indexwert (Spalte 4 in Tabelle 9.) repräsentiert. Der spezifische Stromeinsatz bezogen auf den Leitindikator ist für jeden Verwendungszweck definiert und setzt sich aus zwei grundsätzlich gegenläufigen Effekten zusammen:

Tabelle 9. Mehrverbrauchstendenzen, Sparpotentiale und spezifischer Stromverbrauch bis 2005, bezogen auf 1991 (= 1)

Verwendungszwecke	Nutzungsbedingter Mehrverbrauch	Sparpotential im Trend	indexspezifischer Verbrauch im Trend
Raumwärme	5,0%	-5,7%	0,99
Warmwasser	2,5%	-2,4%	1,00
Prozeßwärme	0,0%	0,0%	1,00
Kraft	15,0%	-1,3%	1,14
Licht	4,0%	-0,8%	1,03
Kühlung	20,0%	-2,9%	1,17
Lüftung	15,0%	-7,6%	1,06
EDV	50,0%	-16,9%	1,25
Kochen	0,0%	-2,0%	0,98
Sonstige	0,0%	0,0%	1,00
Summe/Durchschnitt	12,5%	-4,1%	

Quelle: Lechtenböhrner (1993) n. Bach et al. (1993), Eckerle et al. (1991) u. Enquête-Kommission (1993).

- Der erste Effekt ist der nutzungsbedingte Mehrverbrauch der entsprechenden Energiedienstleistung. Ein Einflußfaktor auf den Mehrverbrauch ist die steigende Bürofläche pro Beschäftigten, die den Strombedarf für Licht und Raumwärme noch weiter steigen läßt. Bei den Verwendungszwecken Kraft, Lüftung und EDV sind dagegen eine weitere Ausbreitung der Klimatisierungs- und Lüftungstechnik, der Trend zur Tiefkühlkost und die noch weiter steigende Anwendung der Büroelektronik und der Telekommunikation sowie der Trend zur Vernetzung bisher dezentraler Rechner die Faktoren, die zu einem noch intensiveren Einsatz dieser Anwendungsarten pro Beschäftigten oder pro Produktionseinheit führen.
- Der zweite, entgegengesetzte Effekt ist der, daß die verwendeten Geräte in der Tendenz immer effizienter werden. Im Trend ist dieser Rückgang der spezifischen Verbräuche einzelner Verwendungsarten aber nur schwach ausgeprägt, weil gleichzeitig ein Trend zu leistungsfähigeren Geräten zu verzeichnen ist und kaum

Anreize geboten werden, die effizienteste, am Markt erhältliche Technik einzusetzen.

Insgesamt wird der Mehrverbrauchseffekt im Trend deutlich überwiegen. Im Durchschnitt aller Verwendungszwecke der elektrischen Energie nimmt die Einsatzintensität bis 2005 noch um 12,5 % zu. Dem stehen im Trend Einsparpotentiale von nur etwas mehr als 4 % gegenüber.

Bei der Betrachtung der einzelnen Verwendungsarten ergibt sich allerdings ein differenziertes Bild. Auf der einen Seite bleiben die spezifischen Einsätze im Bereich der Wärmeanwendungen und der sonstigen Verwendungszwecke weitgehend konstant bzw. sinken sogar etwas. Auf der anderen Seite sind bei der Beleuchtung und der Lüftung mit 3 bzw. 6 % noch leichte spezifische Zuwächse und bei Kraft, Kühlung und EDV mit 14, 17 bzw. 25 % erhebliche Steigerungen des Verbrauchsniveaus noch zusätzlich zum Wirtschaftswachstum zu erwarten.

4.4 Entwicklung der Stromverbräuche im Trend-Szenario

Als Ergebnis der Effekte des Wirtschaftswachstums, ausgedrückt durch die Leitindikatoren für jede Branche und jeden Verwendungszweck (Tab. 8.) und des nutzungsbedingten Mehrverbrauchs sowie der Effizienzsteigerung im Trend (Tab. 9.) ergibt sich die Trendentwicklung des Stromverbrauchs im Kleinverbrauchssektor bis 2005.

Tabelle 10. Entwicklung des Stromeinsatzes nach Verwendungszwecken im Trendszenario 1991 bis 2005

Verwendungszwecke	Stromeinsatz				Änderung	
	1987 GWh 1)	1991 GWh	2005 %	2005 GWh	91-05 %	87-05 %
Raumwärme		27,5	5,1	29,8	4,4	8,3
Warmwasser		22,7	4,2	26,2	3,9	15,5
Prozeßwärme		11,9	2,2	13,2	2,0	11,5
Kraft		60,4	11,2	76,7	11,4	27,0
Licht		151,8	28,1	182,4	27,2	20,2
Kühlung		54,2	10,0	78,4	11,7	44,6
Lüftung		107,2	19,9	129,2	19,2	20,6
EDV		38,4	6,8	55,4	8,3	52,1
Küchen		19,0	3,5	22,6	3,4	18,9
Sonstige		15,4	2,9	16,6	2,5	8,1
nicht erkl. Restgröße 2)		32,9	6,1	41,0	6,1	24,5
Summe/Durchschnitt	500,3	539,3	100,0	671,4	100,0	24,5 34,2

1) zwischen 1985 und 1990 interpoliert; 2) Differenz zwischen versch. Angaben der SWM; Zuwachs gesch.

Quelle: Lechtenböhrner (1994)

In Tabelle 10. ist dieses Ergebnis nach Verwendungszwecken detailliert dargestellt. Insgesamt steigt der Stromeinsatz der Kleinverbraucher im Trend von 1987 bis 2005 um 34 % von 500 auf 671 GWh bzw. zwischen 1991 und 2005 um 24,5 %. Die einzelnen Verwendungszwecke weisen hierbei allerdings sehr unterschiedliche Wach-

stumsraten auf. Die relativ größten Zuwächse sind bei der EDV und der Kühlung zu verzeichnen, deren Strombedarf um 52 bzw. 45 % ansteigt und die ihre Anteile am Gesamtstromeinsatz von 7,2 bzw. 10,7 auf 8,8 bzw. 12,4 % deutlich steigern können. Absolut gesehen werden sie allerdings noch durch die Zuwächse beim Stromeinsatz für die Beleuchtung von 30 GWh oder 20,2 % übertroffen.

Bei der Betrachtung der Entwicklung des Stromverbrauchs nach einzelnen Branchen ergeben sich ebenfalls erhebliche Unterschiede, die auf die unterschiedlichen Wachstumserwartungen der Branchen und die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke zurückzuführen sind (Tab. 11.).

Tabelle 11. Entwicklung des Stromeinsatzes nach Branchen im Trendszenario

Branche	Stromeinsatz				Änderung 91 - 05 in %
	1991		2005		
	in GWh	in %	in GWh	in %	
Landwirtschaft	12,5	2,3	12,8	1,9	2,9
Gartenbau	1,8	0,3	2,3	0,3	31,6
Handwerk u. Kleinindustrie	7,1	1,3	10,8	1,6	52,8
Wäschereien u. Reinigungen	1,8	0,3	2,4	0,4	31,5
Baugewerbe (o. Sonderv. 1)	4,6	0,8	5,6	0,8	21,3
Gewerbe	27,7	5,1	33,9	5,1	22,4
Einzelhandel (food)	22,4	4,2	33,4	5,0	49,1
Kaufhäuser / Fachmärkte	42,4	7,9	61,6	9,2	45,3
Sonstiger Einzelhandel	30,4	5,6	40,3	6,0	32,8
Großhandel (food)	11,6	2,2	17,4	2,6	49,8
Großhandel (nonfood 2)	8,5	1,6	12,0	1,8	42,2
Handel u. sonst. 3)	115,3	21,4	164,8	24,5	42,9
Banken u. Versicherungen	55,2	10,2	72,0	10,7	30,4
Gastgewerbe	25,6	4,7	36,2	5,4	41,3
Beherbergungsgewerbe 4)	15,1	2,8	21,2	3,2	40,3
sonst. priv. Dienstleistungen 5)	40,3	7,5	51,2	7,6	27,2
sonst. öff. Dienstleistungen 6)	4,9	0,9	6,0	0,9	23,4
Dienstleistungen	85,9	15,9	114,6	17,1	33,5
Krankenhäuser u. Gesundh. 7)	85,7	15,9	93,1	13,9	8,7
Kirchliche Einrichtungen	8,2	1,5	10,1	1,5	23,4
Verkehr u. Nachrichtenüberm.	19,5	3,6	24,9	3,7	27,2
Schulen	6,1	1,1	6,6	1,0	8,1
Schwimmbäder	3,4	0,6	3,6	0,5	6,8
Gebietskörperschaften 8)	77,5	14,4	95,6	14,2	23,4
Stationierungsstreitkräfte	21,9	4,1	11,2	1,7	-48,7
Sonstige	222,3	41,2	245,1	36,5	10,3
nicht erkl. Restgröße	32,9	6,1	41,0	6,1	24,5
Summe Kleinverbraucher	539,3	100,0	671,4	100,0	24,5

Quelle: Lechtenböhrer (1994)

Die größten Verbrauchszuwächse sind im Trend im Handel zu erwarten, dessen Strombedarf bis 2005 um etwa 43 % zunehmen wird. Innerhalb des Handels macht sich insbesondere der Wachstumstrend bei der Kühlung bemerkbar, die vor allem im Lebensmittelgroß- und -einzelhandel einen hohen Anteil hat. Beide liegen mit Ver-

brauchsziwachsen von fast 50 % über dem Durchschnitt aller Handelsbetriebe und damit nach dem Handwerk und der Kleinindustrie an der Spitze aller betrachteten Branchen. An zweiter Stelle folgen die Dienstleistungen, deren Strombedarf um etwa ein Drittel ansteigen wird. Hier ist das starke Umsatzwachstum im Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe der zentrale Einflußfaktor. An dritter Stelle stehen die Banken und Versicherungen, deren Stromeinsatz vor allem aufgrund von Mehrverbrauchseffekten in den Bereichen EDV und Klimatisierung noch um etwa 30 % zunehmen wird, da die Beschäftigtenzahlen nur noch langsam ansteigen.

Unterdurchschnittliche Entwicklungen sind dagegen im Bereich des Gewerbes, mit einem Verbrauchszuwachs von etwa 22 % und bei den sonstigen Kleinverbrauchern, die überwiegend öffentliche Einrichtungen sind, mit 10 % zu erwarten. In beiden Fällen sind die schwachen Wachstumsaussichten der wichtigste Einflußfaktor. Im Gewerbe ist vor allem der Beschäftigungsrückgang in der Landwirtschaft als dämpfender Faktor zu nennen, während die anderen Branchen überdurchschnittlich wachsen und im Handwerk mit 53 % ein Zuwachs erwartet wird, der noch oberhalb des Lebensmittelhandels liegt. Im Bereich der sonstigen Kleinverbraucher weist keine Branche ein überdurchschnittliches Wachstum der Stromverbräuche auf. Insbesondere Krankenhäuser, Schulen und Bäder werden aber bis 2005 kaum ausgebaut, so daß die Stromverbräuche nur langsam zunehmen. Zusätzlich ist im Bereich des Militärs durch den Abzug der Britischen Streitkräfte mit einem deutlichen Verbrauchsrückgang zu rechnen.

In Abbildung 2 wird die Entwicklung im Trendszenario graphisch dargestellt. Die Kurve von 1980 bis 1991 spiegelt hierbei die reale Entwicklung in den achtziger Jahren wieder.

Bei der Entwicklung des Trend-Szenarios stellt die Wirtschaftsentwicklung in Form der Leitindikatoren die Basis dar. In der Abbildung wird sie durch die untere dünn gestrichelte Linie wiedergegeben. Der nach oben gerichtete Pfeil zeigt den hinzukommenden Effekt der Mehrverbrauchstendenzen durch größere Büroflächen pro Beschäftigtem und verstärkten Einsatz von EDV, Kühlung u. a. Als letzter Effekt wird der kürzere nach unten gerichtete Pfeil, der die Einsparungen im Trend symbolisiert, wirksam. Im Ergebnis zeigt sich der in der durchgezogenen Linie erkennbare Trend der Stromverbräuche.

Im Vergleich mit der Vergangenheit ist klar erkennbar, daß sich der Wachstumstrend der Stromverbräuche leicht abschwächt. Dies wäre selbst dann der Fall, wenn im Trendszenario keine weiteren Effizienzsteigerungen mehr angenommen würden (obere gestrichelte Linie in Abbildung 2).

Trotzdem wird der Stromverbrauch der Kleinverbraucher von 1990 539 GWh bis 2005 auf 671 GWh d. h. um fast 25 % ansteigen. Bezogen auf 1987 beträgt der Zuwachs sogar rd. 35 %. Der Vergleich mit der Basisprognose der Stadtwerke Münster (Stadtwerke Münster, 1993g; untere unterbrochene Linie in Abbildung 2) zeigt, daß der Stromverbrauch wahrscheinlich erheblich stärker zunehmen wird als von den Stadtwerken prognostiziert. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch die Prognos-

studie für Münster (Eland et al., 1992). Bis 2005 ist mit einem um mehr als 100 GWh pro Jahr höheren Stromverbrauch der Kleinverbraucher zu rechnen als in der Basisprognose abgeschätzt.

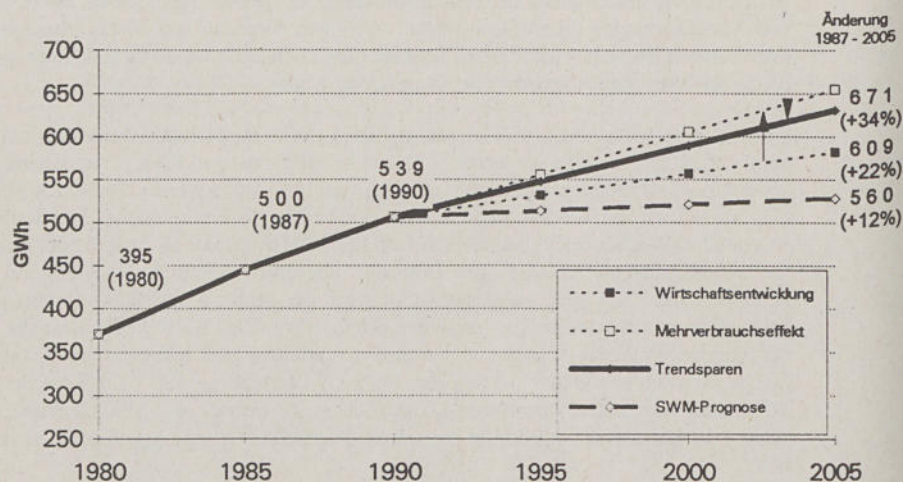


Abb. 2. Entwicklung des Strombedarfs der Kleinverbraucher im Trendszenario von 1980 bis 2005

Dieser größere Zuwachs bei den Stromeinsätzen wird eine höheren CO_2 -Ausstoß verursachen. Bis 2005 wird der durch den Stromeinsatz der Kleinverbraucher bedingte CO_2 -Ausstoß bei einem Emissionsfaktor von 636 g/kWh bzw. 925 g/kWh für Strom im Wärmemarkt von heute rd. 349.000 t pro Jahr auf etwa 434.000 t pro Jahr ansteigen. Das bedeutet einen Anstieg der Gesamtemissionen des Energie- und Verkehrssektors in Münster um rund 3,8 % bis 2005 und damit eine weitgehende Kompensation der von den Stadtwerken in der Basisprognose erwarteten CO_2 -Einsparung von 5 %.

Es zeigt sich also: Im Bereich des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher ist erheblicher Handlungsbedarf gegeben, wenn die Verbrauchszuwächse in diesem Sektor die Einsparbemühungen in anderen Sektoren nicht zunichte machen sollen. Allerdings sind im Bereich der Stromanwendungen noch erhebliche Effizienzpotentiale vorhanden. Sie werden, obwohl größtenteils am Markt verfügbar und in der Regel auch kosteneffizient, noch zu wenig ausgeschöpft. Im folgenden Kapitel werden diese zusätzlichen Effizienzpotentiale gegenüber der Trendentwicklung für jeden Verwendungszweck und jede Branche im Detail dargestellt. Ergänzend werden die Möglichkeiten der Emissionsreduktion durch die Substitution des Stroms abgeschätzt. Das Kapitel 6 zeigt darauf aufbauend im Überblick, welche Strom- und CO_2 -Einsparungen mit einer effizienzorientierten und konsequenten Klimaschutzpolitik erschlossen werden können.

5 Stromeinsparpotentiale im Kleinverbrauchssektor

5.1 Allgemeine Sparpotentiale nach Verwendungszwecken

Im folgenden wird für alle Verwendungszwecke der elektrischen Energie im Kleinverbrauchssektor dargestellt, in welchen Branchen Schwerpunkte der Verwendungsart liegen, welche Anteile des Stromeinsatzes der Branchen auf die jeweilige Verwendungsart entfallen und wie sich das Wirtschaftswachstum bis zum Jahr 2005 auf den Strombedarf für den jeweiligen Verwendungszweck auswirken wird. Weiterhin werden die Auswirkungen der Trends zu verstärktem Geräteinsatz, größeren oder komfortableren Geräten und zu Geräten mit geringeren Verbräuchen aufgezeigt und so der Trend des Stromeinsatzes für die einzelnen Verwendungsarten aufgezeigt. Danach werden die technischen, planerischen und organisatorischen sowie die verhaltensbedingten Einsparmaßnahmen dargestellt und bezüglich ihres Sparpotentials gegenüber der Trendentwicklung quantifiziert. Zusätzlich werden Kostenschätzungen für die Realisierung der Sparpotentiale dargestellt. Im Ergebnis kann für jeden Verwendungszweck dargestellt werden, wie sich der Stromverbrauch bis zum Jahr 2005 im Trend entwickeln wird und welche Einflußmöglichkeiten im Rahmen einer Klimaschutzstrategie zur Senkung des Stromeinsatzes bestehen.

Bei der Ermittlung der verwendungszweckspezifischen Sparpotentiale und ihrer Kosten werden nur die zusätzlichen Einsparungen und die hierfür notwendigen Zusatzkosten - bezogen auf die eingesparten kWh Strom über die Lebensdauer der Maßnahme - beziffert, die gegenüber der Trend-Entwicklung möglich sind bzw. aufzuwenden sind. Die Zusatzkosten berücksichtigen also nur die Investitions- und Betriebskosten, die im Vergleich zu einer weniger energiesparenden Lösung zusätzlich aufzuwenden sind, nicht aber die gesamten Investitionen (vgl. Lechtenböhrer, Bach 1994).

Aus den diskutierten Einsparpotentialen und den vorläufigen Kostenschätzungen ergibt sich das Klimaschutzszenario für Münster.

5.1.1

Raumwärme

Im tertiären Sektor Münsters werden ca. 5,4 % der elektrischen Energie für die Raumheizung aufgewendet. 1991 waren das ca. 27,5 GWh. Da Heizwärme i.d.R. problemlos mit anderen weniger veredelten Energieträgern bereitgestellt werden kann, handelt es sich hierbei nicht um eine typische Stromanwendung. Elektrische Heizgeräte werden meist als Heizlüfter, Radiatoren oder Strahlungsheizungen zur Zusatzbeheizung, in einzelnen Fällen auch zur Erwärmung sonst unbeheizter Räume eingesetzt.

Hinzu kommen Elektro-Speicherheizungen, die in Münster überwiegend im Haushaltsbereich verwendet werden und deshalb hier nicht berücksichtigt sind, sowie elektrische Fußboden- oder Deckenheizungen. Insbesondere der Einsatz von Heizlüftern in beheizten Räumen konterkariert oft die bestehenden Energiesparbemühungen und ist aufgrund des hohen Preises und der Spitzenlastwirkung sowohl für die Verbraucher als auch die Stadtwerke extrem unwirtschaftlich.

Wie die Tabelle 12. zeigt, wird Strom in allen Branchen nur zur Heizungsergänzung eingesetzt. Lediglich in der Landwirtschaft und einigen Gewerbebranchen wird mit 13 bzw. knapp 10 % ein überdurchschnittlicher Anteil des Stroms für die Heizung einge-

setzt. Geringe Anteile haben dagegen der Handel und die Krankenhäuser mit etwa 3 % des eingesetzten Stroms.

Da der Bedarf an Raumwärme vorwiegend von den Flächen der Betriebe abhängig ist, ist hier nur ein Zuwachs von unter 10 % aufgrund des Wirtschaftswachstums zu erwarten. Hierbei wirkt sich vor allem der Nettozuwachs der Fläche pro Beschäftigtem um rd. 4 % (Eckerle et al., 1991, 140) verbrauchssteigernd aus, während sich Wärmedämmmaßnahmen eher verbrauchssenkend auswirken. Da die Elektroheizung zu den teuersten Heizungssystemen zählt, wird sie in Zukunft - mit Ausnahme der elektrischen Wärmepumpen - eher seltener verwendet werden.

Die Technik der elektrischen Widerstandsheizungen wird sich in Zukunft kaum noch optimieren lassen, so daß es im Trend zu einem Anstieg des Elektrizitätseinsatzes für die Raumheizung um etwa 8 % kommen wird.

Im Raumwärmebereich sind erhebliche Energieeinsparpotentiale gegeben. Allein durch den verbesserten Wärmeschutz der Gebäude sind Energieeinsparungen von mehr als 60 % bei Kosten zwischen 1,5 und 10 Pf/kWh möglich (Hennicke et al., 1993, 54; Ebel et al., 1990; Gülec et al., 1994). Im Trend werden diese Potentiale zu maximal 50 % ausgeschöpft. Durch eine aktive Einsparpolitik lassen sich dagegen auch weitergehende Sparpotentiale in der Größenordnung von knapp 30 % gegenüber der Trendentwicklung erschließen (vgl. Lechtenböhrer, Bach, 1994).

Insgesamt können hierdurch bis 2005 ca. 8 GWh/a Strom eingespart werden, so daß der Stromeinsatz für Raumwärme etwa auf dem Niveau von 1990 bleiben wird.

Weitere Möglichkeiten zur Stromeinsparung bieten sich hier durch Verhaltensumstellungen und die Substitution der elektrischen Energie durch andere Energieträger an. So kann insbesondere in Bürobetrieben und Verwaltungen, in denen etwa 50 % des für Raumwärme eingesetzten Stroms verbraucht wird, durch Appelle, Beseitigung von Schwachstellen des Heizungssystems und ggf. auch Kontrollen der Einsatz elektrischer Direktheizgeräte deutlich verringert werden. In den Fällen, in denen die Heizung völlig auf elektrischer Energie basiert, sollte eine Umrüstung der Heizungsanlagen auf umweltschonendere Energieträger oder ggf. elektrische Wärmepumpen stattfinden.

Die kostengünstigste Maßnahme zur Stromeinsparung ist die Verringerung der Zahl der Direktheizgeräte. Aufgrund der Lastwirksamkeit ist sie für die Stadtwerke vermutlich sogar mit Gewinnen verbunden. Die Substitution durch andere Energieträger ist besonders dann wirtschaftlich, wenn sie als Modernisierungsinvestition ohnehin getätigt wird oder in Verbindung mit notwendigen Sanierungsmaßnahmen (z.B. Asbestsanierung) durchgeführt wird (vgl. Lechtenböhrer, Bach 1994). Die Kosten für die Wärmedämmung werden von Hennicke et al. (1993, 52) für Hannover auf durchschnittlich 4,1 Pf/kWh beziffert. Bezogen auf ein Sparpotential von etwa 7,8 GWh ergibt sich hieraus ein Investitionsbedarf von ca. 3,2 Mio DM.

Insgesamt zeigt sich, daß der Stromverbrauch für Raumwärme aufgrund der Zunahme der Fläche pro Beschäftigtem auch in Zukunft weiter ansteigen wird, obwohl bestehende Gebäude wärmedämmend und neue Gebäude mit besseren Standards errichtet werden. Änderungen der Nutzungsgewohnheiten von Direktheizgeräten, die weitgehende Substitution von Strom und ein Wärmedämmprogramm sind Maßnahmen zur Umkehrung dieses Trends. Insgesamt ist im Klimaschutz-Szenario eine Stabilisierung

des Stromeinsatzes im Wärmebereich möglich, wobei die Kosten bei ca. 4,1 Pf/kWh liegen.

Tabelle 12. Stromeinsatz für Raumwärme nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für Raumw. der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	1,65	6,0	13,3
Gewerbliche Gärtnerei	0,15	0,5	8,3
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	0,08	0,3	1,1
Wäschereien u. Reinigungen	0,13	0,5	7,3
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,44	1,6	9,6
Gewerbe	2,45	8,9	8,8
Einzelhandel (food)	0,67	2,4	3,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	1,27	4,6	3,0
Sonstiger Einzelhandel	0,91	3,3	3,0
Großhandel (food)	0,35	1,3	3,0
Großhandel (nonfood 2)	0,25	0,9	3,0
Handel 3)	3,46	12,6	3,0
Banken u. Versicherungen	2,82	10,2	5,1
Gastgewerbe	1,92	7,0	7,5
Beherbergungsgewerbe 4)	1,13	4,1	7,5
sonst. private Dienstleistungen 5)	2,82	10,2	7,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,34	1,2	7,0
Dienstleistungen	6,21	22,6	7,2
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	3,00	10,9	3,5
Kirchliche Einrichtungen	0,57	2,1	7,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	1,37	5,0	7,0
Schulen	0,46	1,7	7,5
Schwimmbäder	0,24	0,9	7,0
Gebietskörperschaften 8)	5,42	19,7	7,0
Streitkräfte	1,53	5,6	7,0
Sonstige	12,59	45,7	5,7
Summe Kleinverbraucher	27,53	100,0	5,4

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);
Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Hierfür müßten die Stadtwerke ein Programm zum Austausch von Stromheizungen auflegen und Neuanschlüsse möglichst völlig vermeiden, hier sind den Kunden ggf. Alternativangebote wie Wärme-Direkt-Service zu machen. Gemeinsam mit großen Bürobetrieben und Verwaltungen sollte eine Kampagne zur Vermeidung von elektrischen Zusatzheizungen gestartet werden.

5.1.2 Warmwasser

Wie die Raumwärme gehört auch die Warmwasserbereitung in den meisten Branchen zu den weniger bedeutenden Stromeinsatzbereichen. Mit ca. 23 GWh entfielen 1993 etwa 4,5 % des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher auf die Bereitstellung von warmem Wasser.

Tabelle 13. Stromeinsatz für die Warmwasserbereitung nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für WW der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	0,67	3,0	5,4
Gewerbliche Gärtnerei	0,29	1,3	16,7
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	0,03	0,1	0,4
Wäschereien u. Reinigungen	0,22	1,0	11,8
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	1,22	5,4	26,6
Gewerbe	2,42	10,7	8,7
Einzelhandel (food)	0,67	3,0	3,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	1,27	5,6	3,0
Sonstiger Einzelhandel	0,91	4,0	3,0
Großhandel (food)	0,35	1,5	3,0
Großhandel (nonfood 2)	0,25	1,1	3,0
Handel 3)	3,46	15,3	3,0
Banken u. Versicherungen	0,17	0,7	0,3
Gastgewerbe	3,99	17,6	15,6
Beherbergungsgewerbe 4)	2,36	10,4	15,6
sonst. private Dienstleistungen 5)	1,61	7,1	4,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,19	0,9	4,0
Dienstleistungen	8,16	36,0	9,5
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	2,48	11,0	2,9
Kirchliche Einrichtungen	0,33	1,4	4,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	0,78	3,4	4,0
Schulen	0,21	0,9	3,5
Schwimmbäder	0,68	3,0	20,0
Gebietskörperschaften 8)	3,10	13,7	4,0
Streitkräfte	0,88	3,9	4,0
Sonstige	8,46	37,3	3,8
Summe Kleinverbraucher	22,66	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Henniscke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Einen besonders hohen Verbrauchsanteil hat die Warmwasserbereitung mit Strom im Beherbergungs- und im Gastgewerbe mit ca. 16 % des Stromverbrauchs (Tab. 13.13.). Zusammen benötigen sie bereits 28 % des für die Warmwasserbereitung insgesamt ein-

gesetzten elektrischen Stroms. Wichtige Verwendungsarten sind hierbei die Küchen, Wasch- und Duschwasserbereitung sowie die Wasch- und Spülmaschinen, die i. d. R. mit elektrisch erwärmtem Wasser arbeiten. Weitere Branchen, in denen die Warmwasserbereitung einen hohen Anteil am Stromeinsatz hat, sind das Baugewerbe, die Schwimmbäder, Gärtnereien, Wäschereien und Reinigungen und die Land- und Forstwirtschaft.

Der Verbrauch von warmem Wasser ist überwiegend von der Produktion, d. h. den Übernachtungs- und Gästezahlen im Gast- und Beherbergungsgewerbe abhängig. Für Münster werden hier noch große Zuwächse erwartet, so daß in diesen beiden Branchen mit einem Wachstum des Wasserverbrauchs allein aufgrund des Wirtschaftswachstums von ca. 45 % bis 2005 ausgegangen wird. Allein hieraus resultiert ein Mehrverbrauch von elektrischem Strom von ca. 2,8 GWh/a, der sich zusammen mit geringeren Zuwächsen in den anderen Branchen auf einen Anstieg des Stromeinsatzes für Warmwasser um mehr als 15 % bzw. 3,5 GWh/a summiert.

Diesem Anstieg stehen im Trend nur geringe Einsparungen durch Effizienzsteigerungen gegenüber, die durch eine weitere Zunahme beim Einsatz der elektrischen Warmwasserbereitung weitgehend ausgeglichen wird (Eckerle et al., 1991, 140).

Im Rahmen einer Klimaschutzpolitik stehen eine ganze Reihe von wirtschaftlichen Maßnahmen zur Verfügung, um den Wachstumstrend bei der elektrischen Warmwassererwärmung zu stoppen.

Die Warmwasserbereitung im Kleinverbrauchssektor erfolgt zum einen in kleinen dezentralen Geräten, wie Kochendwassergeräten, Durchlauferhitzern und Warmwasserspeichern. Die Einsparpotentiale bestehen hierbei vor allem in den Nutzungsgewohnheiten und im sparsamen Umgang mit Wasser. So werden im Bürobereich häufig viel zu große Speichergeräte genutzt, die ständig hohe Mengen von Wasser auf einer konstanten Temperatur halten. Die größeren Einsparpotentiale bestehen aber bei den Großgeräten im Gastronomie-, Krankenhaus- und Wäschereibedarf. In Spül- und Waschmaschinen läßt sich durch den Einsatz moderner Geräte mit erheblich geringerem Wasserverbrauch eine Verbrauchsreduktion zwischen 33 und mehr als 60 % wirtschaftlich erzielen (Perincioi, Gasser, 1992; Euler, 1994; ASEW, 1993 a u. b).

Weitere Einsparpotentiale bestehen in der Substitution des Stroms, z. B. durch einen Warmwasseranschluß von Wasch- und Spülmaschinen. Längerfristig ergeben sich hier Potentiale für die Nutzung der Sonnenenergie in Kollektoranlagen zur Warmwasserbereitung bzw. -vorerwärmung.

Durch diese Maßnahmen lassen sich gegenüber dem Trend ca. 14 % des Stroms für die Warmwasserbereitung einsparen. Hierdurch kann der wachstumsbedingte Anstieg des Stromverbrauchs im Warmwasser-Bereich gestoppt werden, so daß der Stromeinsatz für die Warmwasserbereitung bis 2005 etwa konstant bleibt. Henniscke et al. (1993, 50) schätzen die Kosten für die Stromeinsparung auf ca. 8 Pf/kWh. Substitutionsmaßnahmen durch Fernwärme, fossile oder regenerative Energieträger eröffnen weitergehende Emissionsreduktionspotentiale.

5.1.3

Prozeßwärme

Im Kleinverbrauchssektor ist die Prozeßwärmeerzeugung eine der unbedeutendsten Verwendungsarten für Strom. 1991 wurden hierfür schätzungsweise 12 GWh bzw. 2,3

% des elektrischen Stroms der Kleinverbraucher eingesetzt. Die Hauptanwendungen für elektrische Prozesswärme waren Trocknungsanlagen und Wärmeleuchten in der Landwirtschaft und die Wäschetrocknung in Wäschereien, Reinigungen, Beherbergungs- und Gastgewerbe, sowie Krankenhäusern und Heimen.

Tabelle 14. Stromeinsatz für die Prozesswärmeerzeugung nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für PW der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	2,58	21,8	20,7
Gewerbliche Gärtnerei	0,00	0,0	0,0
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	1,05	8,8	14,8
Wäschereien u. Reinigungen	0,37	3,2	20,5
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,09	0,8	2,0
Gewerbe	4,09	34,5	14,8
Einzelhandel (food)	0,00	0,0	0,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	0,00	0,0	0,0
Sonstiger Einzelhandel	0,00	0,0	0,0
Großhandel (food)	0,00	0,0	0,0
Großhandel (nonfood 2)	0,00	0,0	0,0
Handel 3)	0,00	0,0	0,0
Banken u. Versicherungen	0,00	0,0	0,0
Gastgewerbe	1,02	8,6	4,0
Beherbergungsgewerbe 4)	1,36	11,5	9,0
sonst. private Dienstleistungen 5)	0,81	6,8	2,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,10	0,8	2,0
Dienstleistungen	3,29	27,7	3,8
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	1,88	15,9	2,2
Kirchliche Einrichtungen	0,16	1,4	2,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	0,39	3,3	2,0
Schulen	0,06	0,5	1,0
Schwimmbäder	0,00	0,0	0,0
Gebietskörperschaften 8)	1,55	13,1	2,0
Streitkräfte	0,44	3,7	2,0
Sonstige	4,49	37,8	2,0
Summe Kleinverbraucher	11,87	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Jeweils ein Fünftel des Stromeinsatzes für Prozesswärme entfielen auf die Landwirtschaft und auf das Gast- und Beherbergungsgewerbe (Tab. 14.). Mit 20 bzw. 15 % werden in den Wäschereien und Reinigungen sowie im Handwerk und den industriellen Kleinbetrieben ebenfalls größere Anteile der Elektrizität für Prozesswärme einge-

setzt. In den sonstigen Dienstleistungssektoren ist der Anteil der Prozesswärme mit etwa 2 % des Stromeinsatzes dagegen sehr gering. Im Handel ist er vernachlässigbar und wird auf 0 % geschätzt.

Die Entwicklung des Stromeinsatzes zur Prozesswärmeerzeugung ist aufgrund der Wirtschaftsentwicklung von zwei gegenläufigen Trends gekennzeichnet. Für die wichtigsten prozesswärme-einsetzenden Branchen, das Gast- und Beherbergungsgewerbe, das Handwerk und die Wäschereien und Reinigungen werden Zuwächse zwischen 25 und über 40 % erwartet. Die Landwirtschaft als größte Branche wird dagegen schrumpfen, so daß hier mit Stromeinsparungen im Bereich der Prozesswärmeerzeugung zu rechnen ist. Per Saldo überwiegen aber die Wachstumseffekte, die eine Zunahme des Stromverbrauchs für Prozesswärme um knapp 12 % bzw. 1,4 GWh/a bewirken.

Die geringen Einsparungen durch technische Sparpotentiale werden im Trend durch die steigenden Anwendungsfälle mindestens ausgeglichen. Hierbei wird der Trend durch eine weiter zunehmende mechanische Wäschetrocknung sowie das weitere Vordringen elektrothermischer Produktionsverfahren in Handwerk und Industrie (Laser für Metallschnitte, Mikrowellen, UV- und Infrarotstrahlen zur Desinfektion bzw. Trocknung) bestimmt (Eckerle et al., 1991; Meyer, Schnetzler, 1993).

Durch zusätzliche technische Maßnahmen läßt sich auch im Bereich der Prozesswärme der Mehrverbrauchstrend stoppen. Im Bereich der Wäschetrocknung sind vor allem die Substitution durch die herkömmliche Leinentrocknung, soweit im gewerblichen Bereich möglich, sowie die Verwendung moderner Geräte mit geringem spezifischen Verbrauch als Sparmöglichkeiten gegeben (ASEW, 1993b). Einsparungen im Bereich der Wäschetrocknung ergeben sich indirekt durch den Einsatz moderner Waschmaschinen mit hohen Schleuderdrehzahlen. Weitere Möglichkeiten bestehen im handwerklich-industriellen Bereich durch optimierte Prozesssteuerungen, den Ersatz von Schweiß- durch Klebeverfahren sowie in geringerem Umfang durch die Substitution von Strom durch Gas zur Wärmeerzeugung.

Das gesamte zusätzliche Einsparpotential bei der Prozesswärmeerzeugung mit elektrischem Strom wird gegenüber dem Trend auf etwa 5 bis 15 % geschätzt (Bach et al., 1993; Hennicke et al. 1993). Hier wird von einem Mittelwert von etwa 10 % ausgegangen, der zu Kosten von 5 Pf/kWh erschließbar ist. Insgesamt kann also durch eine aktive Klimaschutzpolitik auch im Bereich der Elektroprozesswärme der Stromeinsatz durch wirtschaftliche Maßnahmen stabilisiert werden.

5.1.4 Motoren / Kraft

Mit 60 GWh wurden 1991 etwa 12 % des Stroms im Kleinverbrauchsbereich für den Betrieb von Motoren verwendet. Die wichtigsten Anwendungsfelder sind hierbei der Betrieb von Umwälzpumpen in Heizungs- und Warmwasseranlagen sowie die Aufzugsförderung. Damit gehört der Verwendungsbereich Kraft nach der Beleuchtung und der Belüftung zu den bedeutendsten Stromeinsatzbereichen im Kleinverbrauchsbereich in Münster.

Wie die Tabelle 15. zeigt beträgt der Anteil der Kraftanwendungen im überwiegenden Teil der Branchen etwa 10 % des Stromeinsatzes für Umwälzpumpen und Aufzüge. Im Handel liegt der Anteil dagegen nur etwa halb so hoch, wobei der nonfood-Groß-

handel mit einem Anteil von 15 % - bedingt durch den geringen Anteil der Kühlung und großen Bedarf für die Fördertechnik (Gabelstapler, Förderbänder u.ä.) - eine Ausnahme macht. In Schwimmbädern und in Krankenhäusern weist der Pumpenbetrieb mit 25 bzw. 19 % ebenfalls einen hohen Anteil am Strombedarf aus. Die größten Anteile des Stroms werden mit etwa einem Drittel allerdings im Gewerbe für Kraftanwendungen eingesetzt, wobei das Baugewerbe und der handwerklich-industrielle Bereich mit 56 bzw. 44 % die größten Anteilswerte aufweisen.

Aufgrund seiner geringen Bedeutung in Münster liegt das Gewerbe mit einem Anteil von 15 % noch hinter den Krankenhäusern, auf die 27 % des Stromeinsatzes für Kraftanwendungen entfallen.

Tabelle 15. Stromeinsatz für Motoren und Kraft nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für Kraft der Branche	
	in GWh	in %
Land- und Forstwirtschaft	3,00	5,0
Gewerbliche Gärtnerei	0,15	0,2
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	3,09	5,1
Wäschereien u. Reinigungen	0,31	0,5
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	2,59	4,3
Gewerbe	9,12	15,1
Einzelhandel (food)	1,12	1,9
Kaufhäuser / Fachmärkte	2,12	3,5
Sonstiger Einzelhandel	1,52	2,5
Großhandel (food)	0,58	1,0
Großhandel (nonfood 2)	1,27	2,1
Handel 3)	6,61	11,0
Banken u. Versicherungen	5,30	8,8
Gastgewerbe	2,84	4,7
Beherbergungsgewerbe 4)	1,68	2,8
sonst. private Dienstleistungen 5)	4,03	6,7
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,49	0,8
Dienstleistungen	9,03	15,0
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	16,26	26,9
Kirchliche Einrichtungen	0,82	1,4
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	1,95	3,2
Schulen	0,46	0,8
Schwimmbäder	0,85	1,4
Gebietskörperschaften 8)	7,75	12,8
Streitkräfte	2,19	3,6
Sonstige	30,28	50,2
Summe Kleinverbraucher	60,35	100,0

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerte et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Bei der Entwicklung des Kraftbedarfs der einzelnen Branchen sind zwei unterschiedliche Trends zu erwarten. Im Handel, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich, in denen sich der Kraftbedarf zumeist an der Produktion - gemessen am Umsatz bzw. der Wertschöpfung - orientiert, sind bis 2005 Zuwächse zwischen 20 und 40 % zu erwarten. Im Bereich der Banken und der Sonstigen, zu denen im wesentlichen die öffentlichen Einrichtungen zählen, sind dagegen nur geringe Zuwächse zu erwarten, die durch den Rückgang bei den Streitkräften bereits weitgehend kompensiert werden. Da die eher stagnierenden Bereiche etwa 60 % des Kraftstrombedarfs auf sich vereinen, ist insgesamt aufgrund der Wirtschaftsentwicklung mit einem Anstieg um etwa 12 % bzw. 7,2 GWh/a bis 2005 zu rechnen.

Dieser wachstumsbedingte Mehrverbrauch wird durch den deutlich steigenden Mechanisierungsgrad verstärkt (Eckerle et al., 1991). Insgesamt wirkt sich dieser Trend noch etwas stärker auf den Kraftstrombedarf aus als das Wirtschaftswachstum, so daß mit einem Anstieg des Stromeinsatzes um insgesamt 27 % bzw. 16 GWh/a (1,5 % des heutigen Gesamtstromeinsatzes aller Sektoren in Münster) auf 76 GWh/a zu rechnen ist.

Diesem Wachstumstrend stehen allerdings erhebliche ungenutzte Einsparpotentiale gegenüber. Allein im Bereich der Umwälzpumpen sind durch bessere Auslegung, zeitgesteuerte bzw. bedarfsorientierte Regelung, Entfernung unnötiger Drossel- und Bypassventile sowie moderne lastabhängig geregelte Pumpentechniken Einsparmöglichkeiten in der Größenordnung von 66 % gegeben, die im Trend maximal halb ausgeschöpft werden (Feist, 1987; Hennicke et al. 1993; Füglistner, Sigg, 1992). Im gewerblich-industriellen Bereich finden sich weitere Einsparmöglichkeiten durch verbesserte Steuerung und Regelung, bessere Auslegung oft sehr ungünstiger Universalmaschinen sowie den Verzicht auf Hydraulikgruppen mit Wirkungsgraden von ca. 60 bis 70 % wann immer Getrieberegeln oder drehzahlgeregelte Motoren möglich sind (Holzer, Strub, 1992). Mit elektronischen Frequenzumrichtern geregelte Asynchronmotoren die mittlerweile auch für kleine Leistungsbereiche wirtschaftlich interessanter werden, weisen Einsparpotentiale von durchschnittlich 25 bis 30 % auf (Bach et al., 1993; Kloss, 1992; Reichert, Neubauer, 1992).

Insgesamt ist die Umsetzung der erheblichen Sparpotentiale im Kraftbereich besonders aufwendig, da neben einigen nichtinvestiven Sofortmaßnahmen oft ganze Anlagen optimiert werden müssen. Im Zuge ohnehin fälliger Revisions- und Instandsetzungsarbeiten ergeben sich aber Möglichkeiten wirtschaftliche Sparmöglichkeiten zu erschließen. In Anlehnung an Bach et al. (1993) und Hennicke et al. (1993) wird von einem Einsparpotential von 28 % gegenüber dem Trend ausgegangen, das zu Kosten von durchschnittlich ca. 4,7 Pf/kWh zu erschließen ist.

Durch die Realisierung der wirtschaftlichen Sparmaßnahmen kann der Kraftstromverbrauch in Münster entgegen dem steigenden Trend bis 2005 um 8,5 GWh/a bzw. 22 % gegenüber 1991 gesenkt werden.

Beleuchtung

Die Beleuchtung von Büros, Werkstätten und Verkaufsräumen sowie von Reklameschildern und Schaufenstern ist der mit Abstand größte Einsatzbereich für Strom im Kleinverbrauchsbereich. In Münster wurden 1991 etwa 150 GWh elektrische Energie

hierfür eingesetzt. Das sind 30 % des gesamten Stromeinsatzes der Kleinverbraucher und immerhin ca. 15 % des Stromverbrauchs in Münster (Tab. 16.).

Tabelle 16. Stromeinsatz für die Beleuchtung nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für Licht der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	1,73	1,1	13,9
Gewerbliche Gärtnerei	0,74	0,5	41,7
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	0,73	0,5	10,3
Wäschereien u. Reinigungen	0,50	0,3	27,5
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,10	0,1	2,1
Gewerbe	3,80	2,5	13,7
Einzelhandel (food)	5,16	3,4	23,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	12,72	8,4	30,0
Sonstiger Einzelhandel	20,66	13,6	68,0
Großhandel (food)	2,09	1,4	18,0
Großhandel (nonfood 2)	4,91	3,2	58,0
Handel 3)	45,54	30,0	39,5
Banken u. Versicherungen	15,84	10,4	28,7
Gastgewerbe	5,07	3,3	19,8
Beherbergungsgewerbe 4)	2,99	2,0	19,8
sonst. private Dienstleistungen 5)	12,09	8,0	30,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	1,46	1,0	30,0
Dienstleistungen	21,60	14,2	25,2
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	23,54	15,5	27,5
Kirchliche Einrichtungen	2,46	1,6	30,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	5,86	3,9	30,0
Schulen	2,99	2,0	49,0
Schwimmbäder	0,34	0,2	10,0
Gebietskörperschaften 8)	23,24	15,3	30,0
Streitkräfte	6,57	4,3	30,0
Sonstige	65,01	42,8	29,2
Summe Kleinverbraucher	151,80	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhmer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Mit 46 GWh entfielen hiervon allein 30 % auf den Handel, der im Durchschnitt etwa 40 % des Stromeinsatzes für die Beleuchtung einsetzt. Lediglich im Lebensmitteleinzel- und -großhandel und in den Kaufhäusern liegt der Anteil der Beleuchtung aufgrund des hohen Strombedarfs für Kühlung bzw. Klimatisierung niedriger. Mit 49 bzw. 42 % setzen die Schulen und die Gärtnereien ebenfalls den größten Teil der elektrischen Energie für die Beleuchtung ein. In den übrigen Bereichen der Dienstleistungen, Banken und Versicherungen und öffentlichen Institutionen werden durch-

schnittlich etwa 25 bis 30 % des Stroms für die Beleuchtung eingesetzt, während die Anteile im Baugewerbe, im Handwerk und der Industrie sowie in der Landwirtschaft nur zwischen 2 und 14 % betragen.

Da die Beleuchtungsintensität im Handel eng mit der Produktion - sprich dem Umsatz - gekoppelt ist, wird der Stromeinsatz in diesem Bereich bis 2005 analog zur Umsatzentwicklung um fast 25 % zunehmen. Stärkere Zuwächse sind mit 43 % bzw. lediglich im Bankensektor zu erwarten, in dem ebenfalls eine enge Kopplung zwischen dem Beleuchtungsbedarf und der Produktion besteht. Zuwächse aufgrund des Wirtschaftswachstums sind ebenfalls im Dienstleistungsbereich zu erwarten. Der Anstieg bei den Gebietskörperschaften wird dagegen zum Teil durch den Rückgang durch den Abzug der Streitkräfte kompensiert, so daß im Bereich Sonstige - wie im Gewerbe - nur geringe Mehrverbräuche zu erwarten sind.

Insgesamt wird der Stromeinsatz für die Beleuchtung bis 2005 allein wachstumsbedingt um 16 % bzw. 25 GWh/a zunehmen.

Dieses Wachstum wird durch die steigenden Flächen je Arbeitsplatz noch weiter verstärkt. Die Tendenzen zu Großraumbüros werden sich mit einem Trend zu dezentralen Arbeitsplätzen weitgehend ausgleichen. Die Effizienzsteigerungen in der Beleuchtungstechnik werden im Trend nur gering ausfallen, da insbesondere im Dienstleistungsbereich bereits ein großer Anteil der ohnehin sparsameren Leuchtstofflampen eingesetzt wird (Eckerle et al., 1991). Im Ergebnis wird sich der Anstieg der Flächen stärker auswirken als die Effizienzsteigerung, so daß es zu einem Anstieg der Beleuchtungsintensität (bezogen auf die Leitindikatoren) um ca. 3 % kommen wird.

Das bedeutet, daß der Lichtstrombedarf in Münster bis 2005 um insgesamt 20 % bzw. 31 GWh auf dann 182 GWh/a ansteigen wird. Allein die Zunahme des Stromeinsatzes zur Beleuchtung, die zu drei Vierteln auf das Umsatzwachstum zurückzuführen ist, macht etwa 6 % des gesamten Stromeinsatzes der Kleinverbraucher im Jahr 1991 aus.

Der größte Stromeinsatzbereich mit dem größten Zuwachspotential im Trend weist aber auch erhebliche ungenutzte wirtschaftliche Einsparpotentiale auf. Die Einsparmöglichkeiten liegen sowohl im technischen Bereich, im organisatorisch-planerischen Sektor, als auch im Bereich der Verbrauchs- und Verhaltensgewohnheiten.

Im Kleinverbrauchssektor werden bereits überwiegend die sparsameren Leuchtstoffröhren zur Beleuchtung eingesetzt. Überall dort, wo aber noch herkömmliche Glühbirnen eingesetzt werden, bestehen wie in den Haushalten Einsparmöglichkeiten durch den Einsatz von Kompaktleuchtstoffröhren in der Größenordnung von etwa 70 bis 80 %. Im Bereich der Leuchtstoffröhren kann durch den Einsatz von Dreibandlampen bereits etwa 10 % Energie eingespart werden. Werden diese in verspiegelten Lampen eingesetzt, so ist eine weitere Reduktion um 15 % möglich. Zusätzlich sind durch den Austausch konventioneller durch elektronische Vorschaltgeräte noch einmal 25 % des Strombedarfs einzusparen. (Bach et al., 1993; Hennicke et al., 1993; Herbst, 1992; Vogt, 1992)

In vielen Bereichen des Kleinverbrauchs sind die vorhandenen Beleuchtungseinrichtungen darüberhinaus erheblich überdimensioniert. Durch die verbesserte Anordnung der Beleuchtungskörper können neben Strom auch Investitionskosten für die überflüssigen Leuchten vermieden werden.

Zusätzliche Einsparpotentiale auf der planerisch-organisatorischen Ebene sind durch die Verringerung des Kunstlichtbedarfs durch Tageslichtnutzung gegeben. Vorteile der Tageslichtnutzung sind neben der Stromersparnis die Verringerung der internen Wärmelasten und die Verbesserung der Raumwirkung durch die natürliche Lichtquelle. Möglichkeiten zur Nutzung des Tageslichts bestehen in der richtigen Anordnung und Dimensionierung von Fenstern, gutem Gebäudezuschnitt mit Räumen, die möglichst nicht tiefer sind als die doppelte Fensterhöhe und der Wahl heller Wandfarben bei der Planung von Gebäuden und bei ihrer Sanierung (Scartezini, 1992). Hierbei lassen sich folgende Gestaltungsempfehlungen zusammenfassen:

- möglichst hohe Seitenfenster,
- die Fenster sollten mindestens 30 % der Fassaden- und 18 % der Bodenfläche ausmachen,
- abgehängte Decken sollen möglichst hoch sein bzw. zum Fenster hin ansteigen,
- nicht zu tiefe Räume,
- Wahl heller Farben an Decke und Rückwand,
- bei größeren Raumtiefen ist eine zusätzliche Zenitalbeleuchtung durch Oberlichter oder Sheds sinnvoll,
- ergänzend können auch Spiegelsysteme (Deviatoren) zur Lichtumlenkung eingesetzt werden. (Scartezini, 1992)

Die Nachteile großer Fensterflächen, die in erhöhter Blendefahr, größeren Wärmeverlusten im Winter und Überhitzungsgefahr im Sommer bestehen, können durch geeignete technische Maßnahmen vermieden werden. Wärmeschutzgläser aus Mehrfachscheiben mit isolierender Gasfüllung erreichen niedrige k-Werte. Blend- und Überhitzungsprobleme lassen sich dagegen durch Sonnenschutzmaßnahmen eliminieren. Durch die Verwendung von Prismenlamellen lassen sich sogar die Abschattungseffekte mit der indirekten Tageslichtausleuchtung auch tieferer Räume kombinieren (Miloni, 1992). Durch die Aufstellung im fensterabgewandten Raumteil und durch Fensterbrüstungen von mindestens 80 cm Tiefe lassen sich störende Blendeffekte auf Bildschirmlinien im Rahmen einfacher organisatorischer Maßnahmen vermeiden.

Eine weitere Möglichkeit der Reduzierung des Strombedarfs für die Beleuchtung ist die Verhaltenssteuerung. Hier lassen sich bereits durch bewußtes Abschalten der Beleuchtung bei ausreichendem Tageslicht erhebliche Einsparungen erzielen. Untertützt werden kann das richtige Verhalten auch durch die automatische Steuerung der Beleuchtung z.B. benutzungsabhängig durch Infrarotsensoren oder beleuchtungsstärkeabhängig durch Dämmerungssensoren.

Insgesamt läßt sich durch investive, planerische und organisatorische Maßnahmen bis 2005 fast ein Drittel des Lichtstroms einsparen. Werden die umfangreichen technischen Möglichkeiten hierzu genutzt, so läßt sich der Mehrverbrauchstrend im Bereich der Beleuchtung umkehren und um etwa 18,5 % unter den Wert des Jahres 1991 reduzieren. Mit fast 30 GWh/a lassen sich allein durch Maßnahmen an der Beleuchtung im Kleinverbrauchsbereich etwa 3 % des heutigen Stromverbrauchs in Münster vermeiden.

Die vorhandenen Maßnahmen zur Verringerung des Strombedarfs bei der Beleuchtung weisen eine erhebliche Bandbreite auf. Z.T. lassen sie sich bereits durch verändertes Verhalten, einfache organisatorische Maßnahmen oder den Austausch von Glüh- durch Kompaktleuchtstofflampen realisieren. Die lichttechnisch optimale Gestaltung von Räumen oder Gebäuden ist dagegen mit größeren Investitionen verbunden, die oft auch eine Veränderung der elektrischen Anlage erfordern, die allein durch die Stromkostensparnis nicht wirtschaftlich sind. Im Zusammenhang mit der Sanierung oder dem Neubau sind ist die Tageslichtnutzung und Beleuchtungssteuerung dagegen immer sinnvoll, da sich zusätzlich zur Einsparung von Arbeits- und Leistungsvergütung für den Strom auch die Investitionskosten für die Leuchten verringern lassen. Darüber hinaus kann durch die Verringerung der Wärmelasten durch Tageslichtnutzung und Lichtschutz der Strombedarf für die Klimatisierung verringert werden. Oft kann die Klimaanlage kleiner dimensioniert, in vielen Fällen sogar ganz weggelassen werden (Miloni, 1992).

Im Durchschnitt ergeben sich nach Hennis et al. (1993) bei der Beleuchtung zusätzliche Kosten von 6,9 Pf/kWh für die Umsetzung der über den Trend hinausgehenden Einsparpotentiale von ca. 28 %.

Die Tatsache, daß ein großer Teil der Beleuchtung im Kleinverbrauchsbereich im Gegensatz zu den Haushalten tagsüber eingesetzt wird ergibt sich eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für den Lastverlauf. Aktive Beratungs- und Nutzlichtprogramme können für die Stadtwerke also besonders attraktiv sein.

Im Ergebnis zeigt sich, daß die Beleuchtung im Kleinverbrauchsbereich der größte Stromverbraucher ist, der darüber hinaus die größte Wachstumsdynamik besitzt. Gleichzeitig findet sich hier aber das größte Stromeinsparpotential, das nicht nur die Zuwächse ausgleicht sondern auch per Saldo eine Stromeinsparung von fast 30 GWh/a ermöglicht. Die Tatsache, daß durch optimierte Techniken, verbesserte Dimensionierung, Tageslichtnutzung und benutzungsgesteuerte Regelung erhebliche Strom und Leistungseinsparungen möglich sind wird noch ergänzt durch die zusätzlichen Spareffekte bei der Gebäudekühlung und die Spitzenlastwirksamkeit der Beleuchtung im Kleinverbrauchsbereich, die DSM-Programme für die Stadtwerke besonders attraktiv macht.

S.1.6

Kühlung

Nach der Beleuchtung, der Lüftung und der Kraft ist die Kühlung mit fast 11 % des Stromeinsatzes einer der bedeutenden Anwendungszwecke für elektrische Energie im Kleinverbrauchssektor. Hierbei sind die mechanischen (Kompressions-)Kälteanlagen in den Kühlmöbeln des Lebensmittelhandels und in den Kühlhäusern des Handels und des Nahrungs- und Genussmittelgewerbes sowie die Klimaanlage in Krankenhäusern, Büro- und Kaufhäusern die wichtigsten Verbraucher.

In Tabelle 17. ist die Verteilung des Stromeinsatzes für Kühlungszwecke auf die einzelnen Abnehmergruppen erkennbar. Hiernach macht der Stromeinsatz in den Kühlmöbeln und Kühlräumen des Lebensmittel- Groß- und Einzelhandels zusammen mit dem Verbrauch von Kühl- und Klimaanlage in den Kaufhäusern bereits etwa die Hälfte des Stromeinsatzes für Kühlungszwecke in Münster aus. Mit 16 % des Stromeinsatzes (8,6 GWh/a) folgen die Klimaanlage in den Krankenhäusern, wovon die

Vollklimatisierung des Zentralklinikums der Universität etwa 60 % ausmacht, sowie die Klimaanlage in Banken und Versicherungen.

Tabelle 17. Stromeinsatz für Kühlung nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für Kühlung der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	0,23	0,4	1,8
Gewerbliche Gärtnerei	0,00	0,0	0,0
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	1,31	2,4	18,5
Wäschereien u. Reinigungen	0,07	0,1	4,0
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,00	0,0	0,0
Gewerbe	1,61	3,0	5,8
Einzelhandel (food)	8,97	16,5	40,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	10,60	19,6	25,0
Sonstiger Einzelhandel	0,00	0,0	0,0
Großhandel (food)	5,81	10,7	50,0
Großhandel (nonfood 2)	0,00	0,0	0,0
Handel 3)	25,38	46,8	22,0
Banken u. Versicherungen	5,63	10,4	10,2
Gastgewerbe	2,56	4,7	10,0
Beherbergungsgewerbe 4)	1,51	2,8	10,0
sonst. private Dienstleistungen 5)	2,01	3,7	5,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,24	0,4	5,0
Dienstleistungen	6,33	11,7	7,4
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	8,56	15,8	10,0
Kirchliche Einrichtungen	0,41	0,8	5,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	0,98	1,8	5,0
Schulen	0,15	0,3	2,5
Schwimmbäder	0,17	0,3	5,0
Gebietskörperschaften 8)	3,87	7,1	5,0
Streitkräfte	1,10	2,0	5,0
Sonstige	15,24	28,1	6,9
Summe Kleinverbraucher	54,19	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992).

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Die Anteile der elektrischen Energie, die innerhalb der Branchen für die Kühlanlagen eingesetzt werden, spiegelt diese Verteilung wieder. Im Lebensmittel-Großhandel werden etwa 50 % des Stroms und im Lebensmittel-Einzelhandel etwa 40 % für Kühlungszwecke eingesetzt. In den Kaufhäusern beträgt der Anteil für die Lebensmittelkühlung und die Klimatisierung etwa 25 %. Ebenfalls für Klima und Kühlung werden etwa 19 % des Stroms in Handwerk und Industrie eingesetzt. Im Gast- und Beherbergungsgewerbe liegt der Anteil mit ca. 10 % genauso hoch wie in den Banken und

Versicherungen, bei denen neben der Klimatisierung der Büros die Kühlung zentraler Rechneranlagen großen Anteil am Klimatisierungsbedarf hat. Ebenfalls in der Größenordnung von 10 % liegt der Strombedarf für die Kühlung in den Krankenhäusern, während in den übrigen Dienstleistungs- und Verwaltungsbetrieben mit 5 % oder weniger nur ein geringer Teil des Stroms für die Kühlung und die Klimatisierung eingesetzt wird.

Die zukünftige Entwicklung des Stromeinsatzes zur Kühlung hängt im wesentlichen von der Entwicklung im Lebensmittelhandel ab, der in Zukunft sowohl noch steigende Umsätze als auch einen deutlichen Trend zu mehr Tiefkühlprodukten aufweisen wird. Mit 10 GWh/a werden drei Viertel des Verbrauchszuwachses im Handel erwartet. Der Bereich der Klimatisierung wird dagegen nur langsam wachsen, da die wesentliche Größe für den Klimatisierungsbedarf, die Zahl der Beschäftigten, stagnieren wird.

Insgesamt wird der Bedarf an Strom für die Kühlung und Klimatisierung allein aufgrund der Wirtschaftsentwicklung bis 2005 um etwa 25 % bzw. 13 GWh/a zunehmen. Der Trend zu mehr Klimatisierung in Bürogebäuden und zu mehr Tiefkühlkost wird trotz Einsparungen an den Geräten zu einem Zuwachs in beinahe derselben Größenordnung (11 GWh/a) sorgen. Dadurch steigt der Stromeinsatz in mechanischen Kühlanlagen bis 2005 im Trend um 24 GWh/a bzw. fast 45 % auf 60 GWh/a an.

Gegenüber diesem Trend mit den prozentual (nach der EDV) wie absolut (nach der Beleuchtung) zweitgrößten Wachstumsraten ergeben sich durch technische Verbesserungen, optimierte Gebäudeplanung, Beschaffung neuer effizienter Kühlmöbel und die Gebäudeautomation erhebliche Einsparpotentiale.

Bei gewerbliche Kälteanlagen und Kühlmöbeln bestehen heute enorme Einsparpotentiale von ca. 59 % (Pauli, 1992), die wirtschaftlich erschlossen werden können. Die folgende Aufzählung gibt eine Übersicht über die technischen Möglichkeiten, den Strombedarf der Kühlanlagen und -möbel zu verringern:

- Gute Strömungsverhältnisse im Kühlmöbel
- Kaltluftvorhang vor der Öffnung
- direktere Kühlgutanströmung durch die Kaltluft
- horizontale Unterteilung des Kühlmöbels
- Nachtdeckungen
- Reflexfolie auf den Glastüren
- außenliegende Infrarot-Reflektoren
- Wärmestrahlung absorbierendes Glas
- höhere Wärmedämmung
- möglichst kompakte Form
- größere Verdampferoberfläche
- besserer Ventilatorwirkungsgrad
- effektivere Leuchtstofflampen im Gerät und Vorschaltgerät außerhalb anbringen

- Verbundanlagen, d. h. mehrere Kühlschränke mit einem gemeinsamen Kälteaggregat
- drehzahlregulierte Verdichter
- optimierte Regelung
- optimierte Dimensionierung
- interne Wärmeerzeuger ausgliedern
- Nutzung der Abwärme

Hinzu kommt eine Reihe von organisatorischen Maßnahmen zur Reduktion der Stromverbrauchs der Kühlmöbel:

- Kühlgut nicht im Bereich der Absauggitter lagern
- Kontrolle der Raumtemperatur in den Verkaufsräumen und Nachtabenkung
- geringere Lüftung außerhalb der Stoßzeiten
- Innenbeleuchtung der Geräte außerhalb der Öffnungszeiten abschalten
- regelmäßige Wartung der Kühlgeräte
- Abschirmung und Distanz der Geräte zu Wärmequellen
- Vermeidung von direkter Sonneneinstrahlung
- Bevorzugung von Truhen und geschlossenen Schränken mit Glastüren (vgl. Pauli, 1992)

Im Bereich der **Klimatisierung** bilden dagegen die Einsparungen durch die Reduktion interner Wärmelasten mit ca. 30 % das größte Einsparpotential. Die Einsparungen durch die Nutzung von Stromsparpotentialen bei den übrigen Elektrogeräten sind weitgehend kostenlos. Durch die Verwendung kleinerer Anlagen und optimaler Dimensionierung ermöglichen sie sogar überproportionale Einsparungen. Einzelfälle belegen, daß durch die Reduktion der internen Wärmelasten, die genaue Auslegung und geschickte Abschattungsmaßnahmen oft ganz auf eine mechanische Kühlung von Bürogebäuden (Brunner, Herzog, Altenburger, 1992; Nussbaumer, 1992) verzichtet werden kann. Weitere Einsparpotentiale in der Größenordnung von 20 % bestehen durch bessere Regelungen und regelmäßige Wartung der Anlagen (Naef, 1993; Hennicke et al., 1993). Im Bereich der Kälteerzeugung für Klimaanlagen gibt es außerdem verschiedene Möglichkeiten, den Einsatz von Strom zu vermeiden, z. B. durch Verdunstungskühlung oder das sog. free-cooling durch kühle Außenluft (Weinmann, 1992). Hinzu kommen erhebliche Stromeinsparpotentiale durch den Einsatz von Absorptionskälteanlagen in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

Von den bestehenden Einsparpotentialen werden etwa die Hälfte bereits im Trend umgesetzt. Die andere Hälfte muß im Rahmen der Klimaschutzstrategie mobilisiert werden. Insgesamt lassen sich gegenüber dem Trend bis 2005 etwa 37 % des eingesetzten Stroms (29 GWh/a) für die Kühlung einsparen. Gegenüber dem heutigen Stromeinsatz für die Kühlung ist das eine Reduktion um etwa 9 % bzw. 6 GWh/a. Sie ist zu einem großen Teil durch organisatorische Maßnahmen und kostenlose Effekte durch Einsparungen bei andern Geräten zu erreichen. Bei der Reinvestition sind darüberhinaus

durch sorgfältige Dimensionierung erhebliche Investitionskosten einsparbar. Die Kosten für vorzeitigen Austausch von Geräten und bessere Regelungen betragen bezogen auf die Gesamteinsparung etwa 2 Pf/kWh (Hennicke et al., 1993).

Die Kühlung von Lebensmitteln und von Raumluft bildet einen noch stark zunehmenden Anwendungsbereich für Elektrizität. Allerdings bestehen ganz erhebliche Einsparpotentiale, die im Trend aber nur zum Teil genutzt werden. Durch das stufenweise Verbot FCKW-haltiger Kältemittel in größeren Kompressionskälteanlagen besteht gerade zur Zeit ein erheblicher Reinvestitions- und Sanierungsbedarf. Bei sorgfältiger Ausführung und Nutzung modernster Techniken können hier große Stromsparpotentiale erschlossen werden, die den nutzungsbedingten Mehrbedarf mehr als ausgleichen und überdies erhebliche Investitionsmittel einsparen.

5.1.7

Lüftung / Klimatisierung

Unter dem Verwendungszweck Lüftung ist der Stromeinsatz in Absauganlagen, Lüftungsanlagen bzw. sog. raumlufttechnischen Anlagen für den Betrieb von Ventilatoren und Regelungen zu verstehen. Der Stromeinsatz zur Kühlung bzw. ggf. zur Erwärmung der Luft ist dagegen bereits unter Kühlung bzw. Raumwärme bilanziert. Mit 107 GWh wurden 1991 mehr als ein Fünftel der elektrischen Energie im Kleinverbrauchsbereich für den Betrieb von Be- und Entlüftungsanlagen aufgewendet. Mit etwa 30 % wird in den Bädern sowie in Banken, Versicherungen und Kaufhäusern ein besonders großer Teil des Stroms für Lüftungsanlagen eingesetzt. Dienstleistungsbetriebe und Verwaltungen folgen mit etwa 25 % (Tab. 18.).

Ein großer Teil des Stromeinsatzes für Lüftungsanlagen wird von den Gebietskörperschaften (18 %), den Krankenhäusern (16 %), den Banken und Versicherungen (14 %) und in den Kaufhäusern (11 %) eingesetzt. Die Lüftungsanlagen im Gewerbe sind dagegen mit nur knapp 2 % am Verbrauch der Lüftungsanlagen unbedeutend.

Da die Belüftung wie die Kälteerzeugung für die Klimaanlagen im Bereich der Bürobetriebe, Verwaltungen und der Krankenhäuser hauptsächlich von der Beschäftigtenzahl abhängt, sind in diesen bedeutenden Einsatzbereichen nur geringe wirtschaftswachstumsbedingte Zunahmen der Stromverbräuche zu erwarten. Der größte Zuwachs ist mit 9,5 GWh/a im Handel zu verzeichnen. Insgesamt kommt es aufgrund der Entwicklung der Leitindikatoren bis 2005 zu einem Zuwachs des Stromeinsatzes in Lüftungsanlagen um etwa 13 % gegenüber 1991. Die technischen Einsparpotentiale werden auch in diesem Bereich durch den zunehmenden Einsatz raumlufttechnischer Anlagen (z.B. bedingt durch Lärm- und Abgasbelästigungen durch den Straßenverkehr) überkompensiert, so daß der Stromeinsatz im Trend insgesamt um etwa ein Fünftel bzw. 22 GWh auf 130 GWh/a im Jahr 2005 ansteigen wird.

Gegenüber dem Trend sind im Bereich der Be- und Entlüftung von Räumen erhebliche technische Einsparpotentiale vorhanden. Allein durch die bedarfsabhängige Regelung bestehender Anlagen kann die Betriebszeit und damit der Stromeinsatz um rund 30 % reduziert werden. Durch regelmäßige Wartung kommen noch einmal etwa 10 % Einsparungen hinzu (Naef, 1993). Die größten Einsparpotentiale bestehen aber wie bei der Klimatisierung in der Reduktion der internen Wärmelasten durch Stromsparmaßnahmen und den Einsatz von fassaden- bzw. fensterorientierten Sonnenschutzsystemen.

men. Diese Einsparungen fallen durch die optimale Auslegung und Dimensionierung sowie angepaßte Regelungen und drehzahlgeregelte Motoren ebenfalls überproportional hoch aus, wenn nicht sogar völlig auf eine mechanische Lüftung verzichtet werden kann (Nussbaumer et al., 1992, Bush, 1994), so daß mit Einsparungen in der Größenordnung von 50 % gerechnet werden kann (Hennicke et al., 1993). Weitere Einsparungen sind durch eine optimierte Luftführung und die - im Gegensatz zur konventionellen Deckenlüftung - effektivere Quelllüftung in Bodennähe zu erzielen (Weinmann, 1992).

Tabelle 18. Stromeinsatz für Lüftung und Ventilation nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für Lüftung der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	0,93	0,9	7,5
Gewerbliche Gärtnerei	0,15	0,1	8,3
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	0,74	0,7	10,5
Wäschereien u. Reinigungen	0,18	0,2	10,0
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,05	0,0	1,0
Gewerbe	2,05	1,9	7,4
Einzelhandel (food)	4,48	4,2	20,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	11,87	11,1	28,0
Sonstiger Einzelhandel	4,56	4,3	15,0
Großhandel (food)	1,74	1,6	15,0
Großhandel (nonfood 2)	1,27	1,2	15,0
Handel 3)	23,93	22,3	20,8
Banken u. Versicherungen	15,46	14,4	28,0
Gastgewerbe	2,56	2,4	10,0
Beherbergungsgewerbe 4)	0,76	0,7	5,0
sonst. private Dienstleistungen 5)	10,07	9,4	25,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	1,21	1,1	25,0
Dienstleistungen	14,60	13,6	17,0
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	17,12	16,0	20,0
Kirchliche Einrichtungen	2,05	1,9	25,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	4,89	4,6	25,0
Schulen	1,22	1,1	20,0
Schwimmbäder	1,02	1,0	30,0
Gebietskörperschaften 8)	19,36	18,1	25,0
Streitkräfte	5,48	5,1	25,0
Sonstige	51,14	47,7	23,0
Summe Kleinverbraucher	107,18	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Zu den technischen Möglichkeiten im Bereich der Lüftungsanlagen treten die organisatorischen Möglichkeiten bei der Planung und beim Betrieb der Lüftungsanlagen. So lassen sich durch

- eine Reduktion der Betriebszeiten,
- die optimale Gebäudeorientierung und -ausführung,
- einen bereits im Planungsstadium vorgesehenen Vorrang für die Fensterlüftung,
- eine günstige Platzierung der Wärmelasten,
- die Vermeidung von Überdimensionierungen, vor allen bei der Kühlung von Zentralrechnern
- und die Nutzung der Nachtkühle z. B. durch die Möglichkeit, Fenster nachts geöffnet zu lassen

erhebliche Einsparungen erzielen, die durch die mögliche geringere Dimensionierung oder sogar den Verzicht auf Kühlungs- bzw. Lüftungsanlagen noch gesteigert werden können (Gugerli, Kiss, Mörgeli, 1992; Weinmann, 1992).

Die Einsparpotentiale bei der Lüftung beziehen sich sowohl auf bestehende Anlagen, bei denen mehr als 40 % des Strombedarfs eingespart werden kann, als auch auf neu einzurichtende raumlufttechnische Anlagen, bei denen das Einsparpotential deutlich über 50 % liegt. Insbesondere bei der Erneuerung oder Errichtung von Anlagen lassen sich durch die Vermeidung von Überdimensionierungen erhebliche Investitionssummen vermeiden (Bush, 1994). Da insbesondere die Einsparungen ohne Kosten durch Stromsparmaßnahmen an anderen Geräten erst sukzessive realisiert werden, wird das Einsparpotential gegenüber dem Trend auf etwa 35 % bis 2005 geschätzt. 10 % davon sind kostenlos zu erzielen, während für die restlichen 25 % Kosten von ca. 6 Pf/kWh entstehen (Hennicke et al., 1993). Im Mittel liegen die Kosten damit bei 4,3 Pf/kWh.

Als Fazit läßt sich festhalten, daß bei Durchführung von Stromsparmaßnahmen in allen Anwendungsbereichen sowie bei sorgfältiger Dimensionierung, nutzungsorientierter Regelung und regelmäßiger Wartung der Be- und Entlüftungsanlagen Stromeinsparungen von 35 % bzw. 45 GWh/a gegenüber dem Trend bestehen. Diese Maßnahmen reichen aus, um den Verbrauchsanstieg um ca. 21 % gegenüber 1991 zu einem Rückgang um 22 % umzukehren. Insgesamt kann der Stromeinsatz für die Lüftung trotz wachstums- und nutzungsbedingter Mehrverbräuche im Jahr 2005 gegenüber 1991 um etwa 23 GWh/a auf 85 GWh/a verringert werden.

Kochen

Mit 3,8 % des Stromeinsatzes (19 GWh/a) ist Kochen einer der weniger bedeutenden Verwendungszwecke für elektrische Energie im Kleinverbrauchsbereich, der außerdem auf einige wenige Wirtschaftszweige beschränkt ist. Mit 31,5 % haben die Küchen der Krankenhäuser den größten Anteil am Strombedarf für Kochen (s. Tab. 19.). Danach folgen das Gastgewerbe mit 27 % und das Beherbergungsgewerbe mit 12 %. Ebenfalls wichtige Bereiche sind die Mensen und Kantinen des öffentlichen Dienstes bzw. der Universität mit 8,2 % des Stromeinsatzes für Kochzwecke.

Tabelle 19. Stromeinsatz für Kochen nach Branchen in Münster, 1991

Branche	in GWh	Anteil am Gesamteinsatz für Kochen der Branche	
		in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	0,34	1,8	2,7
Gewerbliche Gärtnerei	0,00	0,0	0,0
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	0,00	0,0	0,0
Wäschereien u. Reinigungen	0,02	0,1	1,0
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,00	0,0	0,0
Gewerbe	0,35	1,9	1,3
Einzelhandel (food)	0,22	1,2	1,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	0,42	2,2	1,0
Sonstiger Einzelhandel	0,30	1,6	1,0
Großhandel (food)	0,12	0,6	1,0
Großhandel (nonfood 2)	0,08	0,4	1,0
Handel 3)	1,15	6,1	1,0
Banken u. Versicherungen	0,55	2,9	1,0
Gastgewerbe	5,12	26,9	20,0
Beherbergungsgewerbe 4)	2,27	11,9	15,0
sonst. private Dienstleistungen 5)	0,81	4,2	2,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,10	0,5	2,0
Dienstleistungen	8,29	43,6	9,7
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	5,99	31,5	7,0
Kirchliche Einrichtungen	0,16	0,9	2,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	0,39	2,1	2,0
Schulen	0,09	0,5	1,5
Schwimmbäder	0,03	0,2	1,0
Gebietskörperschaften 8)	1,55	8,2	2,0
Streitkräfte	0,44	2,3	2,0
Sonstige	8,66	45,6	3,9
Summe Kleinverbraucher	19,01	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Hennicke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Während die Stromanwendung Kochen im Gastgewerbe mit 20 % zusammen mit der Beleuchtung der wesentliche Verwendungszweck für Strom ist, liegt ihr Anteil im Beherbergungsgewerbe mit 15 %, in der Landwirtschaft mit knapp 10 % und in den Krankenhäusern mit 7 % deutlich niedriger. Im Büro- und Dienstleistungssektor liegt der Anteil für Kochen dagegen nur bei 2 % während er in den anderen Branchen zwischen 0 und einem Prozent geschätzt wird.

Die wirtschaftliche Entwicklung des Kleinverbrauchssektors wirkt sich lediglich im Gast- und Beherbergungsgewerbe auf den Strombedarf für Kochen aus. Hier werden mit etwa 44 % deutliche Zuwächse bei der Produktion und damit beim Stromeinsatz zum Kochen erwartet. Mit 3,3 GWh/a sind diese beiden Branchen für mehr als 80 %

des wachstumsbedingten Anstiegs beim Kochen verantwortlich, da im Bereich der Krankenhäuser, Mensen und Kantinen nur noch geringe Zuwächse erwartet werden.

Zusammengenommen ergibt sich durch das Wirtschaftswachstum bis 2005 eine Zunahme des Stromverbrauchs beim Kochen um ca. 21 %, die aber durch geringe Einsparungen in der Herdtechnologie (Eckerle et al., 1991) abgemildert werden, so daß sich die Zunahme im Tend auf knapp 19 % bzw. 3,6 GWh/a reduziert.

Zu den geringen im Trend erwartbaren Verbesserungen der Herdtechnologien treten weitere technische Neuerungen, die durch eine gezielte Förderung realisiert werden können. So sind Glaskeramikkochplatten und Induktionskochfelder in der Ankochphase deutlich sparsamer als herkömmliche Gußkochplatten. Insgesamt lassen sich durch Glaskeramikkocher 5 bis 10 % und durch Induktionsherde 20 bis 30 % Energie im Vergleich zu Gußplatten einsparen (Spalinger, 1992). Im Großküchenbereich läßt sich der Stromverbrauch durch Vakuumgargeräte und Kombidämpfer um bis zu 60 % reduzieren, bei den Warmhaltegeräten sind durch verbesserte Isolierungen bis zu 50 % der Energie einsparbar (Euler, 1994). In Einzelfällen wurden sogar Einsparpotentiale von über 75 % bei Grillplatten und Herden realisiert (Perincioli, Gasser, 1992). Zusätzliche Einsparpotentiale ergeben sich durch die geringeren Zubereitungszeiten durch die verbesserten Kochgeräte, da hierdurch auch Nutzungszeiten der Warmhaltegeräte reduziert werden können (Euler, 1994).

Zu den Einsparpotentialen durch die Verwendung der modernsten (Groß-)Herd- und Ofentechnik treten organisatorische Maßnahmen und nutzungsbedingte Einsparpotentiale. In Heißluftbacköfen können z. B. verschiedene Speisen gleichzeitig zubereitet werden. Die Kochendwasserbereitung in Heißwassergeräten, die passende Größe der Töpfe, plane Böden, die Verwendung von Deckeln oder noch besser Dampfkochtöpfen ermöglichen z. T. erhebliche Einsparungen (Jehle, 1992). Durch die Verwendung von möglichst wenig Wasser und die Reduktion der Kochtemperatur auf 88°C lassen sich etwa 50 % des Stromverbrauchs beim Garen allein durch nichtinvestive Maßnahmen vermeiden (Perincioli, Gasser, 1992).

Eine weitere Möglichkeit, die Emissionen des elektrischen Kochens zu reduzieren, ist die Umstellung auf Erdgasgeräte, die in allen Betrieben mit Gasanschluß denkbar ist. Das Kochen mit Gas benötigt zwar mit durchschnittlich 3,4 GJ/WE*a etwa 40 % mehr Endenergie als das Kochen mit Elektroherden (Förster, Wagener-Lohse, 1994), verursacht aber um mehr als die Hälfte geringere Primärenergieeinsätze und Emissionen als das Kochen mit Elektrizität, da die Umwandlungsverluste bei der Stromerzeugung entfallen. Für die Stadtwerke ist eine Umstellung von Elektro- auf Gasherde und -öfen vor allem dann interessant, wenn sie Spitzenlastwirksam ist. Diese Reduktion Lastspitze ist neben den Privathaushalten vor allem im Bereich der Kantinen und Mensen möglich, die den Großteil ihrer Mahlzeiten mittags zubereiten.

Insgesamt werden die genannten technischen und organisatorischen Stromsparpotentiale, ohne die Substitution durch Erdgas, mindestens zur Hälfte umgesetzt werden können, so daß sich eine Stromeinsparung zwischen 25 und 30 % gegenüber dem Trend ergibt (Bach et al., 1993; Hennicke et al., 1993).

Die Sparpotentiale durch den Ersatz herkömmlicher durch effizienteste Geräte sind dann wirtschaftlich, wenn sie im Rahmen der Ersatzbeschaffung bzw. Erneuerung oder

Neueinrichtung von Küchen stattfinden. Die Mehrkosten für moderne Geräte werden von Henniecke et al. (1993) auf rund 5 Pf pro eingesparter kWh beziffert.

Insgesamt läßt sich der auch beim Kochen absehbare Trend zu steigendem Stromeinsatz durch die gezielte Förderung organisatorischer Sparmaßnahmen und den Einsatz moderner Geräte umkehren. Insgesamt ist bis 2005 ein Rückgang des Stromeinsatzes gegenüber 1991 um etwa 2 GWh/a (15 %) auf 17 GWh/a wirtschaftlich erreichbar, was eine Einsparung von immerhin ca. 6,5 GWh/a gegenüber dem Trend bedeutet.

5.1.9 Bürogeräte / Elektronik / Kommunikation

Der Einsatz von Bürogeräten, EDV-Anlagen und Kommunikationseinrichtungen ist in Verwaltungen, Büros, Handel, dienstleistungen und Gewerbe in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen. Wurden diese Verwendungszwecke noch 1986 im 2. Detailierungsgutachten (Goy et al., 1986) nur unter "Sonstiges" abgehandelt, so machen Kopierer, PCs, Faxgeräte und Telefonanlagen heute bereits einen nennenswerten Anteil des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher aus. Prognos schätzte den Anteil für Westdeutschland im Jahr 1989 bereits auf etwa 3 % (Eckerle et al., 1991). In Münster dürfte der Anteil 1991 u. a. aufgrund des bedeutenden Banken- und Versicherungssektors und der Verwaltungen mit über 7 % mehr als doppelt so hoch gelegen haben.

In Tabelle 20. ist erkennbar, daß die Banken und Versicherungen mit 9,4 GWh/a etwa 26 % des Stromeinsatzes der Bürogeräte Münsters auf sich vereinen. Verantwortlich hierfür sind neben PCs u. ä. vor allem die hier stark verbreiteten Großrechenanlagen, für die etwa 17 % des gesamten Strombedarfs der Banken eingesetzt wird. Auf den folgenden Plätzen finden sich Universität und öffentliche Verwaltungen mit 21 % und der Handel dessen elektronische Kassensysteme und Rechenanlagen etwa 16 % des Stromeinsatzes im EDV-Bereich ausmachen.

Der Anteil der EDV am Stromeinsatz schwankt zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen erheblich. Die Banken und Versicherungen wenden bereits etwa 17 % ihres gesamten Verbrauchs hierfür auf, wobei der Strombedarf für die Kühlung der Großrechneranlagen noch nicht berücksichtigt ist. In Verwaltungen und Bürobetrieben macht der Stromverbrauch der Personalcomputer und der Fotokopierer immerhin bereits etwa 10 % des Gesamtverbrauchs aus, während die Kassen u. ä. im Handel mit 5 % etwa halb so stark ins Gewicht fallen. Im Gewerbe dagegen ist der Verbrauchsanteil der Bürogeräte mit unter 2 % dagegen noch immer sehr gering.

Der Wachstumstrend der Büroelektronik wird sich auch bis 2005 allein aufgrund des Produktionswachstums weiter fortsetzen, wobei die bisherigen Verbrauchsschwerpunkte auch in Zukunft die Wachstumsbereiche bleiben werden. Etwa 50 % des Zuwachses von 8 GWh/a entfallen bereits auf die Banken und Versicherungen, weitere 28 % des Zuwachses sind im weiter expandierenden Handel zu erwarten, der damit beim Wachstum die öffentlichen Verwaltungen und die Universität mit 1,2 GWh/a bzw. 15 % des Gesamtzuwachses auf den dritten Rang verweist.

Insgesamt wird der Stromeinsatz für Bürokommunikation bis 2005 allein aufgrund des Wirtschaftswachstums um 22 % von 36 auf etwa 44 GWh/a zunehmen. Dieser Effekt wird durch die erheblichen Mehrverbräuche, die sich aus dem immer noch weiter steigenden Nutzungsgrad der EDV und der elektronischen Kommunikation ergeben, mehr als verdoppelt. Durch die Verbreitung der PCs an fast jeden Arbeitsplatz und den ver-

mehrten Anschluß an Rechnernetze sind weitere Mehrverbräuche in der Größenordnung von 11 GWh/a zu erwarten. Im Trend wird sich durch die Kumulation des Wachstums, der verbesserten Geräteausstattung und der verstärkten Nutzung derselben ein Anstieg des Stromverbrauchs um mehr als 50 % von 36 auf 55 GWh/a einstellen.

Tabelle 20. Stromeinsatz für EDV nach Branchen in Münster, 1991

Branche	Anteil am Gesamteinsatz für EDV der Branche		
	in GWh	in %	in %
Land- und Forstwirtschaft	0,12	0,3	1,0
Gewerbliche Gärtnerei	0,02	0,0	1,0
Handwerk u. industrielle Kleinbetr.	0,05	0,1	0,7
Wäschereien u. Reinigungen	0,02	0,1	1,0
Baugewerbe (o. Sonderverträge 1)	0,02	0,1	0,5
Gewerbe	0,24	0,6	0,8
Einzelhandel (food)	1,12	3,1	5,0
Kaufhäuser / Fachmärkte	2,12	5,8	5,0
Sonstiger Einzelhandel	1,52	4,2	5,0
Großhandel (food)	0,58	1,6	5,0
Großhandel (nonfood 2)	0,42	1,2	5,0
Handel 3)	5,76	15,8	5,0
Banken u. Versicherungen	9,44	25,9	17,1
Gastgewerbe	0,51	1,4	2,0
Beherbergungsgewerbe 4)	0,30	0,8	2,0
sonst. private Dienstleistungen 5)	4,03	11,1	10,0
sonst. öffentl. Dienstleistungen 6)	0,49	1,3	10,0
Dienstleistungen	5,33	14,6	6,2
Krankenhäuser u. Gesundheitsw. 7)	2,57	7,1	3,0
Kirchliche Einrichtungen	0,82	2,3	10,0
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	1,95	5,4	10,0
Schulen	0,31	0,8	5,0
Schwimmbäder	0,07	0,2	2,0
Gebietskörperschaften 8)	7,75	21,3	10,0
Streitkräfte	2,19	6,0	10,0
Sonstige	15,65	43,0	7,0
Summe Kleinverbraucher	36,42	100,0	4,5

1) Sondervertragskunden sind nach Systematik der SWM der Industrie (Bau-Steine-Erden) zugeordnet; 2) incl. Versandhandel; 3) analog zur Systematik der SWM wurde der Holzgroßhandel der Industrie und die Elektroindustrie dem Großhandel zugeordnet; 4) incl. Heime; 5) ohne Gesundheitswesen, Gast- und Beherbergungsgew.; 6) ohne Kirchen; 7) incl. Unikliniken (Verbrauch v. 1992); 8) Stadtverwaltung (ohne Schulen und Bäder), RP, LWL u.a. sowie Universität (Verbrauch v. 1992);

Quelle: Lechtenböhrer (1993); Eigene Berechnungen auf der Basis von Daten der Stadtwerke Münster; Henniecke et al. 1993; Eckerle et al. 1991; Masuhr et al. 1990; Goy et al. 1986.

Gerade weil der Bereich der Büroelektronik der am stärksten wachsende Anwendungsbereich ist, sind hier durch die Auswahl geeigneter energiesparenderer Geräte große Sparpotentiale gegeben. Hinzu kommen die kurzen Reinvestitionszyklen und die rasante technische Entwicklung in diesem Bereich, die neben immer leistungsfähigeren

Geräten zum Teil auch erhebliche Energieeinsparungen erlaubt. Huser (1992) zeigt am Beispiel von Personal Computer, zugehörigem Bildschirm, Drucker sowie Fotokopierer und Fax-Gerät erhebliche Einsparpotentiale durch die Wahl der effizientesten Technologie auf. Aber auch bei der Auslegung und beim Betrieb von Großrechenanlagen, insbesondere ihrer Stromversorgung und Kühlung, lassen sich erhebliche Strom-einsparungen realisieren (Aebischer, 1992; Becker, 1992; Bush, 1994).

Im PC-Bereich sind die tragbaren Laptops und Notebooks bereits auf besonders energiesparenden Betrieb ausgelegt. Sie benötigen bei gleicher Leistung nur noch rd. ein Fünftel des Stromverbrauchs eines Desktop-Rechners. Außerdem besteht die Möglichkeit, den PC in Arbeitspausen stets abzuschalten, wodurch die Betriebszeiten erheblich verkürzt werden können. Moderne Software unterstützt das häufige Abschalten durch automatisches Neuladen der vorher benutzten Dateien.

Der größte Stromverbraucher eines Computerarbeitsplatzes ist - mit Ausnahme der Laptops - der Bildschirm. Farbbildschirme benötigen etwa 50 % mehr Strom als Schwarz-Weiß-Bildschirme. Mit verbesserter Auflösung steigt der Stromverbrauch ebenfalls an. Ihre Leistungsaufnahme nimmt mit zunehmender Größe sogar überproportional zu. Einsparungen von bis zu 15 % sind durch sog. Bildschirmschoner, Programme die den Bildschirm nach einer Zeit der Nichtbenutzung automatisch ausblenden, möglich. Daneben ist die Abschaltung des Bildschirm in Pausen noch problemloser als die des PC machbar. In der Entwicklung sind zur Zeit Plasma- und LCD-Bildschirme, deren Stromverbrauch zwischen einem Fünftel und einem Zehntel herkömmlicher Kathodenstrahlbildschirme liegt.

Bei den Druckern läßt sich der Stromverbrauch durch die Wahl der Technologie wie bei den PC erheblich beeinflussen. Die qualitativ hochwertigsten Drucke werden mit Laserdruckern erzielt, die gleichzeitig mit 1,6 Wh pro DIN A4 Seite den höchsten Stromverbrauch haben. Der Tintenstrahldrucker benötigt dagegen mit 0,15 Wh weniger als ein Zehntel davon, bei Druckleistungen, die denen eines Laserdruckers nahekommen. Auch die langsameren und in der Qualität schlechteren Nadeldrucker brauchen mit 0,36 Wh erheblich weniger Strom als die Laserdrucker. Durch energiebewußtes Verhalten und organisatorische Maßnahmen sind ebenfalls erhebliche Einsparungen möglich. So kann es bei selten genutzten Geräten sinnvoll sein, sie nur bei Bedarf einzuschalten oder mehrere PC an einen zentralen Drucker anzuschließen.

Bei den Fotokopiergeräten sollte darauf geachtet werden, daß sie außerhalb der Arbeitszeiten abgeschaltet werden. Darüberhinaus haben moderne Geräte ein sog. deep-stand-by, in dem die Leistungsaufnahme durch Temperaturabsenkung erheblich geringer ist.

Faxgeräte zeichnen sich dadurch aus, daß sie i. d. R. 24 Stunden am Tag betrieben werden. Über 80 % ihres Stromverbrauchs entfällt selbst bei stark genutzten Geräten auf den stand-by Betrieb, Senden und Empfangen benötigen dagegen nur etwa je 10 % (INFEL, 1993). Es ist deshalb besonders wichtig Geräte mit niedrigem stand-by Verbrauch einzusetzen. Insbesondere wenn ein PC mit Modem als Fax betrieben wird, kann der stand-by Betrieb eine erhebliche Steigerung des Verbrauchs bewirken. Inzwischen sind Geräte auf dem Markt, die sich erst bei einem eingehenden FAX-Ruf einschalten sowie entsprechende Vorschaltgeräte für vorhandene FAX-Geräte (Rath, 1993)

Da die Stromverbräuche bei Geräten gleicher Leistung erheblich schwanken können und durch die Wahl der jeweils günstigsten Technologie (Laptop, Tintenstrahldrucker, Thermofax) gegenüber einer verbrauchsintensiven Ausstattung mit Desktop, großem Bildschirm, Laserdrucker und -fax) der Stromverbrauch eines Arbeitsplatzes um den Faktor 1 zu 15 geringer ist (INFEL, 1993), sind wirtschaftliche Einsparpotentiale durch die Geräteauswahl und Benutzung von mindestens 50 % gegeben (Hennicke et al., 1993). Da Stromverbrauch und Preis nicht miteinander korrelieren und die energiesparenden Technologien z. T. die billigeren sind, ist im Durchschnitt von keinerlei Mehrkosten für die Stromeinsparung auszugehen.

Insgesamt ist der Verbrauchszuwachs also auch bei der EDV keine unvermeidbare Größe. Im Gegenteil: durch gezielten Kauf lassen sich die Stromverbräuche für Elektronik bis 2005 um 24 % gegenüber 1991 reduzieren, und das ohne Mehrkosten bei weiter steigendem Einsatz von Büroelektronik.

5.1.10

Sonstige Verwendungsarten

Etwa 3 % bzw. 15 GWh des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher entfielen auf die sonstigen Stromanwendungen. Hierunter ist u. a. der Betrieb von Kleingeräten zu verstehen. Große Anteile der Kategorie Sonstiges am Stromverbrauch haben lediglich die Gärtnereien und die Landwirtschaft. In Bürobetrieben und Verwaltungen liegt der Anteil schätzungsweise bei ca. 5 % während er im Handel in Banken und Versicherungen und im übrigen Gewerbe vernachlässigbar gering ist. Die sonstigen Verwendungszwecke für Strom werden aufgrund des Wirtschaftswachstums bis zum Jahr 2005 um etwa 8 % zunehmen, wobei sich spezifische Einsparungen und Mehrverbrauchseffekte in etwa die Waage halten werden.

Im Rahmen einer Klimaschutzpolitik sind aber auch hier Einsparungen erzielbar, die zwischen 5 und 15 % geschätzt werden (Bach et al., 1993; Hennicke et al., 1993). Als Mittelwert wird mit einer Einsparung von ca. 10 % gegenüber dem Trend gerechnet, die zu durchschnittlichen Kosten von etwa 5 Pf/kWh erschließbar ist (Hennicke et al., 1993). Hierdurch kann auch der Stromverbrauch für sonstige Zwecke bis 2005 um knapp 3 % unter den Wert des Jahres 1991 gesenkt werden.

5.2 Sparpotentiale nach Branchen

5.2.1 Gewerbe

Das sogenannte Gewerbe umfaßt in der Definition der Stadtwerke Münster die Land- und Forstwirtschaft, den Gartenbau, das Handwerk und die industriellen Kleinbetriebe, die Wäschereien und Reinigungen und das Baugewerbe. Insgesamt waren das 1991 in Münster 1.600 Betriebe.

Der Stromeinsatz dieser Branchen spiegelt näherungsweise die geringe Bedeutung des gewerblich-industriellen Sektors innerhalb der Wirtschaftsstruktur Münsters wider. Mit 27,7 GWh benötigten die genannten Bereiche des Gewerbes 1991 etwa 5,5 % des Stromeinsatzes aller Kleinverbraucher.

Die verbrauchsintensivste Branche innerhalb des Gewerbes stellt die Landwirtschaft dar, auf die etwa 45 % des Stromeinsatzes im Gewerbe entfällt. Mit etwas mehr als 1 100 Personen sind in der Landwirtschaft Münsters etwa 1 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten tätig. Insgesamt benötigten 646 landwirtschaftliche Betriebe als Tarifkunden im Jahr 1991 etwa 12,5 GWh Strom, das sind 2,5 % des gesamten Stromeinsatzes der Kleinverbraucher in Münster.

Die nächste Gruppe bilden 399 Handwerks- und industrielle Kleinbetriebe, die in der Energiestatistik aus den Tarifkunden, also den kleineren Stromabnehmern des verarbeitenden Gewerbes, gebildet werden. Diese Definition, die sich am Stromverbrauch der Betriebe orientiert, stimmt nicht exakt mit der Definition der Wirtschaftsstatistik überein, nach der ein Betrieb in den entsprechenden Branchen ab einer Größe von 20 Beschäftigten der Industrie zuzuordnen ist, es sei denn, er ist als Handwerksbetrieb in der Handwerksrolle eingetragen. Die Betriebe sind in Münster den folgenden Wirtschaftszweigen zuzuordnen:

- Gewinnung, Herstellung und Verarbeitung von Steinen und Erden
- Metallbe- und -verarbeitung
- Stahl- Maschinen- und Fahrzeugbau
- Holzbe- und -verarbeitung, Papierherstellung und -verarbeitung und Druckereien
- Leder-, Textil- und Bekleidungsindustrie
- Ernährungsgewerbe.

Zusammen benötigten die Handwerksbetriebe und die industriellen Kleinbetriebe 1991 etwa 7,1 GWh Strom.

Das Baugewerbe benötigte demgegenüber bei ebenfalls 399 Betrieben nur 4,6 GWh und der Gartenbau (54 Gartenbaubetriebe und 33 gewerbliche Gärtnereien) sowie die 76 Wäschereien und Reinigungen jeweils etwa 1,8 GWh. (vgl. Tab. 21.)

Tabelle 21. Stromeinsatz im Gewerbe nach Wirtschaftszweigen und Verwendungszwecken in Münster, 1991

Wirtschaftszw. Verwendungszw.	Landw.		Gartenb.		Handw./I.		Wäscher.		Baugew.		Summe	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	1,7	13,3	0,1	8,3	0,1	1,1	0,1	7,3	0,4	9,6	2,4	8,8
Warmwasser	0,7	5,4	0,3	16,7	0,0	0,4	0,2	11,8	1,2	26,6	2,4	8,7
Prozeßwärme	2,6	20,7	0,0	0,0	1,0	14,8	0,4	20,5	0,1	2,0	4,1	14,8
Motoren / Kraft	3,0	24,0	0,1	8,3	3,1	43,6	0,3	16,9	2,6	56,4	9,1	32,9
Beleuchtung	1,7	13,9	0,7	41,7	0,7	10,3	0,5	27,5	0,1	2,1	3,8	13,7
Kühlung / Klima	0,2	1,8	0,0	0,0	1,3	18,5	0,1	4,0	0,0	0,0	1,6	5,8
Lüftung	0,9	7,5	0,1	8,3	0,7	10,5	0,2	10,0	0,0	1,0	2,0	7,4
Bürogeräte / EDV	0,1	1,0	0,0	1,0	0,1	0,7	0,0	1,0	0,0	0,5	0,2	0,8
Kochen	0,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,4	1,3
Sonstige Verw.	1,2	9,8	0,3	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8	1,6	5,7
Summe	12,5	100	1,8	100	7,1	100	1,8	100	4,6	100	27,7	100

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

In Tabelle 21. ist die Aufteilung des Stromeinsatzes der einzelnen Wirtschaftszweige des Gewerbes auf die einzelnen Verwendungsbereiche dargestellt. Im Gegensatz zu den meisten anderen Bereichen des Kleinverbrauchssektors dominieren hier die Kraftanwendungen mit etwa einem Drittel des Strombedarfs, die vor allem in der Bauindustrie mit 56 %, im Handwerk mit 44 % und in der Landwirtschaft mit 24 % hohe Verbrauchsanteile haben. An zweiter Stelle folgt bereits die Prozeßwärme, die vor allem in der Landwirtschaft aber auch im Handwerk und den Wäschereien benötigt wird und für die mit 14,8 % etwas mehr Strom eingesetzt wird als für die Beleuchtung mit 13,7 %. Mit 42 % wird besonders im Gartenbau ein hoher Anteil des Stroms für die Beleuchtung benötigt, absolut ist allerdings der Lichtbedarf in der Landwirtschaft etwa doppelt so hoch. Vergleichsweise große Anteile am Strombedarf haben die Raumwärme- und die Warmwasserbereitung mit jeweils knapp 18 % des Strombedarfs.

Tabelle 22. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Gewerbe zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	2,449	8,8	-0,080	-3,3	-0,623	-26,3
Warmwasser	2,424	8,7	0,025	1,0	-0,343	-14,0
Prozeßwärme	4,095	14,8	0,387	9,4	-0,448	-10,0
Motoren / Kraft	9,124	32,9	3,286	36,0	-3,475	-28,0
Beleuchtung	3,797	13,7	0,505	13,3	-1,386	-32,2
Kühlung / Klima	1,612	5,8	0,953	59,1	-0,952	-37,1
Lüftung	2,049	7,4	0,687	33,5	-0,957	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,235	0,8	0,126	53,3	-0,180	-50,0
Kochen	0,354	1,3	0,045	12,7	-0,114	-28,6
Sonstige Verw.	1,578	5,7	0,272	17,2	-0,185	-10,0
Summe/Durchs.	27,717	100	6,205	22,4	-8,663	-25,5

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

In Tabelle 22. ist der aufgrund der Verwendungszwecke des Stroms im gewerblichen Bereich zu erwartende Trend des Stromverbrauchs eingetragen. Gleichzeitig sind die durch eine Sparpolitik erschließbaren Effizienzpotentiale angegeben. Die Szenarioergebnisse für die einzelnen Wirtschaftszweige des Gewerbes sind zusätzlich in Tabelle 23. dargestellt.

Der Strombedarf des Gewerbes wird auch in Zukunft noch deutlich ansteigen. Verantwortlich ist hierfür nur zu einem geringen Teil die Wirtschaftsentwicklung, da insbesondere in der Landwirtschaft, die 45 % des Strombedarfs ausmacht, kein nennenswertes Wachstum mehr erwartet werden kann. Die Zuwächse sind also wesentlich auf das Wachstum in den anderen Wirtschaftszweigen des Gewerbes sowie durch den Mehrverbrauch durch die weiter zunehmende Mechanisierung und Automatisierung im gesamten Gewerbe zurückzuführen. Mehr als die Hälfte des Zuwachses von 6,2 GWh/a entfällt mit 3,2 GWh/a auf den Einsatz von Motoren und Pumpen. In den Bereichen Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Prozeßwärme kommt es ebenfalls zu nennenswerten Verbrauchszuwächsen.

Tabelle 23. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Gewerbe zwischen 1991 und 2005 nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig	1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Landwirtschaft	12,471	45,0	0,364	2,9	-3,011	-23,5
Gartenbau	1,768	6,4	0,559	31,6	-0,593	-25,5
Handwerk u. Kleinindustrie	7,070	25,5	3,730	52,8	-3,085	-28,6
Wäschereien u. Reinigungen	1,827	6,6	0,575	31,5	-0,608	-25,3
Baugewerbe (o. Sonderv. 3)	4,581	16,5	0,977	21,3	-1,366	-24,6
Gewerbe	27,717	100	6,205	22,4	-8,663	-25,5

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005; 3) Sondervertragskunden sind analog der Vorgehensweise der Stadtwerke der Industrie (Steine + Erden) zugeordnet.

Quelle: Lechtenböhrner (1994);

Die Einsparpotentiale sind demgegenüber mit 25,5 % im Vergleich zu den anderen Branchen relativ gering. Bei den Kraftanwendungen und bei der Kühlung reichen die Einsparungen von 28 bzw. 37 % gerade aus, um den Verbrauchszuwachs im Trend auszugleichen. Der Verbrauch für sonstige Verwendungszwecke nimmt dagegen sogar im Klimaschutzszenario weiter zu. Deutlich reduziert werden kann dagegen der Stromeinsatz für die Beleuchtung, für Raumwärme und für EDV. Neben den Möglichkeiten, technisch effizientere Geräte einzusetzen und diese effizienter zu steuern sowie besser auszulegen, ist die Verdrängung der elektrischen Energie ein bedeutendes Feld für Stromeinsparungen im Gewerbe. Denn etwa 33 % des elektrischen Stroms werden für die Wärmeanwendungen Prozeßwärmebereitstellung, Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung und Kochen benötigt. Die Vermeidung von Elektroprozeßwärme durch andere Verfahren, der Austausch elektrischer Heizlüfter oder Strahlungsheizungen durch erdgas- oder flüssiggas- bzw. benzin- oder ölgefeuerte Brenner oder Strahlungsheizungen, Warmwasseranschlüsse für Waschmaschinen, Gasanschlüsse für Trockner sind Möglichkeiten, um den Stromeinsatz durch emissions- und kostengünstigere Energieträger zu substituieren.

Bei der Betrachtung der einzelnen Wirtschaftszweige innerhalb des Gewerbes (Tab. 23.) fallen erhebliche Unterschiede auf, vor allem im Trend. Während der Stromeinsatz der Landwirtschaft stagniert, steigt der Bedarf der handwerklichen und industriellen Kleinbetriebe um mehr als 50 % an, um bis 2005 beinahe die Größenordnung der Landwirtschaft zu erreichen. Gartenbau und Wäschereien haben ebenfalls mit 31 % erhebliche Verbrauchszuwächse zu verzeichnen, während das Baugewerbe mit gut 20 % langsamer wächst.

Die Einsparpotentiale einer Klimaschutzstrategie liegen im Gewerbe zwischen 23,5 % in der Landwirtschaft und knapp 29 % in Kleinindustrie und Handwerk, wobei beide Sektoren absolut gesehen mit gut 3 GWh/a in etwa gleich große Sparpotentiale aufweisen.

Insgesamt ist auch im Gewerbe im Trend eine weitere Zunahme der Stromeinsätze um ca. 22 % von 27,7 GWh im Jahr 1991 auf 34 GWh im Jahr 2005 zu erwarten. Bei einer Stagnation des wichtigsten Verbrauchers, der Landwirtschaft, ist hierfür der drastische Verbrauchsanstieg im Handwerk und den industriellen Kleinbetrieben, vor allem bei den Elektromotoren, verantwortlich. Die Einsparpotentiale einer Stromsparstrategie von 8,7 GWh (25,5 %) können diesen Zuwachs zwar auffangen, insgesamt sinkt der Stromeinsatz des Gewerbes aber auch im Klimaschutzszenario nicht unter 25 GWh/a ab.

5.2.2

Lebensmitteleinzelhandel

Der Handel ist im Oberzentrum Münster ein bedeutender Arbeitgeber. Mit knapp 10.000 Beschäftigten war 1990 fast jeder 11. sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in den ca. 2.000 Betrieben des Einzelhandels tätig.

Etwas mehr als 20 % der Betriebe (428) gehören zum Lebensmitteleinzelhandel. Die 428 Betriebe benötigten 1991 etwa 22,4 GWh elektrische Energie. Das waren etwa 4,4 % des gesamten Strombedarfs der Kleinverbraucher. Innerhalb des Lebensmitteleinzelhandels teilte sich der Stromverbrauch zu je etwa 50 % auf 56 Großverbraucher (Sondervertragskunden) und 372 Tarifkunden auf.

Tabelle 24. zeigt, für welche Verwendungszwecke der Strom im Lebensmitteleinzelhandel eingesetzt wird, welcher Entwicklungstrend bis 2005 zu erwarten ist und welche über den Trend hinausgehenden Stromeinsparpotentiale durch eine Klimaschutzpolitik erschließbar sind.

Der mit Abstand wichtigste Verwendungszweck der elektrischen Energie im Bereich des Lebensmitteleinzelhandels ist die Kühlung von Lebensmitteln in Kühltheken, Gefriertruhen, Gefrierschränken und Kühlräumen, für die etwa 40 % der elektrischen Energie (9 GWh/a) eingesetzt werden. 1991 war das bereits ein knappes Prozent des gesamten Stromverbrauchs in Münster. Mit 23 % bzw. 20 % wird für die Beleuchtung und die Belüftung der Ladenlokale noch einmal ebensoviel Strom eingesetzt. Je weitere 5 % des Strombedarfs entfallen auf die Registrierkassen und auf Motoren.

Tabelle 24. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Lebensmitteleinzelhandel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,7	3,0	0,1	20,7	-0,2	-26,3
Warmwasser	0,7	3,0	0,0	3,4	-0,1	-14,0
Motoren / Kraft	1,1	5,0	0,7	59,4	-0,5	-28,0
Beleuchtung	5,2	23,0	1,3	25,8	-2,1	-32,2
Kühlung / Klima	9,0	40,0	5,7	63,6	-5,4	-37,1
Lüftung	4,5	20,0	2,2	49,3	-2,3	-35,0
Bürogeräte / EDV	1,1	5,0	0,8	75,0	-1,0	-50,0
Kochen	0,2	1,0	0,1	37,6	-0,1	-28,6
Summe/Durchs.	22,4	100	11,0	49,1	-11,8	-35,2

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Der Trend bis 2005 ist von einem erheblichen Zuwachs des Strombedarfs im Lebensmitteleinzelhandel geprägt, der bis 2005 zu einem Anstieg des Strombedarfs von 22 auf 33 GWh/a bzw. um fast 50 % führt. Gründe hierfür sind das auch in Zukunft weitere Wachstum des Handels, das in etwa mit dem allgemeinen Wirtschaftswachstum Schritt hält und die steigende Ausstattung mit stromverbrauchenden Geräten, bedingt durch den Trend zu mehr Tiefkühlkost, neuen Kassensystemen und EDV-Anwendungen mit höherem Strombedarf, durch einen weiteren Zuwachs der Flächen sowie verstärkter Belüftung und Klimatisierung der Verkaufsräume (Eckerle et al., 1991). Etwa die Hälfte des Verbrauchszuwachses macht mit 5,7 GWh/a der verstärkte Einsatz von Kühl- und Gefriergeräten aus, deren Verbrauch trotz z. T. effizienterer Geräte im Trend um fast zwei Drittel ansteigt. Quantitativ ebenfalls bedeutsam sind die Verbrauchszuwächse bei der Belüftung um 2,2 GWh/a bzw. fast 50 %, bei der Beleuchtung um 13, GWh/a bzw. 26 %, bei der EDV bzw. den Kassen um 0,8 GWh/a bzw. um 75 % sowie bei den Kraftanwendungen um fast 60 % bzw. 0,7 GWh/a.

Das starke Wachstum des Strombedarfs im Lebensmitteleinzelhandel kann durch die vorhandenen, aber im Trend nur unzureichend genutzten Stromeinsparpotentiale lediglich ausgeglichen werden. Insgesamt wird der Einsatz effizientester Techniken bei den erwarteten wachstums- und verbrauchsbedingten Zuwächsen lediglich dazu ausreichen, daß der gestiegene Umsatz bei gleichzeitig höherem Technikeinsatz mit in etwa demselben Strombedarf wie im Jahr 1991 bereitgestellt werden kann. Dies gilt im Kern auch für die einzelnen Anwendungsbereiche, in denen die Effizienzpotentiale in etwa so groß sind, daß sie den jeweiligen Mehrverbrauchstrend ausgleichen können. Die Einsparpotentiale liegen wiederum zu fast 50 % im Bereich der Kühlung, wo vor allem in den größeren Supermärkten zentrale Kälteanlagen, möglichst auf der Basis von Absorptionskältemaschinen in Verbindung mit BHKWs eine wichtige Einspar-technologie darstellen. Mit 2,3 bzw. 2,2 GWh/a liegen bei der Beleuchtung und der Lüftung die nächstgrößeren Einsparpotentiale durch effizienteste Technik, richtige Auslegung und nutzungsorientierte Steuerung. Bei der EDV, also vor allem den elektronischen Kassensystemen, sind große Einsparpotentiale gegeben, die bei der Installation der Anlagen oft ohne Mehrkosten realisiert werden können, wenn bei der Beschaffung auf den Strombedarf geachtet wird, der bei Anlagen gleicher Leistungsfähigkeit oft erheblich differieren kann (Moser, 1993).

5.2.3 Kaufhäuser und Fachmärkte

Die Kaufhäuser und Fachmärkte spielen in Münster eine besondere Rolle im Einzelhandel. 69 Betriebe benötigten 1991 mit 42 GWh/a fast die Hälfte des Stroms aller Einzelhandelsbetriebe in Münster. Abgegrenzt wurden die Kaufhäuser und die Fachmärkte auf der Basis der Stromverbrauchsstatistik, wobei die Sondervertragskunden der Gruppe der Kaufhäuser und Fachmärkte, die Tarifkunden dagegen dem Fach- und sonstigen Einzelhandel zugeordnet wurden.

Die Tabelle 25. zeigt, auf welche Branchen sich die Kaufhäuser und Fachmärkte aufteilen. Die größte Gruppe mit 33 Betrieben bilden die Kaufhäuser, die das gesamte Sortiment - oft auch inclusive Lebensmittel - anbieten. Diese Betriebe, die sich überwiegend in der Innenstadt befinden, liegen mit einem jährlichen Stromeinsatz von fast einer GWh deutlich über dem Durchschnitt der großen Einzelhandelsbetriebe. Zusammen benötigen sie mit 30 GWh etwa 72 % des Strombedarfs der Kaufhäuser und Fachmärkte. Die 36 Fachmärkte, bei denen es sich um große Fachgeschäfte handelt, die überwiegend nur in einer Branche tätig sind benötigen mit 12 GWh/a die restlichen 28 % des Stroms. Mit 16 % bilden die ebenfalls überwiegend innerstädtisch angesiedelten Bekleidungshäuser die größte Gruppe. Mit 410 MWh/a liegt ihr durchschnittlicher Strombedarf um etwa 55 % unter dem der Kaufhäuser. Weitere gut 10 % des Strombedarfs entfallen auf den Möbeleinzelhandel und den Fahrzeughandel (9 bzw. 6 Betriebe), die mit 283 bzw. 318 MWh pro Betrieb noch einmal geringere spezifische Verbräuche haben und überwiegend außerhalb der Innenstadt zu finden sind.

Tabelle 25. Stromeinsatz der Kaufhäuser und Fachmärkte 1991 nach Branchen

Branche	Anzahl d. Betriebe	Strombedarf		
		in GWh	in %	MWh/Betr.
Kaufhäuser 1)	33	30,5	71,9	924
Bekleidung	17	7,0	16,4	410
Möbel	9	2,5	6,0	283
Elektroartikel	2	0,3	0,7	158
Bürobedarf	2	0,2	0,4	95
Fahrzeuge	6	1,9	4,5	318
Summe	69	42,4	100,0	615

1) große Kaufhäuser mit vollständigem Sortiment

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Stadtwerke Münster (1993d)

Die Aufteilung des Strombedarfs der Kaufhäuser und der Fachmärkte wird in Tabelle 26. deutlich. Mit 30 % des Strombedarfs dominiert hier die Beleuchtung der Verkaufsräume und Schaufenster, die in den großen Einzelhandelsbetrieben oft sehr aufwendig ausgestaltet sind. Zusammen werden in den Kaufhäusern und Fachmärkten fast 13 GWh/a elektrische Energie allein für die Beleuchtung eingesetzt. Beinahe ebensoviel Strom benötigen die Be- und Entlüftung der Verkaufsräume mit etwa 28 % sowie die Klimatisierung und Kühlung mit ca. 25 %. Auf die Kommunikations- und Kassensysteme sowie die Kraftanwendungen entfallen jeweils ca. 5 % des Strombedarfs.

Die Verbrauchszuwächse werden im Trend zum Teil durch steigende Umsätze und weiter zunehmende Verkaufsflächen im Kaufhaus- und vor allem im Fachmarktsektor bedingt. Der wichtigste Faktor sind allerdings die zunehmende Nutzung von Lüftungs-

und Klimaanlage, die bereits heute in den meisten innerstädtischen Kaufhäusern Standard sind und deren Nutzungsumfang auch durch die steigenden Wärmelasten weiter zunehmen wird. Allein der Strombedarf für die Klimatisierung wird bis 2005 um 6,7 GWh/a auf über 17 GWh/a zunehmen. Der Stromeinsatz in Lüftungsanlagen wird ebenfalls von 12 auf knapp 19 GWh/a steigen, so daß sowohl Lüftung als auch Klimatisierung im Jahr 2005 mehr Strom benötigen werden, als die Beleuchtung, deren Strombedarf lediglich um 3,3 GWh/a (26 %) auf 16 GWh/a anwachsen wird. Weitere Verbrauchszuwächse sind bei der EDV zu erwarten, die mit 1,6 GWh/a um rund 75 % zunehmen wird, was allein dem Verbrauch von eineinhalb mittelgroßen Kaufhäusern entspricht.

Insgesamt wird der Strombedarf in den Kaufhäusern und Fachmärkten im Trend bis 2005 um 45 % bzw. 19,2 GWh/a auf rd. 60 GWh/a ansteigen.

Tabelle 26. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in den Kaufhäusern und Fachmärkten zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	1,3	3,0	0,3	20,7	-0,4	-26,3
Warmwasser	1,3	3,0	0,0	3,4	-0,2	-14,0
Motoren / Kraft	2,1	5,0	1,3	59,4	-0,9	-28,0
Beleuchtung	12,7	30,0	3,3	25,8	-5,2	-32,2
Kühlung / Klima	10,6	25,0	6,7	63,6	-6,4	-37,1
Lüftung	11,9	28,0	5,9	49,3	-6,2	-35,0
Bürogeräte / EDV	2,1	5,0	1,6	75,0	-1,9	-50,0
Kochen	0,4	1,0	0,2	37,6	-0,2	-28,6
Summe/Durchs.	42,4	100	19,2	45,3	-21,4	-34,7

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Wie auch im Lebensmitteleinzelhandel reichen die Potentiale rationellerer Energienutzung auch bei den Kaufhäusern und Fachmärkten gerade aus, um die starken Zuwächse zu kompensieren. Hierbei ist das Sparpotential im Bereich der Kühlung mit 6,4 GWh/a um etwa 0,3 GWh/a geringer als der Wachstumstrend, bei der Lüftung dagegen um etwa denselben Betrag höher. Im Bereich der Beleuchtung dagegen liegt das Sparpotential mit 5,2 GWh/a deutlich höher als der Wachstumstrend. Das gleiche gilt für die EDV, deren Bedarf deutlich unter den des Jahres 1991 gesenkt werden kann.

Eine der wichtigsten Techniken ist gerade im Bereich der klimatisierten Kaufhäuser die Kälteerzeugung in Absorptionskälteanlagen, die mit Warmwasser aus dem Fernwärmenetz der Stadtwerke bzw. aus eigenen BHKW gespeist werden können oder die Einrichtung eines zentralen Kältenetzes in der Innenstadt, so wie es im Bereich der naturwissenschaftlichen Institute der Universität geplant ist. Gegenüber den heute verbreiteten elektromotorisch betriebenen Kompressionskälteanlagen kann so der Strombedarf der Kühlung fast vollständig vermieden werden. Für den Strombezug würde sich überdies eine erhebliche Senkung der Spitzenlast ergeben, die im gesamten Innenstadtbereich eindeutig im Sommer liegt und primär durch die Klimatisierung der Kaufhäuser und der öffentlichen Gebäude in diesem Bereich bedingt ist. Eine Umstel-

lung wird für die meisten Anlagen auch ökonomisch vorteilhaft sein, insbesondere wenn gleichzeitig ohnehin eine Sanierung ansteht, z. B. zum Austausch FCKW-haltiger Kühlmittel.

Insgesamt liegt das Einsparpotential einer Effizienzstrategie im Bereich der Kaufhäuser und Fachmärkte bis zum Jahr 2005 bei ca. 34 % gegenüber dem Trend. Mit 21,4 GWh/a sind die Einsparungen um etwa 2 GWh/a größer als der Wachstumstrend des Strombedarfs, so daß der Stromeinsatz der Kaufhäuser und Fachmärkte bis zum Jahr 2005 trotz erheblicher Wachstumseffekte und gesteigerter Klimatisierung von 42 auf etwa 40 GWh/a gesenkt werden kann. Für die Realisierung einer Einsparstrategie sind die Kaufhäuser besonders aufgrund der großen Betriebe geeignet, die bei einer geringen Fallzahl hohe Einsparungen ermöglichen und durch die Höhe der Stromkosten (i. d. R. einige hunderttausend DM pro Objekt und Jahr) auch gezielte Untersuchungen und investive Maßnahmen amortisieren können. Darüberhinaus könnten spektakuläre Stromsparmaßnahmen eine entsprechende Vorbildfunktion erreichen, wenn sie gemeinsam mit dem entsprechenden Unternehmen bekannt gemacht werden.

5.2.4

Sonstiger Einzelhandel

Unter dem sonstigen Einzelhandel sind alle weiteren Einzelhandelsbetriebe zu verstehen, die weder Großkunden sind, noch mit Lebensmitteln handeln. In dieser sehr heterogenen Gruppe finden sich von diversen Fachgeschäften aller Branchen bis hin zum Zeitungskiosk Betriebe aller Art wieder. Mit rund 1.600 Betrieben sind etwa 8 von 10 Einzelhandelsbetrieben dieser Gruppe zuzuordnen, auf die mit einem Strombedarf von 30 GWh/a etwa ein Drittel des Stromeinsatzes aller Einzelhandelsbetriebe entfällt.

Tabelle 27. Stromeinsatz im sonstigen Einzelhandel 1991 nach Branchen

Branche	Betriebe Anzahl	Stromeinsatz		
		in GWh	in %	MWh/Betrieb
Bekleidung	371	7,9	25,9	21,2
Kraftfahrzeuge	99	3,0	9,9	30,4
Pharma	169	2,4	8,0	14,5
Elektro	167	2,4	7,8	14,1
Möbel	106	1,9	6,1	17,6
Tankstellen	51	1,7	5,6	33,1
Bürobedarf	75	1,6	5,2	21,1
Sonstige	567	9,6	31,5	16,9
Summe	1.605	30,4	100,0	18,9

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Daten d. Stadtw. Münster (1993c)

Die Tabelle 27. zeigt, wie sich der Stromeinsatz des Fachhandels 1991 auf die einzelnen Branchen verteilte und wie hoch der spezifische Strombedarf pro Betrieb in den Branchen war. Genauere Energiekennzahlen lassen sich aufgrund fehlender Flächen- bzw. Umsatzzahlen nicht angeben. Die größte Gruppe bildet mit 567 Betrieben der sonstige Einzelhandel, auf den knapp ein Drittel des Strombedarfs der Gruppe entfielen. An zweiter Stelle folgen die 371 Bekleidungsgeschäfte, die 1991 gut 25 % des Stroms einsetzten. Der durchschnittliche Stromeinsatz pro Betrieb liegt im Fach- und sonstigen Handel bei 18.900 kWh/a, was einem Kostenaufwand von über 5.000 DM allein für den Arbeitspreis entspricht. Überdurchschnittlich hohe Verbräuche haben die

Tankstellen und der KFZ-Handel mit 33 bzw. 30 MWh/a, die Pharmabranche und der Elektrohandel benötigen dagegen mit ca. 14 MWh/a nur etwa halb so viel Strom pro Betrieb.

Aus Tabelle 28. wird ersichtlich, daß die Beleuchtung der Verkaufsflächen, der Waren, der Schaufenster und der Werbeschilder der wesentliche Stromeinsatzzweck im Handel ist. Mit mehr als 20 GWh/a werden über zwei Drittel der elektrischen Energie für diesen Verwendungszweck eingesetzt. Der nächst wichtige Einsatzzweck ist die Be- und Entlüftung, auf den etwa 15 % entfallen. Die EDV und Heizungspumpen u. ä. Kraftanwendungen sind mit je 5 % nur von geringer Bedeutung, ebenso wie die Raumwärme- und die Warmwasserbereitung sowie Kochen. Klimatisierung und Kühlung sowie Prozeßwärme spielen keine quantifizierbare Rolle.

Tabelle 28. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im sonstigen Einzelhandel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,9	3,0	0,2	20,7	-0,3	-26,3
Warmwasser	0,9	3,0	0,0	3,4	-0,1	-14,0
Motoren / Kraft	1,5	5,0	0,9	59,4	-0,7	-28,0
Beleuchtung	20,7	68,0	5,3	25,8	-8,4	-32,2
Lüftung	4,6	15,0	2,2	49,3	-2,4	-35,0
Bürogeräte / EDV	1,5	5,0	1,1	75,0	-1,3	-50,0
Kochen	0,3	1,0	0,1	37,6	-0,1	-28,6
Summe/Durchs.	30,4	100	10,0	32,8	-13,3	-33,0

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrner (1994);

Der Entwicklungstrend ist auch in den meisten Branchen des sonstigen Einzelhandels durch weiter steigende Umsatzzahlen noch wachsende Geschäftsflächen sowie durch erheblich zunehmende Ansprüche an die Ausstattung der Geschäfte verbunden. Hierdurch kommt es zu einer erheblichen Zunahme der Stromeinsätze im Trend, die die geringen Einsparungen deutlich überkompensiert. Bis 2005 ist mit einem Anwachsen des Strombedarfs im sonstigen Einzelhandel um etwa 10 GWh/a, d. h. um etwa ein Drittel auf 40 GWh/a zu rechnen. Mehr als die Hälfte dieses Zuwachses wird auf den wichtigsten Verwendungszweck, die Beleuchtung entfallen deren Strombedarf von 20,7 auf 26 GWh/a ansteigen wird. Ebenfalls erheblich zunehmen wird der Strombedarf für Lüftung (um 2,2 GWh/a bzw. fast 50 %) und der Bedarf für Kassen, EDV und Bürogeräte, die ihren Stromeinsatz z. B. durch den Trend zu vernetzten Systemen, Scannerkassen u. ä. um 75 % bzw. 1,1 GWh/a steigern werden.

Diesem Trend stehen erhebliche unausgeschöpfte Stromsparerpotentiale gegenüber, die insbesondere bei der Beleuchtung noch deutlich größer als die Trendzuwächse sind. Durch effizienteste Beleuchtungstechnik lassen sich etwa zwei Drittel des Strombedarfs der Beleuchtung einsparen, wobei etwa 50 % dieses Potentials bereits im Trend realisiert wird. Durch den konsequenten Einsatz moderner Technik in möglichst allen Anwendungsbereichen und Betrieben läßt sich die andere Hälfte des Potentials mobilisieren. durch die Stromeinsparung bei der Beleuchtung lassen neben den vermiedenen Kosten für elektrische Arbeit i. d. R. auch erhebliche Kosten für die Bereitstellung der

elektrischen Leistung vermeiden. Insgesamt kann der Lichtstrombedarf des Handels bis 2005 im Gegensatz zum Trend von 20,7 auf 17,6 GWh/a gesenkt werden. Die Erschließung dieses Potentials ist vorraussichtlich auch für die Stadtwerke Münster besonders interessant, da die Beleuchtung im Handel größtenteils Spitzenlastwirksam sein dürfte. In den Bereichen Lüftung, EDV sowie Wärme sind die zusätzlichen Einsparpotentiale ebenfalls größer als die Zuwächse im Trend, so daß auch hier eine Verbrauchsreduktion gegenüber dem Trend erzielt werden kann.

Insgesamt stehen den Trendzuwächsen beim Stromeinsatz des sonstigen Einzelhandels, die bis 2005 etwa ein Drittel des heutigen Strombedarfs bzw. 10 GWh/a ausmachen, zusätzliche Einsparpotentiale vor allem im Bereich der Beleuchtung in der Größenordnung von rd. 13 GWh/a entgegen. Im Rahmen einer Klimaschutzstrategie läßt sich der Strombedarf des sonstigen Einzelhandels bis 2005 gegenüber 1991 um etwa 16 % reduzieren.

5.2.5

Lebensmittelgroßhandel

Der Großhandel ist in Münster mit knapp 7.000 Beschäftigten bzw. ca. 6 % aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten eine wichtige Branche. Er beschäftigt nur knapp ein Drittel weniger Personen als der Einzelhandel. Allerdings verteilen sich diese Beschäftigten auf erheblich weniger Betriebe. Mit 163 Betrieben stellt der Großhandel nur etwa 7 % aller Handelsbetriebe.

Mit 27 Betrieben ist hiervon ebenfalls nur ein geringer Teil in der Lebensmittelbranche tätig. Diese Betriebe weisen aber eine erheblich höhere Stromintensität als die sonstige Großhandelsbetriebe auf, denn mit 11,6 GWh bzw. 2,3 % des Bedarfs aller Kleinverbraucher in Münster 1991 benötigten sie mehr elektrische Energie als alle anderen Betriebe des Großhandels zusammen. Der Löwenanteil hiervon entfällt mit fast 95 % wiederum auf 8 Großbetriebe.

Der Grund für den hohen Strombedarf des Lebensmittelgroßhandels wird in Tabelle 29. deutlich. Die Hälfte des Strombedarfs (5,8 GWh) entfällt auf die Kühlung von Lebensmitteln, die im Großhandel überwiegend in Kühlhäusern, aber auch in Kühltheken u. ä. stattfindet. Beleuchtung und Lüftung sind dagegen mit 18 bzw. 15 % nur kleine Verbraucher. Der Anteil am Strombedarf, der für die EDV und die Wärmeanwendungen, Raumwärme, Warmwasser und Kochen eingesetzt wird, entspricht weitgehend dem in den übrigen Handelsbetrieben.

Bis 2005 wird der Strombedarf im Lebensmittelgroßhandel noch einmal um etwa 50 % bzw. 5,8 GWh/a von 11,6 auf 17,4 GWh/a ansteigen. Etwa 60 % dieses Zuwachses entfallen allein auf die Kühlung, die aufgrund des erwarteten deutlichen Trends zu mehr Tiefkühlkost zustandekommt (Eckerle et al., 1991) und die die erwartbaren Einsparpotentiale bei weitem überkompensiert. Weitere Zuwächse werden mit 800 MWh/a bei der Beleuchtung und bei der Lüftung sowie mit 400 MWh/a bei der EDV erwartet.

Dieser enorme Anstieg des Strombedarfs im Lebensmittelgroßhandel, der neben Umsatzzuwächsen vor allem auf die zukünftig erwartete starke Ausbreitung der Tiefkühlkost zurückzuführen ist läßt sich nur bei Ausschöpfung aller wirtschaftlich vorhandenen Stromsparerpotentiale stoppen. Hierbei sind die Einsparmöglichkeiten bei allen Verwendungsarten des Stroms in etwa genauso hoch wie die im Trend erwarteten

Verbrauchszuwächse. Es ist also möglich, den Strombedarf des Großhandels in Zukunft etwa auf dem heutigen Niveau zu halten, wobei sich auch an der Verteilung auf einzelne Verwendungsarten wenig ändern wird. Hierfür müssen aber alle Einsparpotentiale mobilisiert werden. Ein besonders wichtiges Stromsparpotential liegt hierbei in der Kälteerzeugung. Durch die Umstellung von Kompressionskälteanlagen auf zentrale Absorptionsanlagen, die mit Wärme aus BHKW oder Fernwärme betrieben werden, lassen sich der Strombedarf für Kälte fast völlig vermeiden und die Emissionen erheblich verringern (vgl. Universität).

Tabelle 29. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Lebensmittelgroßhandel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,3	3,0	0,1	34,2	-0,1	-26,3
Warmwasser	0,3	3,0	0,0	-2,3	0,0	-14,0
Motoren / Kraft	0,6	5,0	0,3	53,8	-0,3	-28,0
Beleuchtung	2,1	18,0	0,8	39,9	-0,9	-32,2
Kühlung / Klima	5,8	50,0	3,4	57,9	-3,4	-37,1
Lüftung	1,7	15,0	0,8	44,1	-0,9	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,6	5,0	0,4	68,9	-0,5	-50,0
Kochen	0,1	1,0	0,0	-4,3	0,0	-28,6
Summe/Durchs.	11,6	100	5,8	49,8	-6,2	-35,4

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;
Quelle: Lechtenböhrer (1994);

5.2.6 Großhandel ohne Lebensmittel

Der Großhandel umfaßt ohne den Lebensmittelgroßhandel, der bereits im voranstehenden Kapitel behandelt wurde, 136 Betriebe. Nicht hierin enthalten ist der Baustoffgroßhandel, der in der Abgrenzung der Stadtwerke zur Industrie zählt, da er durch einen großen Holz be- und verarbeitenden Betrieb, der zugleich auch Handel betreibt, dominiert wird. Enthalten sind hingegen die Betriebe der Elektroindustrie in Münster, die ihrem Charakter nach eher dem Großhandel ähnelt. Insgesamt entfallen auf den Großhandel ohne Lebensmittel mit 8,5 GWh etwa 1,4 % des Strombedarfs der Kleinverbraucher in Münster.

Tabelle 30. zeigt die Aufteilung der 114 Großhandelsbetriebe auf die 10 in Münster vertretenen Branchen. Die wichtigste Branche ist hierbei der Großhandel mit Möbeln und Einrichtungsgegenständen, in der 25 Betriebe tätig sind, die mit 2,8 GWh 43 % des Stroms der sonstigen Großhandelsbetriebe Münsters benötigen. mit jeweils etwa 10 % folgen die 5 Metallgroßhandelsbetriebe und die 14 Fahrzeuggroßhändler.

Der Strombedarf pro Betrieb liegt im Durchschnitt der Großhandelsbetriebe (ohne Lebensmittel) bei 57 MWh/a und damit etwa dreimal höher als im Fach- und sonstigen Einzelhandel. Das gleiche gilt auch für die Stromkosten, wobei die Großverbraucher als Sondervertragskunden erheblich geringere Arbeitspreise bezahlen als die Mehrzahl der kleineren Betriebe, die Tarifkunden sind. Der wichtigste Bestimmungsfaktor dürfte hierbei die Betriebsgröße sein, die im Großhandel in der Regel deutlich höher ist als im Einzelhandel (vgl. Brunotte, 1993). Besonders hohe Verbräuche pro Betrieb

haben der Großhandel mit Metallen mit 148 GWh/a, der Möbel- und Einrichtungshandel mit 113 GWh/a und der Großhandel mit Spielwaren, Elektronik und anderen Investitionsgütern. Diese Zahlen sind allerdings nicht repräsentativ, da die Zahl der Betriebe z. T. sehr gering ist.

Tabelle 30. Stromeinsatz im Großhandel ohne Lebensmittel 1991 nach Branchen

Branchen	Betriebe Anzahl	Stromeinsatz		
		in GWh	in %	MWh/Betrieb
Getriebe und Futtermittel	10	0,409	6,3	40,9
Chemikalien	X 2)	0,012	0,2	X 2)
Brennstoffe	12	0,164	2,5	13,7
Metall	5	0,739	11,3	147,8
Schrott	X 2)	0,071	1,1	X 2)
Bekleidung	7	0,475	7,3	67,9
Möbel	25	2,832	43,5	113,3
Spielwaren u. Investitionsg.	X 2)	0,292	4,5	X 2)
Fahrzeuge	14	0,603	9,3	43,1
Pharmazie	15	0,406	6,2	27,0
Papier + Sonstiges	19	0,507	7,8	26,7
Summe Großh. 1)	114	6,510	100,0	57,1

1) ohne Lebensmittelhandel, Baustoffhandel, Elektroindustrie; 2) weniger als 5 Betriebe
Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Daten der Stadtwerke Münster (1993c,d)

Der Einsatz der Elektrischen Energie im Großhandel wird in Tabelle 31. nach Verwendungszwecken einzeln dargestellt. Der größte Teil des Stroms fließt im Großhandel ohne Lebensmittel in die Beleuchtung. 1991 waren das in Münster mit 4,9 GWh etwa 58 %. Weitere 30 % des Stroms werden zu gleichen Teilen für die Lüftung sowie für Kraftanwendungen eingesetzt. Bei den Kraftanwendungen kommen neben Motoren für die Heizungspumpen vor allem elektronisch betriebene Förderanlagen, wie Förderbänder, Schneckenförderer, Pumpen und Gabelstapler zum Einsatz. Bürogeräte und Wärmeanwendungen machen etwas mehr als 10 % des Strombedarfs aus.

Tabelle 31. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Großhandel ohne Lebensmittel zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,3	3,0	0,1	34,2	-0,1	-26,3
Warmwasser	0,3	3,0	0,0	-2,3	0,0	-14,0
Motoren / Kraft	1,3	15,0	0,7	53,8	-0,5	-28,0
Beleuchtung	4,9	58,0	2,0	39,9	-2,2	-32,2
Lüftung	1,3	15,0	0,6	44,1	-0,6	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,4	5,0	0,3	68,9	-0,4	-50,0
Kochen	0,1	1,0	0,0	-4,3	0,0	-28,6
Summe/Durchs.	8,5	100	3,6	42,2	-3,9	-32,4

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;
Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Im Trend wird auch im Großhandel mit wachsenden Umsätzen und steigenden Flächen gerechnet. Der Flächenzuwachs wirkt sich in erster Linie auf die Beleuchtung aus, die mit 2 GWh/a mehr als 50 % des Strommehrverbrauchs im sonstigen Großhandel bewirkt. Darüberhinaus wirken sich beide Einflüsse auf steigende Stromeinsätze für Motoren und Lüftung aus (0,7 bzw. 0,6 GWh/a). Bei der EDV ist aufgrund der weiteren elektronischen Vernetzung und Umschlagserfassung mit einem Zuwachs um etwa zwei Drittel (300 MWh/a) zu rechnen. Zusammengenommen wird der Strombedarf im auch im sonstigen Großhandel stetig wachsen. Bis 2005 ist mit einem Anstieg um ca. 42 % bzw. 3,6 GWh/a auf dann 12 GWh/a zu rechnen.

Wie auch im Lebensmittelgroßhandel werden im sonstigen Großhandel im Trend erhebliche Einsparpotentiale für Strom unausgeschöpft gelassen. Diese Potentiale reichen in fast allen Verwendungsbereichen elektrischer Energie aus, um die erwarteten Verbrauchssteigerungen auszugleichen. Lediglich bei den Motoren liegen die Sparpotentiale unterhalb der Zuwachsraten, was aber durch etwas höhere Einsparungen in den anderen Verwendungsbereichen wieder ausgeglichen wird.

5.2.7 Banken und Versicherungen

Die Banken und Versicherungen sind in Münster ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Dies gilt vor allem für die zahlreichen zentralen Verwaltungen, die in Münster angesiedelt sind. Mit über 11.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ist allein jeder 10. Münsteraner im Kreditgewerbe angestellt. Für das Versicherungsgewerbe liegen keine eigenen Zahlen vor, jedoch ist die Bedeutung beinahe ebenso hoch.

Mit einem Strombedarf von 55 GWh bzw. knapp 11 % des Strombedarfs der Kleinverbraucher in Münster sind die Banken und Versicherungen die drittgrößte Verbrauchergruppe nach den Krankenhäusern und den Gebietskörperschaften. Mit fast 94 % entfällt der allergrößte Teil des Strombedarfs auf die 29 Zentralverwaltungen von 15 Banken und 14 Versicherungen. Die knapp 200 Filialen im Kundengeschäft benötigen dagegen nur etwa 6 % des Stromeinsatzes. Etwa 55 % des Stromeinsatzes der Branche entfallen auf die 103 Banken, der Rest auf die mit 108 Filialen und 14 Zentralverwaltungen zahlenmäßig etwas häufigeren Versicherungen (Tab. 32.).

Auch im Vergleich der durchschnittlichen Stromeinsätze pro Betrieb zeigt sich der Unterschied zwischen den Filialbetrieben und den Verwaltungen ganz deutlich. Die Filialen haben bei großen Unterschieden mit 18 MWh pro Betrieb einen relativ geringen durchschnittlichen Strombedarf. Hierbei zeigt sich, daß die Versicherungsfilialen mit durchschnittlich etwa 11 MWh pro Filiale erheblich weniger Strom benötigen als die Bankfilialen mit 26 MWh. Gründe hierfür sind die unterschiedlichen Betriebsgrößen, erheblich größere Kundenzahlen pro Tag in den Banken und der unterschiedliche Technisierungsgrad zwischen Bank- und Versicherungsfilialen. Die 29 Zentralverwaltungen, die im einzelnen erhebliche Größenunterschiede und damit unterschiedliche Verbräuche aufweisen, haben dagegen für Banken, wie Versicherungen einen ähnlichen Mittelwert, der bei den Banken bei etwa 1,9 GWh und bei den Versicherungen bei 1,7 GWh pro Betrieb liegt. Damit liegt der durchschnittliche Strombedarf der Zentralverwaltungen im Bank- und Versicherungsgewerbe erheblich über dem der Krankenhäuser in Münster (ohne Unikliniken), die durchschnittlich knapp 1 GWh Strom pro Krankenhaus und Jahr benötigen.

Tabelle 32. Stromeinsatz in den Banken und Versicherungen 1991 nach Betriebsarten

	Anzahl	Stromeinsatz		
		in GWh	in %	MWh/Betr.
Filialen				
Banken u. Sparkassen	88	2,3	4,2	26
Versicherungen 1)	108	1,2	2,2	11
Zusammen	196	3,5	6,3	18
Zentralverwaltungen				
Banken u. Sparkassen	15	28,3	51,2	1.885
Versicherungen 1)	14	23,4	42,5	1.674
Zusammen	29	51,7	93,7	1.783
Banken u. Vers. insges.	225	55,2	100,0	245

1) z. t. mit Sozialversicherungen

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Daten der Stadtwerke Münster (1993c,d)

Um die Stromverbräuche einordnen zu können, sollten sie auf aussagekräftigere Indikatoren als allein die Betriebszahl bezogen werden. Hierfür bieten sich Beschäftigten bzw. Geschäftsflächenzahlen an, wobei die Fläche nach Schätzungen für Hannover in Banken etwa 30 m² und in Versicherungen etwa 20 bis 25 m² pro Beschäftigtem beträgt (Brunotte, 1993). Für Münster sind nur Zahlen zu den Beschäftigten im Kreditgewerbe erhältlich. 1991 beschäftigten die Kreditinstitute in Münster genau 11.748 Personen (Stadt Münster, 1993b). Hieraus errechnet sich ein spezifischer Strombedarf pro Beschäftigtem und Jahr von rd. 2.600 kWh. Der Durchschnittswert für Banken und Versicherungen in Deutschland lag 1989 nach Berechnungen von Brunotte (1993) bei 1.875 kWh pro Beschäftigtem und Jahr. Der Vergleich mit diesen Werten für ganz Westdeutschland zeigt, daß der Verbrauch im Banken- und Versicherungssektor in Münster eher als überdurchschnittlich zu bewerten ist.

Die Tabelle 34. zeigt, für welche Verwendungszwecke der Strom in den Banken und Versicherungen eingesetzt wird. Der große Anteil von Klimaanlage sowie die Kühlung zentraler Rechneranlagen wirken sich deutlich auf den hohen Stromeinsatz aus. Mit 28 % des Stromeinsatzes wird in Banken und Versicherungen allein für die Lüftung genausoviel elektrische Energie eingesetzt wie für die Beleuchtung, die in nicht-klimatisierten Büroräumen üblicherweise der größte Stromverbraucher ist. Weitere 10 % des Strombedarfs werden darüberhinaus für die Klimatisierung der Raumluft benötigt. Mit 21,1 GWh Strom wurden 1991 also mehr als 4 % des Stromeinsatzes aller Kleinverbraucher in Münster allein für die Klimatisierung der Banken und Versicherungen benötigt. Ein weiterer großer Teil des Stroms wurde mit 17 % bzw. 9,4 GWh für den Betrieb zentraler und dezentraler Rechneranlagen, Rechnernetze, Kassensysteme und Kommunikationsanlagen benötigt.

Im Sektor Banken und Versicherungen wird in Zukunft zwar mit einem weiteren Wirtschaftswachstum gerechnet, allerdings wird die Beschäftigtenzahl nur noch geringfügig steigen. Demzufolge ist die Vergrößerung der Büroflächen pro Beschäftigtem der wichtigste Einflußfaktor auf den Strom- und Energieverbrauch bis 2005. Hinzu kommen Mehrverbrauchseffekte durch verstärkten Einsatz von Rechnernetzen und Klimaanlagen. Insgesamt wird der Strombedarf der Banken und Versicherungen im Trend bis 2005 um etwa 30 % von 55 auf 72 GWh/a steigen, wobei jeweils ca. 45 % auf die Beleuchtung und die EDV entfallen.

Tabelle 33. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in den Banken und Versicherungen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	2,8	5,1	-0,1	-3,2	-0,7	-26,3
Warmwasser	0,2	0,3	0,0	-2,2	0,0	-14,0
Motoren / Kraft	5,3	9,6	0,6	11,0	-1,6	-28,0
Beleuchtung	15,8	28,7	7,5	47,6	-7,5	-32,2
Kühlung / Klima	5,6	10,2	0,8	14,0	-2,4	-37,1
Lüftung	15,5	28,0	0,6	4,0	-5,6	-35,0
Bürogeräte / EDV	9,4	17,1	7,4	78,2	-8,4	-50,0
Kochen	0,6	1,0	0,0	-4,1	-0,2	-28,6
Summe/Durchs.	55,2	100	16,8	30,4	-26,5	-36,8

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrmer (1994);

Der derzeitige Stand der Technisierung in Banken und Versicherungen bedingt einen sehr hohen Strombedarf pro Beschäftigten. Sowohl der Vergleich der Durchschnittswerte von Münster mit denen in Westdeutschland als auch der Vergleich aktueller Stromkennzahlen in deutschen Bankbetrieben, die in etwa dem Grenzwert in Tabelle 34. entsprechen, mit den Bestwerten der Schweizer Norm zeigen, daß im Banken- und Versicherungssektor noch erhebliche Stromeinsparpotentiale vorhanden sind.

Tabelle 34. Stromkennzahlen für Büro- und Bankgebäude in kWh/m²a

	Grenzwert	Bestwert
Licht 1)	18	9
Lüftung	8	3
Klimatisierung	8	3
Bürogeräte und Sonstiges	6	3

1) Büroräume mittlerer Tiefe (5 bis 12 m) u. Tageslichtausleuchtung

Quelle: Brunotte (1993) und SIA 380/4

Die größten Potentiale liegen hierbei in der intelligenten, bedarfsgesteuerten und arbeitsplatzorientierten Beleuchtung, deren Strombedarf durch geschickte Tageslichtnutzung noch weiter reduziert werden kann, in der optimalen Regelung, Auslegung und Dimensionierung der raumluftechnischen Anlagen und in der Beschaffung von Rechneranlagen mit stromsparender Technik. Durch die Einsparungen bei der Beleuchtung und der EDV lassen sich weitere Einsparungen durch den verminderten Klimatisierungsbedarf erzielen. In vielen Fällen ist es sogar möglich, durch Stromsparmaßnahmen in Verbindung mit geeigneten Abschattungssystemen auf eine künstliche Belüftung oder zumindest eine künstliche Kühlung von Bankgebäuden völlig zu verzichten (Nussbaumer et al., 1992; Brunner, Herzog, Altenburger, 1993). Ist ein Verzicht auf die Klimatisierung nicht möglich, bietet sich die Kälteerzeugung durch BHKW-betriebene Absorptionskälteanlagen als wirtschaftliche und emissionsminimierende Alternative zu den verbreiteten Kompressionskälteanlagen an. Durch das BHKW kann im Winter Heizwärme und im Sommer Kälte bereitgestellt werden. Hierdurch sind hohe Vollbenutzungsstunden erreichbar, zusätzlich können Lastspitzen abgefangen und

so der Leistungspreis für Strom deutlich reduziert werden. BHKW können außerdem mit zur Gewährleistung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung mit genutzt werden.

Insgesamt bieten sich in den Banken und Versicherungen erhebliche Stromeinsparmöglichkeiten sowie Gelegenheiten zum wirtschaftlichen Einsatz von BHKWs. Mit 26,5 GWh/a übersteigen sie im Jahr 2005 den im Trend zu erwartenden Verbrauchszuwachs um etwa 10 GWh/a. Der Stromeinsatz im Bereich der Banken und Versicherungen läßt sich im Rahmen einer Klimaschutzstrategie bis 2005 von 55 auf 45 GWh/a reduzieren.

Die Banken und Versicherungen bieten sich aus mehreren Gründen für einen gezielten Beginn einer Stromeinsparkampagne an:

- in Banken und Versicherungen wird sehr viel Strom eingesetzt,
- der Stromeinsatz ist auf wenige Zentralverwaltungen konzentriert,
- die finanziellen Restriktionen dürften eine erheblich geringere Rolle spielen als in anderen Sektoren,
- Stromsparmaßnahmen können zu Marketingzwecken eingesetzt werden,
- in folgenden Schritten sollen die Banken wichtige Finanziers von Stromeinsparmaßnahmen in anderen Sektoren werden.

Beispiele für die Einbindung von Banken in Energiesparaktionen bzw. die Initiierung durch Banken sind Aktionen der Bausparkassen Schwäbisch Hall im Verkehrssektor und LBS im Niedrigenergiehausbereich.

5.2.8

Gaststättengewerbe

Das Gaststättengewerbe bildet zusammen mit dem Beherbergungsgewerbe das Gastgewerbe. Hierbei ist der größte Teil der Betriebe allerdings den Gaststätten zuzuordnen. 1991 gab es in Münster 877 Gaststättenbetriebe (Stadt Münster, 1991b), von denen aber nur etwa zwei Drittel als eigenständige Arbeitsstätten erfaßt sind (Stadt Münster, 1987). In den Stromabsatzdateien der Stadtwerke sind ebenfalls nur 596 Betriebe erfaßt. Dies erklärt sich vor allem daraus, das viele Gaststättenbetriebe zu anderen Betrieben gehören und sie ihren Strom nicht direkt bei den Stadtwerken beziehen. Dies trifft beispielsweise auf den größten Teil der 127 Handelsgastronomiebetriebe, der 52 Sportgastronomiebetriebe und der 34 Kantinen zu, die jeweils im Handel, unter Sportvereinen bzw. bei den jeweiligen Bürobetrieben oder Verwaltungen mit erfaßt werden. Ihr Strombedarf wird in dieser Studie näherungsweise unter dem Verwendungszweck Kochen in den jeweiligen Bereichen mit berücksichtigt.

Insgesamt benötigten die 596 als solche erfaßten Gaststättenbetriebe 1991 etwa 25,6 GWh elektrische Energie, was gut 5 % des Stromverbrauchs der Kleinverbraucher entsprach. Hiervon entfiel ein Fünftel auf 28 Sondervertragskunden, deren durchschnittlicher Verbrauch als Großbetriebe bei rd. 210 MWh pro Betrieb lag. 80 % des Stroms wurden aber von den kleineren Betrieben (Tarifkunden) benötigt. Der Durchschnitt lag hier pro Betrieb bei ca. 36 MWh/a und damit etwa doppelt so hoch wie im Fachhandel, obwohl die Zahl von 6,7 Beschäftigten pro Betrieb (1985) nur geringfügig von der des Einzelhandels abweicht (1985: 7,1; Stadt Münster, 1987). Eine Erhebung

aller Gaststättenbetriebe in Berlin ergab einen Durchschnittswert von 47 kWh/a bei starken Schwankungen (Brunotte, 1993).

Der relativ hohe Strombedarf der Betriebe im Gaststättengewerbe resultiert aus der sehr direkten Abhängigkeit des Verbrauchs von der Produktion. Denn 20 % des Strombedarfs werden für Kochen, 15,6 % für die Warmwasserbereitung (Spülen) und 10 % für Kühlung benötigt. Damit sind etwa 50 % des Strombedarfs direkt und indirekt durch die Speisezubereitung bedingt. Die andere Hälfte wird für die Beleuchtung der Gaststätten und Küchen (ca. 20 %) sowie für Motoren, Wärme und EDV verwendet (Tab. 35.).

Tabelle 35. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Gaststättengewerbe zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	1,9	7,5	0,5	26,8	-0,6	-26,3
Warmwasser	4,0	15,6	1,8	44,3	-0,8	-14,0
Prozeßwärme	1,0	4,0	0,3	28,1	-0,1	-10,0
Motoren / Kraft	2,8	11,1	1,3	45,4	-1,2	-28,0
Beleuchtung	5,1	19,8	1,6	32,2	-2,2	-32,2
Kühlung / Klima	2,6	10,0	1,7	68,1	-1,6	-37,1
Lüftung	2,6	10,0	0,9	36,1	-1,2	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,5	2,0	0,3	59,6	-0,4	-50,0
Kochen	5,1	20,0	2,1	41,4	-2,1	-28,6
Summe/Durchs.	25,6	100	10,6	41,3	-10,2	-28,2

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrmer (1994);

Im Trend sind im Gaststättengewerbe bis 2005 erhebliche Verbrauchszuwächse um mehr als 40 % von 25 auf 36 GWh/a zu erwarten. Grund hierfür ist das sich auch in Zukunft weiter fortsetzende deutliche Wachstum in diesem Wirtschaftszweig, das bei allen Verwendungsarten des Stroms zu erheblichen Mehrverbräuchen führt. Der größte Zuwachs ist hierbei naturgemäß bei den direkt produktionsabhängigen Verwendungsarten, Kochen (2,1 GWh/a), Warmwasser (1,8 GWh/a) und Kühlung (1,7 GWh/a) zu erwarten. Die Flächenzuwächse führen aber auch zu Zuwächsen bei der Beleuchtung um 1,6 GWh/a, bei der Lüftung um 0,9 GWh/a sowie bei den Kraftanwendungen um 1,3 GWh/a.

Die größten mobilisierbaren Sparpotentiale für Strom liegen in den Gaststätten bei der Beleuchtung, mit etwa 2,2 GWh/a und beim Kochen mit 2,1 GWh/a. Die Tabelle 36. zeigt Richtwerte aus der Schweizer Norm für Restaurants für den Strombedarf für Beleuchtung, Lüftung und Raumkonditionierung. Im Durchschnitt sind zwischen dem Grenzwert, der in etwa im Schnitt der aktuellen Verbräuche liegt, und dem bei Sanierungen anzustrebenden Bestwert Einsparungen von 40 % möglich, bei der Beleuchtung sogar 50 %. In den Küchen gibt es erhebliche Einsparpotentiale durch modernste Technik, wie z. B. Induktionsherde, die etwa 70 % weniger Strom benötigen sowie durch neue Spülmaschinen und Spülmaschinen mit Warmwasseranschluß und verbesserte Kühltechnik (vgl. Horbaty u. Renggli, 1992; Perincioli u. Gasser, 1992). Durch die Verbesserung der Geräte werden außerdem die internen Wärmelasten verringert,

wodurch bei der Entlüftung bzw. Klimatisierung der Küchen weitere Einsparungen möglich sind. Darüber hinaus bietet das Kochen mit Erdgas oder auch Flüssiggas eine kostengünstige, emissionsmindernde und bequeme Alternative zum Kochen mit Strom.

Tabelle 36. Verwendungsspezifische Stromkennzahlen für Restaurants nach SIA 380/4

Verwendungszweck	Grenzwert in kWh/m ² *a 1)	Bestwert in % 2)	Differenz in % 2)
Beleuchtung	72	36	50
Lüftung	32	11	35
Konditionierung	58	18	31
Summe	163	65	40

1) bei 3600 Stunden Nutzungsdauer pro Jahr; 2) Best- durch Grenzwert

Quelle: SIA 380/4 (1992) und Brunotte (1993)

Insgesamt reichen die Sparpotentiale bei den meisten Verwendungszwecken aus, um die im Trend zu erwartenden Verbrauchszuwächse auszugleichen. lediglich in den Bereichen Warmwasser und Prozeßwärme kommt es auch im Klimaschutzszenario zu deutlichen Mehrverbräuchen. Diese können allerdings weitgehend durch die Einsparpotentiale im Beleuchtungsbereich kompensiert werden, die den Zuwachstrend um etwa 0,6 GWh/a übersteigen. In der Summe kommt es im Klimaschutzszenario unter Mobilisierung der aufgezeigten Einsparpotentiale zu einem geringfügigen Anstieg der Stromeinsätze im Gaststättengewerbe. Die Hauptursache hierfür ist das hohe Wirtschaftswachstum im Gastgewerbe Münsters.

5.2.9

Beherbergungsgewerbe und Heime

Das Beherbergungsgewerbe zählt wie die Gaststätten zum Gastgewerbe. Zusätzlich werden hier die ähnlich strukturierten Heime mit erfaßt. Die Statistik erfaßte 1991 in Münster 80 Beherbergungsbetriebe, darunter 24 Hotels garni, 45 Hotel-Restaurants und 4 Gasthöfe sowie 17 Bildungszentren und Jugendherbergen. In den Hotels, Gasthöfen und Pensionen waren 2.790 und in den Bildungszentren 3.169 Betten vorhanden. Insgesamt wurden in Münster 1,05 Millionen Übernachtungen gezählt, etwa 400.000 davon in Hotels, Gasthöfen und Pensionen, der Rest in den Bildungszentren und der Jugendherberge. Die Bildungszentren und die Jugendherberge sind in der Stromverbrauchstatistik nicht separat aufzufinden, da sie als Bildungsinstitutionen u. ä. geführt werden. Deshalb wird hier nur das eigentliche Beherbergungsgewerbe berücksichtigt, das als solches auch in der Verbrauchsstatistik erfaßt ist. Von den etwa 60 Hotels, Gasthöfen und Pensionen sind das 40. Die übrigen 20 sind nach ihrem Hauptbetriebszweck den Gaststätten zugeordnet.

Zusammen mit den Heimen wurden 1991 im Beherbergungsgewerbe rd. 15 GWh elektrische Energie eingesetzt. Das waren exakt 3 % des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher. Etwa 80 % hiervon entfielen auf die 33 Sondervertragskunden, während die restlichen 68 Betriebe nur etwa 20 % des Stroms benötigten. Die Verteilung auf kleine und große Kunden ist damit der im Gaststättengewerbe genau entgegengesetzt. Dies zeigt sich auch im durchschnittlichen Strombedarf pro Betrieb, der im Beherbergungsgewerbe mit 150 MWh/a genau vier mal so hoch ist wie im Gaststättengewerbe.

Wie die Tabelle 37. zeigt, benötigten die 40 Beherbergungsbetriebe 1991 mit 6 GWh genau 40 % der elektrischen Energie der Heime und des Beherbergungsgewerbes und kamen damit auf einen genau durchschnittlichen Verbrauch pro Betrieb von 150 MWh/a. Wenn davon ausgegangen wird, daß die 40 erfaßten Beherbergungsbetriebe etwa 90 % der 400.000 Übernachtungen im Beherbergungsgewerbe bewältigen, so ergibt sich ein durchschnittlicher Stromeinsatz von knapp 17 kWh pro Übernachtung. Dieser Wert liegt um etwa ein Viertel über dem spezifischen Bedarf von rd. 12 kWh, der von Goy et al. (1986) für 1982 ermittelt wurde.

Tabelle 37. Stromeinsatz im Beherbergungsgewerbe und in Heimen 1991 nach Gruppen

Gruppe	Anzahl	Stromeinsatz		
		in GWh	in %	MWh/Heim
Beherbergungsgewerbe	40	6,006	39,7	150
Wohnheime	33	5,360	35,4	162
Kinderheime	4	0,144	1,0	36
Behindertenheime	2	0,028	0,2	14
Altenheime	17	3,457	22,9	203
Tagesheime	5	0,128	0,8	26
Summe	101	15,122	100,0	150

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Daten der Stadtwerke Münster (1993c,d)

Weitere 35 % des Strombedarfs entfielen auf die Wohnheime, deren durchschnittlicher Stromeinsatz mit 162 dem des Beherbergungsgewerbes entspricht und 23 % auf die Altenheime, die mit 203 MWh pro Heim einen etwas höheren Strombedarf haben. Mit 2 % haben die Kinder-, Behinderten- und Tagesheime nur einen geringen Strombedarf, dies gilt auch für den durchschnittlichen Verbrauch pro Heim, der zwischen 14 und 36 MWh/a liegt.

Tabelle 38. zeigt die Aufteilung des Strombedarfs im Beherbergungsgewerbe und den Heimen auf die einzelnen Verwendungszwecke. Im Gegensatz zu den meisten anderen Branchen dominiert hier keine Verwendungsart. Mit knapp 20 % bzw 3 GWh/a ist die Beleuchtung der wichtigste Verwendungszweck, gefolgt von der Warmwasserbereitung in dezentralen Warmwassergeräten, Wasch- und Spülmaschinen und dem Kochen, für die jeweils etwa 15 % (2,3 GWh/a) eingesetzt werden. Je etwa 10 % des Strombedarfs entfallen auf die Verwendungsarten Kraft, Kühlung und Klimatisierung und Prozeßwärme.

Im Beherbergungsgewerbe waren in den 80'er Jahren hohe Wachstumsraten zu verzeichnen. Die Zahl der Übernachtungen ist zwischen 1980 und 1991 um fast 50 % angestiegen. Dieser Trend wird sich auch in Zukunft fortsetzen. Im Bereich der Heime ist ebenfalls mit einem weiteren leichten Wachstum zu rechnen, da die Zahl der Altenheimbewohner aufgrund der demographischen Struktur weiter steigende Tendenz aufweist. Bei den Wohnheimen ist noch Nachholbedarf vorhanden, der weitere Steigerungen vermuten läßt. Durch diese Wachstumstrends und die Tendenz zu stärkerem Einsatz stromverbrauchender Geräte z. B. bei der Klimatisierung kommt es bis 2005 zu einem Verbrauchsanstieg um etwa 40 % bzw. 6 GWh/a auf 21 GWh/a, der sich mit jeweils etwa 1 GWh überwiegend auf die Verwendungsarten Warmwasserbereitung, Kühlung und Klimatisierung, Beleuchtung und Kochen verteilt.

Die zusätzlichen Einsparpotentiale gegenüber dem Trend liegen im Bereich der modernen Beleuchtungstechnik, der Klima- und Kühltechnik sowie beim Kochen. Durch effizienteste Beleuchtungstechnik können im Jahr 2005 1,3 GWh/a eingespart werden. Damit kann der Gesamtstrombedarf für die Beleuchtung um etwa 0,3 GWh gesenkt werden. In den Bereichen Kühlung, Klimatisierung und Kochen reichen die Einsparpotentiale dagegen nur knapp aus um die Zuwachstendenzen aufgrund weiter steigender Übernachtungszahlen und zunehmendem Komfort auszugleichen. Insbesondere bei der Warmwasserbereitung reichen sie aber nicht aus. Allein hier wird der Strombedarf auch im Klimaschutzszenario um etwa 0,6 GWh/a steigen.

Tabelle 38. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Beherbergungsgewerbe und in den Heimen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	1,134	7,5	0,304	26,8	-0,378	-26,3
Warmwasser	2,359	15,6	1,044	44,3	-0,476	-14,0
Prozeßwärme	1,361	9,0	0,382	28,1	-0,174	-10,0
Motoren / Kraft	1,679	11,1	0,762	45,4	-0,683	-28,0
Beleuchtung	2,994	19,8	0,963	32,2	-1,274	-32,2
Kühlung / Klima	1,512	10,0	1,029	68,1	-0,943	-37,1
Lüftung	0,756	5,0	0,273	36,1	-0,360	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,302	2,0	0,180	59,6	-0,241	-50,0
Kochen	2,268	15,0	0,938	41,4	-0,917	-28,6
Sonstige Verw.	0,756	5,0	0,212	28,1	-0,097	-10,0
Summe/Durchs.	15,122	100	6,089	40,3	-5,545	-26,1

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Zusammengenommen zeigt sich, daß die elektrische Energie im Beherbergungsgewerbe und in den Heimen relativ gleichmäßig auf die Verwendungszwecke verteilt eingesetzt wird. Insbesondere die weiter steigenden Übernachtungszahlen, aber auch steigender Komfort führen im Trend zu einem erheblichen Verbrauchszuwachs um 6 GWh auf 21 GWh im Jahr 2005. Dieser kann auch durch die Mobilisierung der zusätzlich gegebenen Stromsparpotentiale nicht völlig kompensiert werden, so daß es insbesondere bei der Warmwasserbereitung zu steigendem Stromeinsatz kommt. Insgesamt nimmt der Strombedarf des Beherbergungsgewerbes und der Heime bis 2005 auch im Klimaschutzszenario um etwa 0,5 GWh/a auf knapp unter 16 GWh im Jahr 2005 zu.

5.2.10 Sonstige private Dienstleistungen

Die Gruppe der sonstigen privaten Dienstleistungsbetriebe, d. h. Unternehmen oder Freiberufler, die Dienstleistungen für Endverbraucher oder Unternehmen erbringen - mit Ausnahme des Gesundheitswesens und des Gaststätten- und Beherbergungsgewerbes - ist mit 1.231 Betrieben nach dem Einzelhandel die zahlenmäßig größte Branche der Kleinverbraucher in Münster. Nach den Krankenhäusern, den Gebietskörperschaften, den Banken und Versicherungen und dem Fach- und sonstigen Handel sind die sonstigen Dienstleistungsbetriebe die Branche mit dem fünftgrößten Strombedarf. Mit 40,3 GWh benötigten die sonstigen Dienstleistungsunternehmen 1991 8 % der

elektrischen Energie der Kleinverbraucher. Mit etwa 70 % entfiel der größte Teil hiervon auf 72 Großbetriebe, die durchschnittlich etwa 400 MWh Strom pro Betrieb einsetzen. Die mehr als 1.100 übrigen Betriebe benötigten dagegen nur 30 % der elektrischen Energie der Branche. Mit rd. 10 MWh pro Betrieb haben sie einen relativ niedrigen Strombedarf.

Die Tabelle 39. gibt einen Überblick in welchen Wirtschaftszweigen die Dienstleistungsunternehmen und Freiberufler tätig sind, wieviel Betriebe in dem jeweiligen Wirtschaftszweig aktiv sind, wie hoch ihr Anteil am Stromeinsatz ist und welchen durchschnittlichen Strombedarf die Betriebe haben.

Tabelle 39. Stromeinsatz der sonstigen privaten Dienstleistungsbetriebe 1991 nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig	Betriebe Anzahl	Stromeinsatz		
		in GWh	in %	MWh/Betr.
Friseur	267	3,1	7,7	11,6
Sonstige Körperpflege	232	2,2	5,5	9,6
Raumpflege	19	0,1	0,3	6,5
Abfallbeseitigung	11	0,3	0,7	24,8
Wissenschaft, Bildung und Unterricht	80	2,7	6,7	33,8
Kultur, Kunst, Sport, Unterhaltung	13	2,0	4,8	150,0
Dienstl. für Unternehmen; Werbung	42	13,2	32,9	315,2
Grundstücks- und Wohnungswesen	5	3,8	9,5	766,9
Sonstige Dienstleistungen	562	12,8	31,8	22,8
Sonstige private Dienstleistungen	1.231	40,3	100,0	32,7

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Daten der Stadtwerke Münster (1993c,d)

Die zahlenmäßig größte Gruppe unter den sonstigen Dienstleistungen sind die nicht näher genannten sonstigen Dienstleistungen, die mit 12,8 GWh knapp ein Drittel des Stromeinsatzes der Branche auf sich vereinen. Mit 562 Betrieben sind hier fast die Hälfte der Betriebe tätig, sie haben aber mit 22,8 MWh/a einen relativ geringen Strombedarf pro Betrieb. In dieser Gruppe befinden sich überwiegend Freiberufler, wie Rechtsanwälte, Architekten, Steuerberater, Ingenieurbüros u. ä., die in kleinere Büros betreiben. Mit 13,2 GWh benötigten die 42 Betriebe, die Dienstleistungen für Unternehmen anbieten ebenfalls ein knappes Drittel der elektrischen Energie. Mit einem durchschnittlichen Strombedarf von 315 MWh pro Betrieb handelt es sich hierbei überwiegend um größere Betriebe. Übertroffen werden sie nur noch von den 5 Betrieben des Grundstücks- und Wohnungswesens, auf die etwa 9,5 % des Stromeinsatzes der Branche entfallen, und deren Stromeinsatz mit 767 MWh pro Betrieb mehr als doppelt so hoch ist.

Mit 150 MWh/Betrieb haben die im Sektor Kunst, Kultur, Sport und Unterhaltung tätigen 13 privaten Unternehmen (z. B. Kinos, Sportzentren) ebenfalls einen hohen Strombedarf. Zusammen benötigten sie 1991 mit 2 GWh etwa 4,8 % des Stroms der Branche. Etwas größere Anteile hatten die Frisöre mit 7,7 und die sonstigen Körperpflegeunternehmen mit 5,5 %, von denen es in Münster jeweils etwa 250 Betriebe gibt. Pro Betrieb lag ihr Stromeinsatz mit 11,6 bzw. 9,6 MWh/a relativ niedrig. Der Vergleich mit dem durchschnittlichen Strombedarf berliner Friseurbetriebe, die nach An-

gaben der BEWAG etwa 9,4 MWh pro Betrieb und Jahr benötigen (Brunotte, 1993) zeigt eine gute Übereinstimmung.

In Tabelle 40. ist eine Schätzung über die Aufteilung des Strombedarfs der sonstigen privaten Dienstleistungsbetriebe wiedergegeben. Da diese Gruppe überwiegend durch kleinere und größere Bürobetriebe dominiert wird, entspricht die Verteilung des Stroms auf die Verwendungarten der in den Bürobetrieben und Verwaltungen. Der bedeutendste Verwendungszweck ist die Beleuchtung, für die etwa 30 % bzw. 12,1 GWh/a eingesetzt werden. An zweiter Stelle folgt die Lüftung mit 25 %. Für die Bürogeräte, Kommunikationsanlagen und EDV wird mit 10 % genausoviel Energie eingesetzt wie für Motoren in Pumpen u. ä. Die Wärmeanwendungen sind demgegenüber weniger bedeutsam, lediglich die elektrische Beheizung hat mit 7 % z. B. durch den Betrieb von Direktheizgeräten eine vergleichsweise hohen Verbrauchsanteil. Der Strombedarf für Kühlung und Klimatisierung ist in den mehrheitlich kleineren Büros mit 5 % ebenfalls relativ gering.

Tabelle 40. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in sonstigen privaten Dienstleistungsbetrieben zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	2,8	7,0	0,5	17,6	-0,9	-26,3
Warmwasser	1,6	4,0	0,3	18,8	-0,3	-14,0
Prozeßwärme	0,8	2,0	0,2	18,8	-0,1	-10,0
Motoren / Kraft	4,0	10,0	1,4	34,9	-1,5	-28,0
Beleuchtung	12,1	30,0	2,7	22,6	-4,8	-32,2
Kühlung / Klima	2,0	5,0	0,8	38,4	-1,0	-37,1
Lüftung	10,1	25,0	2,6	26,3	-4,5	-35,0
Bürogeräte / EDV	4,0	10,0	1,9	48,1	-3,0	-50,0
Kochen	0,8	2,0	0,1	16,4	-0,3	-28,6
Sonstige Verw.	2,0	5,0	0,4	18,8	-0,2	-10,0
Summe/Durchs.	40,3	100	11,0	27,2	-16,5	-32,2

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Bis 2005 wird sich der allgemeine Mehrverbrauchstrend auch im Bereich der sonstigen Dienstleistungsbetriebe bemerkbar machen. Allerdings wird hier insbesondere das Wirtschaftswachstum als etwas geringer eingeschätzt als z. B. im Handel oder Gastgewerbe. mit 11 GWh/a wird bis 2005 ein Verbrauchszuwachs von rd. 27 % auf 51 GWh/a zu erwarten sein. Mit 2,7 bzw. 2,6 GWh entfällt jeweils ein Viertel davon auf die Beleuchtung und die Belüftung, die vor allem aufgrund steigender Betriebsflächen pro Beschäftigtem weiter zunehmen. Weitere 20 % des Zuwachses entfallen im Trend auf die EDV und die Bürogeräte, deren Einsatz auch zukünftig erheblich zunehmen wird.

In diesen drei Verwendungsbereichen des Stroms sind allerdings auch die größten noch ungenutzten Effizienzpotentiale gegeben. Sie sind so groß, daß sie den Wachstumstrend um 2,1 GWh/a bei der Beleuchtung, um 1,9 GWh/a bei der Lüftung und um 1,1 GWh/a bei der EDV übertreffen. Insgesamt kann der Strombedarf im Bereich der

sonstigen privaten Dienstleistungen gegenüber dem Trend im Jahr 2005 um fast ein Drittel bzw. 16,5 GWh/a gesenkt werden. Der Stromeinsatz kann so gegenüber 40,3 GWh/a im Jahr 1991 auf rd. 35 GWh/a im Jahr 2005 reduziert werden, was einem Rückgang um etwa 14 % gegenüber dem Basisjahr entspricht.

5.2.11 Sonstige öffentliche Dienstleistungen

Die Branche sonstige öffentliche Dienstleistungen besteht aus den sogenannten Organisationen ohne Erwerbszweck (Wohlfahrtsorganisationen, Vereine, Kammern, Verbände) ohne die Kirchen, die in der Systematik der Stadtwerke der Gruppe "Sonstige" zugeordnet werden, aber mit den Sozialversicherungen. In Münster waren das 1991 334 Institutionen bzw. Einrichtungen, die zusammen etwa 4,8 GWh elektrische Energie benötigten, was knapp 1 % des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher entspricht. Der durchschnittliche Strombedarf pro Einrichtung liegt mit 14,6 MWh/a relativ niedrig. In der Mehrzahl handelt es sich um kleinere Büros bzw. Geschäftsstellen.

Tabelle 41. Stromeinsatz der sonstigen öffentlichen Dienstleistungsbetriebe 1991 nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig	Anzahl	Stromeinsatz		
		in GWh	in %	MWh/Eintr.
Wohlfahrtsorganisationen	136	1,547	31,8	11,4
Bildungs- und Forschungseinr.	74	1,264	26,0	17,1
Sportvereine	45	0,657	13,5	14,6
Gewerkschaften	14	0,065	1,3	4,6
Parteien, Verbände	11	0,055	1,1	5,0
Berufsverb. und Kammern	47	1,131	23,3	24,1
Sozialversicherung	7	0,140	2,9	20,0
Summe	334	4,860	100,0	14,6

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Daten der Stadtwerke Münster (1993c,d)

Mit 136 Einrichtungen und einem Stromeinsatz von 1,5 GWh (32 %) sind die Wohlfahrtsorganisationen die größte Gruppe unter den sonstigen öffentlichen Dienstleistungen (Tab. 41.). Hier werden allerdings nur Geschäftsstellen, Beratungsstellen, Tagesstätten u. ä. erfaßt, da Heime, Krankenhäuser und Bildungseinrichtungen, die von diesen Institutionen getragen werden, separat erfaßt sind. Danach folgen die 74 Bildungs- und Forschungseinrichtungen in nichtprivater Trägerschaft (ohne Universität, Volkshochschule, Schulen) mit 26 % des Stromeinsatzes, die 47 Berufsverbände und Kammern mit 23 % und die 45 Sportvereine mit 13,5 %. Sozialversicherungen, Gewerkschaften, Parteien und Verbände haben dagegen nur eine geringe Bedeutung. Ein Teil der Sozialversicherungsinstitutionen, die in Münster einige große Zentralverwaltungen unterhalten, ist allerdings in der Stromverbrauchsstatistik der Stadtwerke als Versicherungen ausgewiesen und wird demzufolge unter Banken und Versicherungen dargestellt.

Die Aufteilung des Strombedarfs der sonstigen öffentlichen Dienstleistungsbetriebe entspricht der der sonstigen privaten Dienstleistungsbetriebe. Auch hier sind kleinere Bürobetriebe die vorherrschende Organisationsform der einzelnen Institutionen. Das gleiche gilt, wie Tabelle 42. zeigt, auch für den Wachstumstrend, der sich vor allem auf die Beleuchtung und die Belüftung sowie die EDV konzentriert. Allerdings wird

im Gegensatz zum privaten im öffentlichen Dienstleistungssektor mit einer Stagnation der Beschäftigten gerechnet. Deshalb kommt es im Trend bzw. 1,1 GWh/a bis 2005 nur zu einem unterdurchschnittlichen Anstieg des Strombedarfs. Da die Einsparpotentiale aber in derselben Größenordnung liegen wie im privaten Sektor, besteht im Bereich der öffentlichen Dienstleistungsbetriebe die Möglichkeit, den Strombedarf im Rahmen einer Klimaschutzstrategie gegenüber dem Basisjahr 1991 um 16 % zu senken. Allerdings muß die Strategie den in diesem Sektor teilweise erheblichen Kapitalmangel überwinden.

Tabelle 42. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in sonstigen öffentlichen Dienstleistungsbetrieben zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,3	7,0	0,0	14,1	-0,1	-26,3
Warmwasser	0,2	4,0	0,0	15,2	0,0	-14,0
Prozeßwärme	0,1	2,0	0,0	15,2	0,0	-10,0
Motoren / Kraft	0,5	10,0	0,1	30,8	-0,2	-28,0
Beleuchtung	1,5	30,0	0,3	18,9	-0,6	-32,2
Kühlung / Klima	0,2	5,0	0,1	34,3	-0,1	-37,1
Lüftung	1,2	25,0	0,3	22,5	-0,5	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,5	10,0	0,2	43,6	-0,3	-50,0
Kochen	0,1	2,0	0,0	12,9	0,0	-28,6
Sonstige Verw.	0,2	5,0	0,0	15,2	0,0	-10,0
Summe/Durchs.	4,9	100	1,1	23,4	-1,9	-32,2

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005.

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

5.2.12

Krankenhäuser und Gesundheitswesen

Als Oberzentrum ist Münster mit 5.000 Krankbetten in 10 Krankenhäusern, 600 frei praktizierenden Ärzten in ca. 550 Arztpraxen und mit 83 Apotheken überdurchschnittlich gut ausgestattet (Stadt Münster, 1991b). Mit 2.000 Krankbetten pro 100.000 Einwohner liegt Münster bei der Zahl der Krankbetten doppelt so hoch wie der Bundesdurchschnitt (West). Die Krankenhäuser und das übrige Gesundheitswesen gehören in Münster zu den bedeutenden Strombeziehern. Insgesamt benötigten sie 1991 mit 85,6 GWh fast 17 % des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher in Münster. Im Vergleich dazu lag der Anteil in Westdeutschland 1989 bei nur 4,5 % (Eckerle et al., 1991). Mit mehr als 80 GWh entfiel der größte Teil des Strombedarfs im Gesundheitswesen auf 18 Sondervertragskunden, also Großverbraucher. Das sind vor allem die Krankenhäuser. Auf die 655 Tarifkunden im Gesundheitsgewerbe, vor allem Arztpraxen (ca. 550) und die 83 Apotheken (Stadt Münster 1991b) sowie andere freie Heilpraxen entfielen lediglich 4,8 GWh.

Tabelle 43. zeigt die Pflanzetage, die Bettenzahlen und den Strombedarf der Krankenhäuser in Münster im Jahr 1991. Hierbei werden die Universitätskliniken, für die Einzelangaben vorhanden waren, den anderen Krankenhäusern gegenübergestellt. Aus der Zahl der Betten und dem Strombedarf läßt sich eine näherungsweise Kennzahl für den

spezifischen Strombedarf ermitteln. Der Gesamtstromverbrauch von Krankenhäusern ist aber nicht nur von der Bettenzahl abhängig.

- Die Größe,
- die Bauart, das Alter und die Nutzung der Gebäude,
- die klimatischen Bedingungen,
- die Art und Intensität der medizinischen Versorgung,
- das Vorhandensein mechanischer Kälteanlagen,
- die Auslastung und
- die sonstige technische Ausstattung

haben ebenfalls erheblichen Einfluß auf den Stromverbrauch der Krankenhäuser. Eine Zusammenstellung aus unterschiedlichsten Erhebungen des Stromverbrauchs von Krankenhäusern zeigte eine Bandbreite der spezifischen Stromverbräuche (bezogen auf die Nettogrundfläche) zwischen 47 und 260 kWh/m²*a (ERIK III). Die Werte differieren um den Faktor 5,5.

Tabelle 43. Bettenzahl, Pflage tage und Strombedarf der Krankenhäuser in Münster, 1991

Krankenhaus	Pflage- tage	betriebene Betten		Strombedarf		
		Anzahl	%	GWh	%	kWh/ Bp*d 2)
Universitätskliniken 1)	501.156	1.547	30,6	65,4	80,9	116
- Zentralklinikum	---	500	9,9	54,4	67,3	298
- andere Kliniken	---	1.047	20,7	11,0	13,6	29
Übrige Krankenhäuser	1.130.002	3.512	69,4	15,4	19,1	12
Krankenhäuser ges.	1.631.158	5.059	100,0	80,8	100,0	44

1) Werte aufgrund von Angaben der Universität, z. T. geschätzt; 2) kWh pro Bett und Tag (365)

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Stadt Münster (1991b)

Ähnlich große Unterschiede zeigt auch die Tabelle 43. für die Krankenhäuser in Münster. Während der Verbrauch pro Bett und Tag in den Krankenhäusern bei durchschnittlich 12 kWh liegt, weisen die Universitätskliniken mit einem Strombedarf von 116 kWh/Bd*d einen etwa 10 mal höheren spezifischen Verbrauch auf. Aber auch innerhalb der Universitätskliniken zeigt sich eine Diskrepanz um den Faktor 10 zwischen den Verbräuchen im Zentralklinikum, die bei fast 300 kWh/Bd*d liegen, und denen von 29 kWh/Bd*d in den alten Kliniken.

Der Stromverbrauch der Krankenhäuser in Münster wird also durch den Bedarf des Zentralklinikums dominiert, das bei etwa 10 % der Bettenkapazität etwa zwei Drittel des Stroms aller Krankenhäuser benötigt. Der extrem hohe Stromverbrauch des Zentralklinikums ist zum Teil auf die dort betriebene Spezial- und Intensivmedizin mit der entsprechenden Geräteausstattung und auf die große Anzahl der Tagespatienten in ambulanter Behandlung zurück zu führen. Darüber hinaus sind die mechanischen Kälteanlagen, die aufwendige Belüftungs- und Reinluftanlage und der Betrieb von

Fahstühlen für den hohen spezifischen Strombedarf verantwortlich zu machen. Trotzdem erscheinen hier allein aufgrund der quantitativen Bedeutung die größten Stromsparpotentiale zu liegen.

Die übrigen Krankenhäuser haben dagegen eher durchschnittliche Verbrauchskennwerte. Mit 12 bzw 29 kWh/Bd*d liegen sie innerhalb der Spannweite der von der Energieagentur Nordrhein-Westfalen (1993a) erhobenen Kennwerte, die zwischen 10,1 und 34,3 kWh/Bd*d schwanken, sowie in der Nähe des Mittelwerts einer Untersuchung in Stuttgarter Krankenhäusern, der bei 16,1 kWh/Bd*d lag (ERIK III).

Tabelle 44. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in den Krankenhäusern und im Gesundheitswesen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	3,0	3,5	0,0	0,6	-0,8	-26,3
Warmwasser	2,5	2,9	0,0	1,6	-0,4	-14,0
Prozeßwärme	1,9	2,2	0,0	1,6	-0,2	-10,0
Motoren / Kraft	16,3	19,0	2,5	15,4	-5,3	-28,0
Beleuchtung	23,5	27,5	1,2	4,9	-7,9	-32,2
Kühlung / Klima	8,6	10,0	1,6	18,4	-3,8	-37,1
Lüftung	17,1	20,0	1,4	8,0	-6,5	-35,0
Bürogeräte / EDV	2,6	3,0	0,7	26,6	-1,6	-50,0
Kochen	6,0	7,0	0,0	-0,4	-1,7	-28,6
Sonstige Verw.	4,3	5,0	0,1	1,6	-0,4	-10,0
Summe/Durchs.	85,7	100	7,4	8,7	-28,5	-30,7

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Die Tabelle 44. zeigt die Aufteilung des Stromverbrauchs in den Krankenhäusern auf unterschiedliche Verwendungszwecke. Den größten Anteil am Strombedarf hat auch in den Krankenhäusern die Beleuchtung mit 27,5 % bzw. 23,5 GWh/a. Danach folgen die Lüftung sowie die Kraftanwendungen mit je etwa einem Fünftel des Strombedarfs sowie die Kühlung und Klimatisierung für die etwa 10 % des Stroms eingesetzt werden. Das Kochen mit Elektrizität benötigt etwa 7 % und die sonstigen Verwendungszwecke, wie z. B. die Verluste der Notstromversorgung, der Betrieb medizinischer Geräte (z. B. Computertomograph) und der Verbrauch privater Kleingeräte der Patienten summieren sich zu etwa 5 % des Stromeinsatzes der Krankenhäuser.

Der Stromverbrauchstrend in den Krankenhäusern weist nur noch eine leichte Zunahme um knapp 9 % bis 2005 auf, da aufgrund des hohen Versorgungsgrades und der Kostenprobleme im Gesundheitssektor nicht mit einem Wachstum der Bettenzahlen und der Flächen oder gar der Errichtung neuer Krankenhäuser gerechnet wird. Die Zunahmen liegen demzufolge vor allem dort, wo sich Anwendungsarten für Strom noch weiter im Krankenhausbestand ausbreiten werden. Dies ist bei der Klimatisierung und der Lüftung der Fall, die jeweils um ca. 1,5 GWh/a zunehmen werden. Infolgedessen wird der Kraftbedarf ebenfalls um 15 % bzw. 2,5 GWh/a ansteigen. Ebenfalls hohe

Wachstumsraten sind mit fast 27 % auch in Zukunft bei der EDV zu erwarten. Absolut ist ihre Bedeutung mit 0,7 GWh/a aber weniger hoch.

Wie in den anderen Branchen ergeben sich auch im Bereich der Krankenhäuser erhebliche Stromeinsparpotentiale. Eine Untersuchung in Baden-Württemberg ermittelte ein Stromsparpotential von 14 % für ein beispielhaftes Krankenhaus, wobei der größte Teil der Einsparungen (12 %) im Bereich der Beleuchtung ermittelt wurde, deren Strombedarf durch

- den Einbau von Leuchten mit verlustarmen Vorschaltgeräten,
- verbesserte Wirkungsgrade der Leuchten bei einer günstigen Lichtverteilungskurve und arbeitsplatzorientiertem Einsatz,
- Lampen mit größerer Lichtausbeute, und
- Stufenschaltungen insbesondere in den Verkehrswegen und Labors mit tageslicht- und zeitabhängiger Steuerung

um etwa 60 % reduziert werden kann (ERIK III). Da mit der Sanierung der Beleuchtung aber i. d. R. größere Bauarbeiten an den Decken verbunden sind, ist die Verbesserung der Beleuchtung am günstigsten bei ohnehin fälligen Deckensanierungen oder notwendigen Sanierungen der Beleuchtung durchzuführen. Ähnlich hohe Werte wurden mit vergleichbaren Maßnahmen bereits konkret im Rahmen des Stromspar-Großprojekts Itzehoe realisiert (Euler, 1994).

Dort wurde das größte Einsparpotential allerdings im Lüftungsbereich erzielt, auf den in Itzehoe 30 % des Strombedarfs entfallen. Hier waren Einsparungen von 65 % durch die Verwendung "effizienter und angepaßter Elektromotoren, effizienterer Ventilatoren, Beseitigung von Widerständen im Kanal, bedarfsabhängige Schaltung und Regelung und zum Teil auch Einsatz von anderen Lüftungskonzeptionen mit kürzeren und deshalb widerstandsärmeren Lufttransportwegen" (Euler, 1994) möglich.

Weitere Einsparungen im Bereich der

- Pumpen um mehr als 50 % durch
 - neue, effizientere Motoren,
 - elektronische Drehzahlregelungen,
 - sorgfältige Anpassung der Leistung und der Regelung an die hydraulischen Gegebenheiten
- Kühlung durch
 - Reduktion der Zahl der Kühlräume und Gefriergeräte,
 - Einsatz modernster Geräte
 - Errichtung von Kältespeichern (nur Lastversteigerung)
- Küchen um ca. 70 % durch
 - Induktionsherde,
 - extrem isolierte geschlossene Druckgargeräte,

- sehr gut isolierte Warmhaltegeräte,
- energetisch verbesserte Geschirrspülgeräte und
- die indirekte Reduzierung des Küchenlüftungsstromes

sind ebenfalls möglich (Euler, 1994).

Weitere Einsparpotentiale bestehen bei der Klimatisierung, durch verbesserte Abschattungssysteme (Miloni, 1992) und durch den Einsatz von Absorptionskälteanlagen an Stelle der vorhandenen Kompressionskältemaschinen. Hinzu kommen Einsparmöglichkeiten bei den Aufzugsanlagen (Bongard, 1992) und bei der Auslegung und Ausführung der Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (Notstromaggregate) (Becker, 1992).

Vergleichsweise gute Voraussetzungen bestehen in den Krankenhäusern für die Substitution von Strom durch andere Energieträger und für die Eigenerzeugung des Stroms in BHKW.

Die Substitutionsmöglichkeiten liegen in erster Linie im Bereich der Kälteerzeugung, die zur Zeit größtenteils über elektrisch betriebene Kompressionskälteaggregate erfolgt. Aufgrund der meist großen Kältenachfrage für die Kühlung und die Klimatisierung ist es sinnvoll, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen zu installieren, die die Abwärme eines BHKW für die Kälteerzeugung in Absorptionskälteanlagen nutzen. Hierdurch kann der Strombedarf für die Kälteerzeugung fast völlig vermieden werden. Die CO₂-Emissionen lassen sich gleichzeitig um etwa 90 % von rd. 210 kg CO₂ pro kWh-Kälte auf unter 25 kg CO₂ pro kWh_{Kälte} reduzieren (s.u.). Wirtschaftlich interessant wird eine Umstellung der Kälteerzeugung, wenn

- ohnehin eine Sanierung der bestehenden Kühlanlagen aufgrund des FCKW-Verbots notwendig wird,
- eine aufgrund der Klimatisierung bestehende Sommerspitze beim Strombezug vermieden wird und
- wenn das BHKW im Winter zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden kann und so hohe Vollbenutzungsstunden erzielt werden.

Weitere Substitutionsmöglichkeiten liegen im Bereich der Krankenhausküchen und -wäschereien. Allein zum Kochen wurden 1991 schätzungsweise etwa 6 GWh elektrischer Strom eingesetzt. Ein Großteil hiervon kann durch gasbefeuerte moderne Geräte ersetzt werden, die sich sowohl durch geringere Emissionen als auch erheblich geringere Kosten auszeichnen. Da die Hauptnutzungszeit der Küchen in der mittäglichen Spitzenlastzeit liegt, ist eine zusätzliche Reduktion der Leistungskosten wahrscheinlich. Der Strombedarf von Wasch- und Spülmaschinen kann über die genannten Spartechiken durch einen Warmwasseranschluß weiter gesenkt werden. Wäschetrockner können anstelle von Strom auch mit Gas beheizt werden.

Für die Eigenerzeugung eines Teils der elektrischen Energie der Krankenhäuser in Blockheizkraftwerken auf Gas- oder Ölbasis sprechen,

- der ganzjährig relativ hohe Raumwärme- und Warmwasserbedarf,
- die Möglichkeit einer Kopplung mit der Kälteerzeugung und

- die Kombinationsmöglichkeit mit den vorgeschriebenen Notstromanlagen.

Infolge dieser Möglichkeiten ergeben sich in Krankenhäusern besonders günstige und wirtschaftliche Einsatzmöglichkeiten für BHKW, denn es können hohe Anteile der BHKW an der Wärmeerzeugung bei gleichzeitig hoher Vollbenutzungsstundenzahl erreicht werden. Durch die gekoppelte Stromerzeugung werden Kosten und Emissionen des Strombezugs vermieden. Zusätzlich ist die BHKW-Anlage mit der Notstromanlage koppelbar. Vorhandene Anlagen der Notstromversorgung können teilweise mitbenutzt werden und senken so die BHKW-Kosten. Im Gegenzug gewährleistet das BHKW die unterbrechungsfreie Stromversorgung und ersetzt teure und verlustreiche Notstromaggregate, die i. d. R. nur wenige Stunden pro Jahr zum Einsatz kommen. Die eigene Stromerzeugungskapazität kann darüberhinaus zum Lastmanagement genutzt werden. Durch das Abfahren von Bezugsspitzen können durch BHKW oder Notstromaggregat z. T. erhebliche Einsparungen bei den Leistungspreisen erzielt werden (Energieagentur NRW, 1993b). Alternativ ist eine Fernsteuerung der Anlage mit Rundsteuergeräten o. ä. durch die Stadtwerke nach deren Bedarf möglich, um die Netzbezüge von der VEW zu optimieren. Eine Finanzierung von BHKWs, die mittelfristig die Kosten senken, ist den Krankenhausträgern nach dem Krankenhausfinanzierungsgesetz über die Pflegesätze möglich.

Für die Krankenhäuser, die in Münster mit etwa 8 % des gesamten Strombedarfs bedeutende Stromverbraucher sind, zeigen sich erhebliche Chancen zur Reduktion der Emissionen und der Kosten durch den Stromeinsatz- und bezug. Die Verbesserung der Belüftungs- und der Beleuchtungsanlagen, die Umstellung von Kompressions- auf Absorptionskälteanlagen und die Substitution von Strom in Küchen und Wäschereien durch gasbefeuerte Herde und Trockner sowie Warmwasseranschlüsse bieten die größten Potentiale. Hinzu kommen vergleichsweise günstige Voraussetzungen für den Betrieb von BHKW als Ersatz der bestehenden Notstromaggregate und für die Wärme- und Kälteerzeugung, die die Emissionen und die Stromkosten deutlich senken.

Insgesamt kann der im Trend noch weiter steigende Strombedarf der Krankenhäuser durch die vorhandenen Sparmöglichkeiten erheblich reduziert werden, in Einzelfällen sind Rückgänge um über 50 % denkbar. Im Durchschnitt werden Sparpotentiale von etwa 30 % gegenüber dem Trend abgeschätzt, die bis 2005 zu einer Reduktion des Stromverbrauchs in den Krankenhäusern und im Gesundheitswesen von 85 auf etwa 65 GWh/a führen.

5.2.13 Kirchliche Einrichtungen

Mit 8,2 GWh benötigten 355 kirchliche Einrichtungen 1991 etwa 1,6 % des Stromverbrauchs der Kleinverbraucher. Etwa ein Drittel davon entfiel auf 16 Sondervertragskunden, der Rest auf Tarifkunden. Die Bandbreite der kirchlichen Einrichtungen reicht von Kirchen, über verschiedene in Münster ansässige kirchliche Verwaltungen bis hin zu Versammlungsräumlichkeiten (Pfarrheime). Heime, Schulen, Krankenhäuser und andere Einrichtungen in kirchlicher Trägerschaft sind dagegen den entsprechenden Gruppen zugeordnet. Pfarrhäuser und andere Wohnungen von Kirchenangestellten werden dagegen zum Haushaltstarif abgerechnet.

Die Ähnlichkeit der kirchlichen Einrichtungen mit den Verwaltungen und Bürobetrieben zeigt sich auch in der Aufteilung des Strombedarfs auf Verwendungszwecke sowie

in den Entwicklungstrends des Stromverbrauchs und bei den abgeschätzten Sparpotentialen.

Im Trend ist auch im Bereich der Kirchen noch mit einem Anstieg des Stromeinsatzes zu rechnen, wobei die Zunahmen vor allem in den Bereichen Beleuchtung, Lüftung und EDV zu finden sind. Insgesamt wird der Stromeinsatz im Bereich kirchlicher Einrichtungen bis zum Jahr 2005 von 8,2 auf etwa 10 GWh zunehmen.

Durch eine gezielte Einsparpolitik ist der Strombedarf gegenüber dem Trend um etwa ein Drittel verringert. Im Ergebnis ist durch eine Klimaschutzpolitik im Bereich der Kirchen ein Rückgang der Stromeinsätze bis 2005 auf etwa 6,9 GWh/a möglich.

5.2.14 Verkehr und Nachrichtenübermittlung

Mit 4.500 Beschäftigten waren 1991 etwa 4 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten Münsters im Verkehrs- und Nachrichtengewerbe tätig. In den letzten Jahren ist diese Zahl leicht gesunken. Diese rückläufige Tendenz ist auf den in Münster hohen Anteil des öffentlichen Dienstes an den Arbeitsplätzen im Transportgewerbe zurückzuführen. Das Verkehrs- und Nachrichtengewerbe benötigte 1991 in Münster ca. 19,4 GWh elektrische Energie. Das waren knapp 4 % des Strombedarfs der Kleinverbraucher. Hierin sind der Fahrstrom der Bundesbahn sowie einige kleinere Einrichtungen noch nicht enthalten. Wie Tabelle 45 zeigt, entfiel 1991 allein auf 15 Einrichtungen Bundespost mit etwa 10 GWh/a mehr als 50 % des Stromverbrauchs im Verkehrsgewerbe. Danach folgt die Bundesbahn mit 27 %. Auch die Binnenschiffahrtseinrichtungen (Schleuse, Hafen), die etwa 15 % des Strombedarfs auf sich vereinen, sind dem öffentlichen Sektor zuzuordnen. Mit weniger als 1 GWh/a bzw. weniger als 5 % des Strombedarfs im Verkehrsgewerbe fallen die 7 großen Speditionen kaum ins Gewicht.

Bei der Aufteilung des Strombedarfs im Verkehrsgewerbe und vor allem bei der Ermittlung der Entwicklungstrends muß diese im Vergleich zu Bundesdurchschnitt andere Struktur berücksichtigt werden.

Tabelle 45. Strombedarf im Verkehrs- und Nachrichtenübermittlungsgewerbe nach Verkehrsbereichen 1991

Bereich	Anzahl	Strombedarf	
		in GWh	in %
Post	15	10,192	52,5
Bahn	1	5,281	27,2
Binnenschiffahrt	2	3,044	15,7
Speditionen	7	0,887	4,6
Summe	25	19,403	100,0

Quelle: Stadtwerke Münster

Die Verbrauchsstruktur des Verkehrsgewerbes entspricht im wesentlichen der der Verwaltungs- und Bürobetriebe, da es sich überwiegend um Verwaltungen von Bahn und Post handelt, zu denen noch einige spezielle Einrichtungen hinzukommen. Tabelle 46 zeigt die Aufteilung des Strombedarfs auf Verwendungszwecke. An erster Stelle steht die Beleuchtung, für die etwa 30 % der elektrischen Energie eingesetzt werden. Danach kommt die Lüftung der Büroräume mit ca. 25 % des Strombedarfs. Mit je 10 % sind die EDV und Büroelektronik in den Verwaltungen sowie der Motorenantrieb

für Fördereinrichtungen, z. B. im Lager- und Umschlagsbereich, die nächst wichtigen Verwendungsarten für Strom.

Die zukünftige Entwicklung im Verkehrsgewerbe Münsters ist noch relativ unklar, da bei den beiden wichtigsten Unternehmen, Post und Bahn, umfangreiche Umstrukturierungen im Gang sind, deren Auswirkungen auf den Strombedarf noch nicht absehbar sind. Insgesamt gehen gesamtwirtschaftliche Prognosen aber davon aus, daß das Verkehrsgewerbe und hierbei insbesondere die elektronische Kommunikation in Zukunft deutlich stärker als die übrige Wirtschaft wachsen werden. Hierfür sind sowohl die steigenden Verkehrsströme in Zusammenhang mit der deutschen Einheit, der Vollenkung des europäischen Binnenmarkts und der Öffnung der Volkswirtschaften im Osten als auch ein Trend zu verstärkter Arbeitsteiligkeit und elektronischer Vernetzung verantwortlich. Unter der Prämisse, daß der Standort Münster ein wichtiger Verwaltungsschwerpunkt innerhalb der aus Bahn und Post neugegründeten Staatsunternehmen beleiben wird, werden die für Westdeutschland aufgestellten Wachstumsprognosen für den Verkehrssektor (Masuhr et al., 1990; Eckerle et al., 1991) auf Münster übertragen. Dieses Wirtschaftswachstum ist in Verbindung mit einer Steigerung der spezifischen Fläche pro Beschäftigtem sowie deutlichen Mehrverbrauchstrends im Bereich der Lüftung und Klimatisierung und der EDV für den deutlichen Anstieg der Stromverbräuche im Verkehrsgewerbe um etwa 27 % pro Jahr bis 2005. Hierdurch steigt der Strombedarf des Verkehrs- und Nachrichtenübermittlungsgewerbes von 19,5 GWh im Jahr 1991 auf fast 25 GWh im Jahr 2005 an.

Tabelle 46. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Verkehrsgewerbe und der Nachrichtenübermittlung zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	1,368	7,0	0,241	17,6	-0,423	-26,3
Warmwasser	0,782	4,0	0,147	18,8	-0,130	-14,0
Prozeßwärme	0,391	2,0	0,074	18,8	-0,046	-10,0
Motoren / Kraft	1,954	10,0	0,681	34,9	-0,738	-28,0
Beleuchtung	5,862	30,0	1,326	22,6	-2,315	-32,2
Kühlung / Klima	0,977	5,0	0,375	38,4	-0,502	-37,1
Lüftung	4,885	25,0	1,285	26,3	-2,160	-35,0
Bürogeräte / EDV	1,954	10,0	0,939	48,1	-1,446	-50,0
Kochen	0,391	2,0	0,064	16,4	-0,130	-28,6
Sonstige Verw.	0,977	5,0	0,184	18,8	-0,116	-10,0
Summe/Durchs.	19,540	100	5,317	27,2	-8,006	-32,2

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Die Tabelle 46. zeigt, daß der Verbrauchszuwachs mit etwa 1,3 GWh/a zu etwa gleichen Teilen im Bereich der Beleuchtung und bei der Lüftung entsteht. Mit knapp 1 GWh/a ist die EDV der nächst größere Wachstumsbereich.

In diesen Anwendungsbereichen liegen aber auch die größten Potentiale für eine Stromeinsparstrategie. Bei der Beleuchtung kann wie in den anderen Bürobetrieben mindestens ein Drittel des Stromverbrauchs (2,3 GWh im Jahr 2005) gegenüber dem

Trend reduziert werden. Mit fast 2,2 GWh ist das Einsparpotential bei der Lüftung in etwa ebenso groß. Auch hier steht die EDV, bei der mindestens 50 % des Verbrauchs zu durchschnittlich unerheblichen Kosten eingespart werden kann, mit 14, GWh Einsparpotential an dritter Stelle.

Insgesamt sind Einsparungen von etwa 32 % des Strombedarfs im Trend durch eine gezielte Einsparpolitik denkbar. Hierdurch können die erheblichen Mehrverbrauchstrends abgefangen werden. Allerdings wird der Strombedarf des Verkehrs- und Nachrichtenengewerbes nur leicht zurückgehen, und zwar von 19,5 auf ca. 17 GWh/a im Jahr 2005.

5.2.15

Schulen

Die Daten zu den Schulen in Münster beruhen auf Angaben der Stadtverwaltung zu den 79 Schulen, die von der Stadt bewirtschaftet werden (Stadt Münster, 1993d). Die Schulen in privater Trägerschaft (z.B. Friedenschule, Waldorfschule) fallen quantitativ kaum ins Gewicht und sind aufgrund der Datenlage nicht berücksichtigt worden.

Insgesamt benötigten die 79 Schulen 1991 rd. 6,1 GWh elektrischen Strom. Das waren etwa 42 % des in städtischen Einrichtungen eingesetzten Stroms und etwa 1,2 % des Strombedarfs aller Kleinverbraucher in Münster.

Tabelle 47. Stromverbrauch der einzelnen Schulformen in Münster, 1991

Schulform	Anzahl	Fläche 1000 m ²	Stromeinsatz	
			GWh	kWh/m ²
Grundschulen	39	105	1,4	13,5
Hauptschulen	6	22	0,6	15,4
Realschulen	6	28	0,3	10,1
Gymnasien	12	106	2,4	22,3
Berufsb. Schulen	16	72	1,4	19,9
Gesamt	79	333	6,1	17,3

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Stadt Münster (1993d)

Die Tabelle 47. zeigt, wie sich der Stromverbrauch auf die einzelnen Schulformen verteilt und die spezifischen Verbräuche der Schulen bezogen auf die Grundfläche. Im Durchschnitt benötigen die Schulen in Münster etwas mehr als 17 kWh elektrische Energie pro m² und Jahr. Zwischen den einzelnen Schulformen sind dabei erhebliche Unterschiede festzustellen. Die geringsten Verbräuche haben mit 10 kWh/m² die Realschulen, gefolgt von Grund- und Hauptschulen mit 13,5 bzw. 15,4 kWh/m². Gymnasien und berufsbildende Schulen liegen dagegen mit 20 bis 22 kWh/m² erheblich über dem Durchschnitt.

Die Unterschiede in den Verbräuchen der einzelnen Schulen lassen sich zum Teil bereits durch den Schultyp erklären. So haben Gymnasien im allgemeinen bereits durch die höhere Zahl von Fachräumen und Geräten einen höheren Stromverbrauch. Ein weiterer Einflußfaktor auf den Strombedarf ist die Nutzungsdauer der Räume. Die abendliche Nutzung durch Volkshochschule und Universität sowie durch Sportvereine kann in einzelnen Gebäuden für höhere Stromeinsätze verantwortlich sein. Ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für Stromverbräuche ist das Vorhandensein raumlufttechnischer Anlagen. Diese sind besonders in größeren Schulzentren vorhanden und

steigern den Verbrauch oft ganz erheblich. Indiz für diesen Einflußfaktor ist die Verteilung der einzelnen Schulen auf Verbrauchsgruppen, die in Tabelle 48. dargestellt ist. Hier fällt die Gruppe der Schulen mit Verbräuchen zwischen 15 und 20 kWh/m² auf, die besonders bei Gymnasien und berufsbildenden Schulen nur schwach besetzt ist, während in der Gruppe < 20 noch einige Schulen zu finden sind. In der Verbrauchsspitzengruppe sollten also überwiegend Schulen mit Lüftungs- und Klimaanlage zu finden sein.

Tabelle 48. Stromkennzahlen der einzelnen Schulformen in Münster 1991

Schulform in kWh/m ²	Zahl d. Schulen mit einem spez. Stromeins.				Summe
	< 10	10 - 15	15 - 20	> 20	
Grundschulen	7	20	8	4	39
Hauptschulen	1	2	2	1	6
Realschulen	3	2	1	0	6
Gymnasien	0	6	1	5	12
Berufsb. Schulen	4	6	2	4	16
Gesamt	15	36	14	17	79

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Stadt Münster (1993d)

Der Vergleich der spezifischen Stromverbräuche (Stromkennzahlen) der Städte Georgsmarienhütte, Pforzheim und Heidelberg sowie der Durchschnittsergebnisse zweier im Bundesgebiet bzw. in Nordrhein-Westfalen durchgeführter Auswertungen zeigt, daß der durchschnittliche Stromverbrauch in Münsters Schulen als überdurchschnittlich zu bezeichnen ist und nur noch von Heidelberg übertroffen wird (Tab. 49.). Aber selbst in Georgsmarienhütte, das mit 10 kWh/m²*a die niedrigsten Stromkennziffern hat, werden noch deutliche Sparpotentiale gesehen. Dort wird angestrebt, die durchschnittliche Stromkennzahl aller Schulen um 30 % bis auf 7,3 kWh/m²*a zu senken (Heuermann-Ziemert, Ludwig, 1991).

Auch wenn der höhere Stromeinsatz der Schulen in Münster z. T. durch die Mitnutzung durch die Universität sowie durch den größeren Anteil der Gymnasien und weiterbildenden Schulen bedingt ist, zeigen die Vergleiche - sowohl der Schulen Münsters untereinander als auch der Durchschnittswerte verschiedenen Städten - daß in Münster noch erhebliche Stromeinsparungen möglich sind.

Tabelle 49. Stromkennzahlen von Schulen im Städtevergleich

	Stromkennzahl kWh/m ² *a
Georgsmarienhütte	10
Auswertung NRW	11
Auswertung BRD	13
Pforzheim	14
Münster	17
Heidelberg	26

Quellen: ifeu (1992), Stadt Münster (1993d), Heuermann-Ziemert, Ludwig (1991)

Tabelle 50. zeigt für alle Verwendungszwecke, welche Zuwächse beim Stromeinsatz in den Schulen bis 2005 zu erwarten sind und welche Einsparpotentiale gegenüber der Trendentwicklung durch eine gezielte Klimaschutzpolitik bestehen.

Der Stromeinsatz in den Schulen wird im wesentlichen durch die Beleuchtung der Klassen und der sonstigen Räume einschließlich der Gänge u. ä. bestimmt, für die fast die Hälfte des Stroms eingesetzt wird. Der nächstgrößere Stromverbraucher ist die mechanische Be- und Entlüftung von Räumen, deren Strombedarf schätzungsweise 20 % des Strombedarfs aller Schulen ausmacht. Sie ist allerdings auf die größeren Schulen und die Schulzentren konzentriert, die über raumluftechnische Anlagen verfügen. Bei diesen Schulen liegt ihr Anteil am Gesamtverbrauch dementsprechend erheblich höher. Als letzter größerer Stromverbraucher, neben der dezentralen Heizung und Warmwasserbereitung sind die Motoren zum Betrieb der Heizungspumpen und der Ventilatoren zu nennen, auf die immerhin etwa 7,5 % des gesamten Stromeinsatzes entfällt. Verbrauchszuwächse ergeben sich bis 2005 vor allem im Beleuchtungsbereich, der mit ca. 175 MWh/a noch um knapp 6 % etwas zunimmt, im Lüftungsbereich mit 110 MWh/a und im Bereich der Bürogeräte und EDV, der mit 85 MWh/a bis 2005 um fast 30 % ansteigt. Insgesamt ist im Trend mit einem weiteren Anstieg des Stromverbrauchs in den Schulen um 8 % bzw. etwa eine halbe GWh/a bis 2005 zu rechnen.

Tabelle 50. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in Schulen zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,458	7,5	0,007	1,5	-0,122	-26,3
Warmwasser	0,214	3,5	0,005	2,6	-0,031	-14,0
Prozeßwärme	0,061	1,0	0,002	2,6	-0,006	-10,0
Motoren / Kraft	0,458	7,5	0,075	16,4	-0,149	-28,0
Beleuchtung	2,991	49,0	0,175	5,8	-1,020	-32,2
Kühlung / Klima	0,153	2,5	0,030	19,5	-0,068	-37,1
Lüftung	1,221	20,0	0,110	9,0	-0,466	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,305	5,0	0,085	27,8	-0,195	-50,0
Kochen	0,092	1,5	0,000	0,5	-0,026	-28,6
Sonstige Verw.	0,153	2,5	0,004	2,6	-0,016	-10,0
Summe/Durchs.	6,105	100	0,493	8,1	-2,099	-31,8

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005.

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Die letzten beiden Spalten in Tabelle 50. zeigen die möglichen Stromeinsparpotentiale im Bereich der Schulen auf, die sich insgesamt auf etwa 32 % belaufen. Etwa die Hälfte der Stromeinsparungen (ca. 1 GWh/a) lassen sich im Bereich der Beleuchtung erzielen. Durch effizientere Beleuchtungstechnik und geschickte Nutzung des Tageslichts sind Einsparungen von etwa einem Drittel möglich. Im Bereich der Lüftungsanlagen sind mit 466 MWh/a ebenfalls große Einsparmöglichkeiten gegeben, die sich zum Teil durch die Verringerung der Wärmelasten durch Stromsparmaßnahmen ergeben und zum Teil durch bessere Steuerung und Regelung sowie Dimensionierung und Verzicht auf überflüssige Leistung erreichbar sind. Darüber hinaus bieten die energie-

bewußte Beschaffung von EDV-Anlagen und PCs sowie der Verzicht auf elektrische Direktheizgeräte weitere Einsparchancen.

Die Investitionskosten für diese Maßnahmen lassen sich an dieser Stelle nur grob anhand von Schätzwerten (Hennicke et al., 1993), die für alle Sektoren des Kleinverbrauchs gelten überschlagen. Analog zur Energieeinsparung macht die Sanierung der Beleuchtung mit Zusatzkosten von 700 000 DM zu ohnehin notwendigen Erneuerungsmaßnahmen mit normaler Referenztechnik sowie für vorgezogene Erneuerungen den größten Posten aus. Die energetische Verbesserung der Lüftungsanlagen verursacht Zusatzinvestitionen von ca. 200 000 DM und für die Erneuerung und Optimierung von Heizungspumpen sowie geregelte Ventilatoren sind mindestens 70 000 DM aufzuwenden.

Über die Stromeinsparung hinaus besteht im Bereich der größeren Schulen die - häufig auch ökonomisch interessante - Möglichkeit, einen Teil der benötigten Elektrizität durch ein BHKW selbst zu erzeugen. Hierdurch können die Kosten für den Strombezug gesenkt und Emissionen vermindert werden. Alternativ kann die Beheizung und der Betrieb des BHKW auch durch die Stadtwerke übernommen werden, wie dies im Schulzentrum Hilstrup der Fall ist. Hierbei besteht der Vorteil, daß die notwendigen Maßnahmen nicht aus dem kommunalen Investitionshaushalt finanziert werden müssen, sondern von den Stadtwerken auf den Wäremebezugspreis aufgeschlagen werden. Ähnliche Konstellationen (Contracting) sind für die Sanierung der elektrischen Anlagen - hierbei insbesondere für den Einbau effizientester Beleuchtungstechnik und Raumlufttechnik - denkbar, um die notwendigen Investitionen durch die Stadt zu umgehen. Als Contractor kommen hierbei neben den Stadtwerken auch Energieagenturen, Hersteller und andere private Contracting-Unternehmen in Frage.

Neben den investiven Maßnahmen sind aber eine ganze Reihe von organisatorischen Möglichkeiten gegeben, um den Stromverbrauch in den Schulen, der immerhin höhere Kosten als die Beheizung verursacht (Stadt Münster, 1991a) zu senken. Gleichzeitig sind die Schulen der herausragende Ort um das Bewußtsein für die Bedeutung des Energie- und Stromverbrauchs zu verdeutlichen und bewußt zu machen. Hierzu eine Liste von Vorschlägen, die sich noch erweitern läßt:

- Formulierung eines Energiesparziels (Stromkennwert) für einzelne oder Gruppen von Schulen, nach dem Vorbild der Stadt Georgsmarienhütte (Heuermann-Ziemert, Ludwig, 1991);
- Weitere Verbesserung der bestehenden Energieüberwachung;
- Schulung von Hausmeistern und ggf. Schulleitern, um das Bewußtsein für die Kosten- und Umweltrelevanz und die Einsparmöglichkeiten zu heben;
- Verstärkte Kontrolle des bestehenden Verbots von elektrischen Zusatzheizgeräten;
- Rückmeldung und Bekanntmachung der Verbräuche in den Schulen, möglichst monatlich und im Vergleich mit anderen Schulen in Münster;
- Bereitstellung von Materialien für Sach-, Technik-, Geographie- oder Physikunterricht;

- Initiierung eines Stromsparwettbewerbs Münsteraner Schulen nach dem Vorbild der "Nordlicht" Aktionen (Prose, 1992) in Zusammenarbeit mit den Umweltpädagogen;
- Budgetierung, mit der Möglichkeit, Kosteneinsparungen durch Sparsamkeit z. T. für andere Zwecke einzusetzen;
- Explizite Berücksichtigung des Stromverbrauchs bei der Gerätebeschaffung und bei Sanierungs- oder Neubaumaßnahmen.

Durch organisatorische Maßnahmen und wirtschaftliche Investitionsmaßnahmen läßt sich der Stromverbrauch in den Schulen Münsters entgegen dem Trend um über 30 % verringern. Dies zeigen sowohl der Vergleich der Schulen untereinander sowie der Vergleich der Stadt Münster mit andern Städten als auch die Analyse der technisch-organisatorischen Sparpotentiale auf der Basis der Verwendungsarten für Strom. Zusätzlich ist in vielen Schulen die Möglichkeit zur gekoppelten Strom- und Wärmezeugung gegeben, wodurch die Emissionen weiter reduziert werden können. Die Realisierung dieser wirtschaftlich und ökologisch effizienten Sparpotentiale ist aber mit personellem und finanziellem Aufwand verbunden. Obwohl sich dieser Aufwand auch finanziell auszahlt, wie die Berechnungen und Beispiele aus anderen Kommunen zeigen kann es Probleme geben, die Investitionen aus dem Haushalt zu finanzieren. In diesem Fall bietet sich die Möglichkeit, die Stadtwerke oder andere als Investoren zu gewinnen, die die Kosten über die erzielten Einsparungen refinanzieren.

5.2.16

Schwimmbäder

Wie bei den Schulen werden auch hier aus Datengründen nur die städtischen Schwimmbäder erfaßt. Für die privat betriebenen Bäder (1 Hallen und zwei öffentliche Freibäder) stehen keine Daten zur Verfügung. Die Tabelle 51. zeigt, daß die 9 städtischen Hallen- und die 4 städtischen Freibäder mit 3,3 GWh/a etwas mehr als halb so viel Strom benötigen wie die Schulen. Mit ca. 20 % am städtischen Stromverbrauch ohne Straßenbeleuchtung und Heizstrom sind sie die zweitgrößte Verbrauchergruppe im Bereich der kommunalen Liegenschaften.

Mit über 3 GWh/a benötigen die Hallenbäder etwa 90 % des Stroms. Die Freibäder, die nur im Sommer geöffnet sind, benötigen dagegen erheblich weniger Strom. Ihr Hauptverbraucher sind die Umwälzpumpen für das Beckenwasser. Der Strombedarf liegt bei einem Mittelwert von 62 kWh im Jahr pro m² der Beckenfläche. Hierbei fällt der hohe Strombedarf für das Wellenfreibad in Handorf auf, das mit 104 kWh erheblich über dem Durchschnitt liegt.

Die überwiegenden Einsatzzwecke des Stroms in den Hallenbädern zeigt Tabelle 52. An erster Stelle stehen die raumlufttechnischen Anlagen, die etwa 30 % des in den Schwimmbädern eingesetzten Stroms benötigen. Danach kommen die Motoren für Lüfter und Umwälzpumpen für Heizungs- und Beckenwasser mit einem Anteil von etwa einem Viertel sowie die Warmwasserbereitung und -aufbereitung, die ca. 20 % des Stromverbrauchs verursacht. Die Beleuchtung fällt demgegenüber mit rd. 10 % nicht so stark ins Gewicht, und die anderen Verwendungsarten sind eher unbedeutend.

Tabelle 51. Stromverbrauch der städtischen Bäder 1990 bezogen auf die Wasserfläche und die Besucherzahl

Hallenbäder	MWh pro Jahr	Besucher in tsd.	Beckenfl. in m ²	kWh pro Besucher	kWh pro m ²
Handorf	194	71	320	2,75	607
Hiltrup	485	109	437	4,47	1.110
Wolbeck	132	57	250	2,31	528
Roxel	133	71	250	1,87	533
Kinderhaus	576	135	455	4,28	1.266
Amelsbüren	442	37	173	11,99	2.554
Ost	539	160	525	3,37	1.026
Süd	287	109	412	2,64	697
Mitte	223	138	383	1,62	581
Summe HB	3.011	885	3.205	3,40	939
Freibäder					
Handorf	119	58	1.143	2,04	104
Hiltrup	119	149	2.690	0,80	44
Stapelskotten	109	99	1.853	1,11	59
Nienberge	37	29	541	1,24	68
Summe FB	383	335	6.227	1,14	62
Summe Bäder	3.394	1.220	9.432	2,78	360

Quelle: Stadt Münster (1991a)

Bezogen auf die Beckenfläche weisen die Hallenbäder erhebliche Unterschiede im Stromverbrauch auf. Während der Durchschnitt bei knapp 1000 kWh pro m² Beckenfläche und Jahr liegt, weisen die Bäder Handorf, Wolbeck, Roxel, Mitte und Süd einen typischen Verbrauch im Bereich von etwa 600 kWh auf. Die Bäder Hiltrup, Ost und Kinderhaus liegen dagegen mit etwa 1100 kWh fast doppelt so hoch, während das recht kleine Schwimmbad Amelsbüren mit 2500 kWh noch einmal mehr als doppelt so viel Strom benötigt. Diese Unterschiede sind zum Teil auf Besonderheiten der einzelnen Bäder zurückzuführen, aufgrund der vorhandenen Daten lassen sie sich aber nur beschränkt erklären. Es erscheint jedoch plausibel, daß bei einer genaueren Untersuchung und bei anstehenden Sanierungen erhebliche Sparpotentiale gegeben sind.

Genauere Hinweise auf den zu erwartenden Entwicklungstrend beim Stromverbrauch der Schwimmbäder und auf die Schwerpunkte potentieller Einsparmaßnahmen gibt die Tabelle 52. Da im Bereich der Schwimmbäder keine Neubaumaßnahmen oder größere bauliche Veränderungen absehbar sind, wird der Stromverbrauch nur geringfügig auf 6,5 GWh/a zunehmen. Ein geringfügiger Anstieg ist lediglich bei den Kraftanwendungen sowie der Lüftung und Klimatisierung zu erwarten. Diese Abschätzung berücksichtigt allerdings keine Änderung in der Bäderkonzeption, die z. Zt. in der Überlegung ist.

Die wesentlichen Stromsparpotentiale im Schwimmbadbereich liegen neben der Beseitigung offensichtlicher Schwachstellen in Bädern mit überhöhtem Verbrauch bei der Verbesserung der mechanischen Lüftungsanlagen, im Bereich der Umwälzpumpen und bei der Beleuchtung. Allein bei den Lüftungsanlagen läßt sich durch verbesserte Dimensionierung und Luftführung, bedarfsgesteuerte Regelung und effizientere Motoren mehr als 11 % des Stromeinsatzes der Bäder vermeiden. Bei den Umwälzpumpen sind ebenfalls mit Netzoptimierungen, verbesserter Regelung und reduzierten Fördermen-

gen Einsparungen in der Größenordnung von 270 MWh/a möglich. Durch die Verwendung hellkeitsgesteuerter Beleuchtung mit Dreibandlampen und elektronischen Vorschaltgeräten sowie Dimmern sind weitere 110 MWh/a einsparbar.

Tabelle 52. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in Schwimmbädern zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungsarten

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	0,238	7,0	-0,002	-1,0	-0,062	-26,3
Warmwasser	0,679	20,0	0,000	0,0	-0,095	-14,0
Motoren / Kraft	0,849	25,0	0,115	13,5	-0,270	-28,0
Beleuchtung	0,339	10,0	0,011	3,2	-0,113	-32,2
Kühlung / Klima	0,170	5,0	0,028	16,5	-0,073	-37,1
Lüftung	1,018	30,0	0,064	6,3	-0,379	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,068	2,0	0,017	24,6	-0,042	-50,0
Kochen	0,034	1,0	-0,001	-2,0	-0,010	-28,6
Summe/Durchs.	3,394	100	0,231	6,8	-1,043	-28,8

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Insgesamt sind bei den einzelnen Verwendungszwecken fast 30 % des Stroms mit wirtschaftlichen Maßnahmen einsparbar. Eine Grobabschätzung der Zusatzkosten zeigt, daß der Zusatzinvestitionsbedarf hierfür etwa eine halbe Million D-Mark beträgt, von denen ca. 170 000 DM auf die Lüftungsanlagen und rd. 130 000 DM auf die Pumpen entfallen. Die aktuellen Stromkosten dagegen dürften sich auf ca. 1 Mio. DM belaufen.

Ergänzend zu den genannten Stromeinsparpotentials ist die Einrichtung von BHKW in allen nicht mit Fernwärme versorgten Hallenbädern zu prüfen. In Hallenbädern finden sich besonders wirtschaftliche Einsatzmöglichkeiten für BHKW, da der Wärmebedarf über einen längeren Zeitraum hinweg relativ konstant ist. Dadurch kann ein hoher Deckungsgrad mit BHKW-Wärme und eine hohe Vollbenutzungsstundenzahl erreicht werden. Durch die Nutzung des Stroms, die ebenfalls überwiegend im Bad erfolgen kann, werden erhebliche Kosten für den Strombezug vermieden. Die möglichen Eigentumsverhältnisse für BHKW und die Möglichkeit, energetische Sanierungen über Contracting ohne Belastung des Investitionshaushalts zu realisieren, wurden bereits bei den Schulen angesprochen (s.o.).

Bei den Freibädern ist als wichtige und wirtschaftliche (vgl. Luboschik, 1993) Maßnahme die Beckenwassererwärmung durch Solaranlagen zu nennen. Da die münsterischen Freibäder alle sog. Schönwetterbäder sind, ist hier eine Versorgung mit solarem Warmwasser ohne Zusatzheizung sinnvoll, denn die Nutzung der Bäder orientiert sich relativ exakt an der Sonneneinstrahlung. Im Freibad Nienberge erfolgt die Beckenwassererwärmung bereits auf diese Art. Zusätzlich ist aber auch eine Erwärmung des Duschwassers mit solarem Warmwasser sinnvoll, um die Emissionen zu reduzieren. Nebeneffekt dieser Maßnahme kann aber sein, daß der Strombedarf etwas ansteigt. Hier sollte durch eine sorgfältige Planung und Ausführung von vornherein gegengesteuert werden.

Im Ergebnis läßt sich festhalten, daß in den städtischen Bädern Münsters noch einige Stromeinsparungen möglich sind. Hierfür ist es wichtig, a) die Bäder mit besonders hohen Verbräuchen zu überprüfen und b) im Falle der in Zukunft notwendig werdenen Sanierungen den Stromverbrauch bereits frühzeitig bei der Planung mit zu berücksichtigen. So lassen sich u. U. nicht nur erhebliche Folgekosten für ökologisch unnötigen Stromeinsatz, sondern oft bereits beim Bau oder Umbau erhebliche Investitionsmittel für überdimensionierte Anlagen einsparen.

5.2.17 Gebietskörperschaften

Die Gebietskörperschaften, also die öffentlichen Verwaltungen, haben in Münster eine besondere Stellung. Mit etwa 12 000 Beschäftigten stellen sie die größten Arbeitgeber in Münster. Jeder 9. Arbeitsplatz in Münster findet sich in den Institutionen der öffentlichen Verwaltung und der Sozialversicherung. Die Gebietskörperschaften teilen sich auf in die Stadtverwaltung ohne die Schulen und die Schwimmbäder, die Universität ohne die Kliniken, den Landschaftsverband und diverse Ämter, Gerichte und andere Einrichtungen des Landes. Insgesamt bezogen die Gebietskörperschaften 1991 etwa 77,8 GWh Strom (15,3 % des Verbrauchs der Kleinverbraucher) von den Stadtwerken und lagen damit in derselben Größenordnung wie die Krankenhäuser und die Dienstleistungen. Lediglich der Handel benötigte mit 115 GWh mehr Strom.

Fast 50 % des Stromeinsatzes der Gebietskörperschaften entfielen mit ca. 30,4 GWh auf die Universität. Die Stadt Münster verbrauchte etwa 5 GWh ohne Heizstrom und ohne Straßenbeleuchtung sowie ohne den Stromeinsatz der Schulen und Bäder, der allein etwa 9 GWh betrug. Die Landesinstitutionen und der Landschaftsverband setzten zusammen etwa so viel Strom ein wie die Universität.

Im folgenden werden die Stromeinsätze der Universität und der Stadtverwaltung einzeln dargestellt, da hierfür genauere Angaben vorliegen. Aufgrund der grundsätzlich vergleichbaren Situation sind die Trends und Einsparpotentiale aber auch auf die anderen Gebietskörperschaften übertragbar.

Stadt Münster

Die beiden größten Verbrauchergruppen der Stadt Münster, die Schulen und die Bäder wurden bereits in den vorangegangenen Abschnitten näher analysiert. Auf die übrigen Liegenschaften entfallen noch einmal ca. 5 GWh Stromeinsatz. Im Gegensatz zu den Schulen und Schwimmbädern sind die sonstigen Gebäude erst zu etwa 40 % in der Verbrauchsüberwachung durch das Hochbauamt erfaßt.

Die Daten für die wichtigsten Verwaltungsgebäude und einige andere Liegenschaften, die 1991 zusammen etwa 2 GWh Strom benötigten sind in Tabelle 53. dargestellt. Die Stromkennzahl der Gebäude schwankt hierbei extrem stark um den Mittelwert von 44 kWh/m²*a. Das Hochbauamt, das Verkehrsamt und die Bezirksverwaltungsstelle Wolbeck haben Stromkennzahlen zwischen 0,8 und 13,1 kWh/m²*a und liegen damit deutlich unterhalb des Durchschnitts sowohl der Stadt Münster als auch vergleichbarer anderer Städte. Die beiden Stadthäuser und das Stadtweinhaus sowie das Rathaus benötigen dagegen mit zwischen 50 und 77 kWh/m²*a erheblich mehr Strom als der Durchschnitt. Ein wichtiger Grund für den hohen Verbrauch sind hier, wie in den Schulen die raumluftechnischen Anlagen, die den Strombedarf in diesen Gebäuden erheblich steigern. Ob hierdurch aber die gesamte Abweichung erklärbar ist kann nur

in einer Detailuntersuchung festgestellt werden. Im Bereich des Klara-Stifts ist ebenfalls ein Gegensatz der Stromverbräuche zwischen Altenwohnungen und Pflegeheim feststellbar. Während die Altenwohnungen mit 3,5 kWh/m²*a im spezifischen Verbrauch den nicht klimatisierten Verwaltungsgebäuden ähneln erreicht das mit einer Lüftungsanlage ausgestattete Pflegeheim mit 39 kWh/m²*a beinahe die Verbrauchswerte der klimatisierten Verwaltungsgebäude.

Tabelle 53. Stromverbrauch in ausgewählten städtischen Gebäuden 1991

Gebäude	Nutzfl. m ²	Stromeinsatz	
		MWh	kWh/m ²
BVST-Wolbeck	1.414	1	0,8
Altenwohnungen Klara-St.	5.351	19	3,5
Hochbauamt	6.460	29	4,5
Turnhalle Dykburg	1.220	7	5,6
Verkehrsamt	604	8	13,1
Altenheim Klara-Stift	6.246	243	38,9
Stadthaus II	7.833	398	50,8
Stadtweinhaus-Rathaus	1.300	91	69,8
Stadthaus I	16.760	1.294	77,2
Summe	47.188	2.089	44,3

Quelle: Stadt Münster (1993d)

Die Zusammenstellung der Stromkennzahlen verschiedener öffentlicher Gebäude mit unterschiedlichen Nutzungsarten in Tabelle 54. zeigt ein sehr unterschiedliches Bild in den einzelnen Kommunen aber auch in den Auswertungen diverser Gebäude aus dem ganzen Bundesgebiet bzw. ganz Nordrhein-Westfalen. Das Problem dieser Daten ist, die geringe Anzahl der betrachteten Gebäude, auch in den beiden überregionalen Untersuchungen, wodurch einzelne Effekte, wie z. B. Klimaanlage zu stark das Ergebnis bestimmen und damit die Vergleichbarkeit der Werte erschweren. Bei den Verwaltungsgebäuden nimmt Münster aber im Vergleich eine Mittelstellung zwischen den hohen Ergebnissen in Pforzheim und NRW und den niedrigen Ergebnissen in Heidelberg und der BRD ein. Auch die Aufteilung in verbrauchsintensive und weniger verbrauchende Gebäude zeichnet sich in Tabelle 54. in etwas abgeschwächter Form ab. In diesem Vergleich liegen die wenig verbrauchenden Gebäude in Münster noch deutlich unterhalb der niedrigen Durchschnittswerte von Heidelberg und NRW, während die verbrauchsintensiven Gebäude mit 50 bis 77 kWh/m²*a etwa das Verbrauchsniveau der BRD-Auswertung bzw. der Gebäude in Pforzheim haben.

Die einzelnen Entwicklungstrends und Einsparpotentiale in den städtischen Gebäuden hängen von der Bedeutung der einzelnen Verwendungszwecke der elektrischen Energie ab, die in Tabelle 57. gemeinsam für alle Gebietskörperschaften dargestellt sind. Insgesamt ist für die Stadtverwaltung bis 2005 mit einem weiter ansteigenden Strombedarf vor allem in den Bereichen Beleuchtung, Lüftung und Bürogeräte / EDV zu rechnen. Die hier vorhandenen Einsparpotentiale betragen allerdings mehr als ein Drittel des im Trend zu erwartenden Verbrauchs, so daß auch beim Strombedarf der Verwaltung noch deutliche Einsparungen möglich sind. Orientieren sollte sich die Stadt Münster hierbei an den eigenen Gebäuden, die bereits gute Stromkennwerte er-

reichen und an Städten, die für ihre Gebäude mit einem erheblich geringeren Verbrauch auskommen.

Tabelle 54. Stromkennzahlen öffentlicher Gebäude im Städtevergleich

	Stromkennzahl kWh/m ² *a				
	Verwaltungsg.	Heime	Feuerwehr	Sport-hallen	Kinder-garten
Münster	44	38	-	5	-
Pforzheim	70	25	49	9	-
Georgsmarienhütte	-	-	12	24	-
Auswertung BRD	24	21	12	27	17
Auswertung NRW	54	-	-	28	18
Heidelberg	27	-	12	44	23

Quellen: ifeu (1992), Stadt Münster (1991a), Heuermann-Ziemert, Ludwig (1991)

Um die Einsparpotentiale ausschöpfen zu können müssen insbesondere die personellen Kapazitäten der Energiebewirtschaftung erheblich erweitert werden, die Stromverbräuche müssen kontinuierlich erfaßt, einzelnen Verbrauchsbereichen zugeordnet werden und bekannt gemacht werden. Besonders geeignet für die erste Beurteilung von Stromverbräuchen verschiedener Einrichtungen ist die Energiekennzahl, die nach der Nutzungsart und der Nutzungsdauer der Einrichtung differenziert werden muß. Bewertungen und Einsparmaßnahmen auf der Basis von Energiekennzahlen sind bereits in mehreren Verwaltungen und Kommunen im Einsatz. Bei der Beschaffung muß explizit auf den Stromverbrauch der Geräte geachtet werden. Insbesondere EDV-Geräte unterscheiden sich bei gleicher Leistung im Strombedarf oft um Größenordnungen. Bei der Sanierung und Neuerrichtung von Gebäuden muß der Strombedarf bereits frühzeitig bei der Planung berücksichtigt werden. Neben unnötigem Strombedarf lassen sich so auch überhöhte Investitionen vermeiden. Weitere organisatorische Maßnahmen sind im Abschnitt 5.2.15 (Schulen) aufgelistet. Zur rationellen und wirtschaftlichen Stromnutzung in städtischen Gebäuden ist es aber auch notwendig Investitionen zu tätigen. Finanzierungsmodelle wie Contracting bieten sich hierfür insbesondere bei Finanzmittelknappheit an (s.o.).

Westfälische Wilhelms-Universität

Die Universität ist zusammen mit den hier nicht betrachteten Universitätskliniken der größte Stromverbraucher Münsters. 1991 benötigten sie gemeinsam 95,8 GWh, das war etwa ein Fünftel des Strombedarfs aller Kleinverbraucher und knapp 10 % des gesamten Stromverbrauchs in Münster. Hiervon entfielen ca 30 GWh auf die Universität und etwa 65 GWh auf die Kliniken (s.o.). Gleichzeitig ist die Universität bislang auch der einzige Verbraucher, der in einem eigenen Kraftwerk (HKW-Universität) in nennenswerter Größenordnung Strom selbst produziert. Mit etwa 8 GWh machte die Eigenproduktion von Strom 1991 etwa ein Zehntel des Stromverbrauchs aus, so daß gut 90 % von den Stadtwerken bezogen wurden (WWU, 1993b).

In der Universität ist es bereits seit Jahren üblich den Stromverbrauch zu dokumentieren und nach Organisationsbereichen und Installationsgraden einzeln aufzubereiten.

Tabelle 55. zeigt die Aufteilung des Strombedarfs der Universität auf unterschiedliche Gebäudetypen. Die einzelnen Typen unterscheiden sich in ihrem Installationsgrad, d. h. in der Zahl der installierten Geräte und Anlagen. Knapp 50 % der Nutzfläche (9,9 ha) der Universität befindet sich in Gebäuden mit geringem Technikanteil. Diese sind am ehesten mit normalen Büro- oder Verwaltungsgebäuden gleichzusetzen. Sie beherbergen die Verwaltung sowie die geisteswissenschaftlichen, theologischen und sozialwissenschaftlichen Institute. Mit 3,9 GWh/a benötigen diese Gebäude aber nur etwa 15 % des in Universitätsgebäuden verbrauchten Stroms. Der Stromkennwert von 39,5 kWh/m²*a liegt leicht unterhalb des Durchschnitts der Verwaltungsgebäude der Stadt Münster und ist vergleichbar mit den in Tabelle 54. wiedergegebenen Kennzahlen für kommunale Verwaltungsgebäude.

Etwa ein Fünftel der Universitätsnutzfläche liegt in Gebäuden mit mittlerem Technikanteil. In diesen Gebäuden sind beispielsweise Absaug- oder Kühlanlagen für naturwissenschaftliche Experimente vorhanden. Mit 136,7 kWh/m²*a liegt der Verbrauch dieser Gebäudegruppe etwa dreieinhalb mal so hoch, wie der normaler Instituts- bzw. Verwaltungsgebäude.

Noch höhere Verbräuche weisen die Gebäude der Installationsklasse 3 mit hohem Technikanteil auf, in denen Kälteanlagen, z. T. für besonders tiefe Temperaturen, Maschinen, Be- und entlüftungsanlagen u. ä. vorhanden sind. Mit einem Verbrauch von 13,5 GWh (355 kWh/m²*a) entfielen allein auf diese Gruppe von Gebäuden etwa 50 % des Strombedarfs in Universitätsgebäuden.

Tabelle 55. Strombedarf und Stromkennzahlen der Universitätsgebäude 1991 nach Installationsgraden

Installationsgrad	Nutzfl. m ²	Strombedarf	
		MWh	kWh/m ²
geringer Technikanteil	99.056	3.914	39,5
mittlerer Technikanteil	40.528	5.539	136,7
hoher Technikanteil	37.961	13.492	355,4
Bibliotheken	12.179	2.267	186,1
Hörsaalgebäude	7.753	801	103,4
Wohnhäuser	2.778	34	12,2
Sonstige	6.703	736	109,9
Universität gesamt	206.958	26.783	129,4

Quelle: WWU (1993a)

Die Gruppe der Bibliotheken wird durch die neue Universitätsbibliothek gebildet, die aufgrund der hohen Raumtiefen und z. T. wertvoller alter Buchbestände vollklimatisiert ist. Mit 186 kWh/m²*a liegt ihr Strombedarf deutlich über dem Verbrauch klimatisierter Verwaltungsgebäude (vgl. Tab. 53.) und auch über dem der ebenfalls klimatisierten Hörsaalgebäude, da die Klimatisierung der Bibliothek rund um die Uhr stattfindet.

Der Stromkennwert der Hörsaalgebäude liegt mit 108 kWh/m²*a ebenfalls etwas höher als der klimatisierter Bürogebäude. Dies ist, z. T. auf die ständig benutzte künstliche Beleuchtung und auf die dichtere Besetzung, die höhere interne Wärmelasten bedingt, zurück zu führen.

Tabelle 56. Stromkennzahlen von Universitätsgebäuden in Heidelberg, Münster und der Schweiz in kWh/m²*a

Nutzungsart	Uni	Uni	Schweizer Universitäten 1)	
	Heidelbg.	Münster 2)	Bestand	Saniert
Geisteswissenschaftl. Einrichtungen	28	40	42	35
Naturwissenschaftl. Einrichtungen	168	242	83	69
Verwaltung	22	40	35	28

1) nach der Schweizer Norm Bauwesen; 2) berechnet nach Tab. 55

Quelle: ifeu (1992), eig. Berechnungen

Der Vergleich der Stromkennzahlen der Gebäude der Universität Münster, mit der in energetischer Hinsicht sehr ähnlichen Universität Heidelberg und Daten aus Schweizer Universitäten (Tab. 56.) zeigt, daß die aktuellen Stromkennzahlen in Münster noch weiter gesenkt werden können. Besonders fällt hierbei der Bereich der Naturwissenschaften auf, der in Münster im Mittel von Gebäuden mit mittlerem und hohem Technikanteil eine Stromkennzahl von 243 kWh/m²*a hat und damit noch um 45 % oberhalb der Werte in Heidelberg liegt. Verglichen mit den Zahlen aus der Schweiz liegen die Stromkennzahlen in den naturwissenschaftlichen Einrichtungen der Universität Münster um das drei- bis dreieinhalbfache höher. Würden allein in den Instituts- und Verwaltungsgebäuden der Universität Münster durch eine Sanierung der elektrischen Anlagen die Stromkennzahlen der Schweizer Bau Norm erreicht (geringer Technikanteil = geisteswissenschaftliche Einrichtungen; mittlerer und hoher Technikanteil = naturwissenschaftliche Einrichtungen), so ließe sich der Strombedarf dieser Gebäude von heute 23 GWh/a um 14 GWh/a bzw. mehr als 60 % auf nur noch 9 GWh/a verringern.

Im Bereich der Universität sind also, wie im Bereich der Stadtverwaltung noch erhebliche Stromeinsparpotentiale gegeben, die ausreichen um den Zuwachstrend durch mehr Klimatisierung, Geräte und vor allem EDV und andere Bürogeräte zu kompensieren und um zu kehren. Für ein gezieltes Stromeinsparprogramm bestehen gute Voraussetzungen, da die Energieüberwachung bereits besser ausgebaut ist als bei der Stadt und vielen anderen Betrieben oder Verwaltungen. Insbesondere die vielen Kompetenzbereiche und die Mitspracherechte verschiedener Ministerien bei Neubau oder größeren Sanierungsmaßnahmen erschweren die Durchführung wirtschaftlicher investiver Maßnahmen zu Stromeinsparung ganz erheblich.

Neben den Einsparpotentialen bei der Beleuchtung und der Lüftung sowie bei Kraft und Motoren ist in der Universität ein weiteres Einsparpotential durch die Umstellung der Kälteanlagen gegeben. Da die vorhandenen z. T. schon alten und ineffizienten Kälteanlagen überwiegend noch mit FCKW als Kühlmittel arbeiten müssen sie in den nächsten Jahren durch FCKW-freie Analgen ersetzt werden. Hier bietet sich die Möglichkeit von der Kompressionskälte in strombetriebenen Kälteanlagen auf die Kälteerzeugung durch Absorptionskälteanlagen umzusteigen. Für den Bereich der naturwissenschaftlichen Institute sind bereits zwei Absorptionsanlagen geplant, die 1995 bzw. 1998 in Betrieb gehen werden und die den Kältebedarf der Institute über ein Kaltwassernetz bereitstellen sollen. Die Absorptionskälteanlagen werden mit Dampf aus dem HKW bzw. mit Wärme aus einem noch zu errichtenden BHKW betrieben. Auch für die Kälteversorgung der Innerstädtischen Institute (insbesondere für die Universitätsbibliothek) wird eine BHKW-Lösung angedacht.

Der Ersatz von Kompressionskälteanlagen durch Absorptionskälte ist deshalb interessant, weil zum einen die Strombedarfsspitze im Sommer reduziert wird und außerdem die zu diesem Zeitpunkt geringe Auslastung der Wärmeerzeuger gesteigert wird. Der Kältebedarf der Universität beträgt heute ca. 1500 MWh/a in den naturwissenschaftlichen Instituten und etwa 750 MWh/a in der Universitätsbibliothek und den anderen Instituten in der Innenstadt. Zusammen sind das ca. 2250 MWh/a oder etwa 7,2 % des Strombedarfs der Universität. Der Vergleich mit Tabelle 57. zeigt, daß die Universität damit deutlich über dem Durchschnitt der Gebietskörperschaften liegt. Bei einer Bereitstellung mit Kompressionskälteanlagen mit einer Leistungskennzahl von 1:3 werden für die Kälteerzeugung rund 750 MWh elektrische Energie pro Jahr benötigt. Die entsprechenden CO₂-Emissionen belaufen sich bei 636 kg CO₂ pro MWh auf jährlich ca. 475 t. Für eine kWh Kompressionskälte ergibt sich somit ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor von $636 / 3 = 212 \text{ kg CO}_2/\text{MWh}_{\text{Kälte}}$.

Durch die Absorptionskälteanlagen läßt sich der Strombedarf für die Kälte fast vollständig vermeiden. Allerdings entstehen Emissionen für die Erzeugung der Absorptionswärme. Um in einer Lithium-Bromid-Absorptionsanlage Kälte zu produzieren werden pro kWh Kälte ca. 1,25 kWh Warmwasser oder Dampf benötigt. Werden die Absorptionsanlagen durch Fernwärme (Kohle) betrieben so ergeben sich Emissionen von $2250 \text{ MWh} * 1,25 * 444 \text{ kg CO}_2/\text{MWh} = 1250 \text{ t CO}_2/\text{a}$. Die CO₂-Emissionen steigen also erheblich an. Ein anderes Bild ergibt sich bei der Wärmeherstellung durch ein Gas-BHKW ohne Spitzenkessel, mit einer Stromkennzahl von 1:2, d. h. es werden ca. 60 % Wärme und 30 % Strom erzeugt 10 % sind Verluste. Für die Kälteerzeugung von 2250 MWh werden also etwa 2800 MWh Wärme benötigt. Im BHKW müssen dafür $2800 * 1/0,6 = 4700 \text{ MWh Gas}$ eingesetzt werden. Die zugehörigen CO₂-Emissionen betragen ca. 940 t. Gleichzeitig werden aber 1400 MWh Strom erzeugt, die nicht mehr bezogen werden müssen. hierfür können also Emissionen von $1400 \text{ MWh} * 636 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 890 \text{ t}$ gutgeschrieben werden. Per Saldo verbleiben für die Kälteerzeugung mit BHKW und Absorptionsmaschine noch 50 t CO₂ pro Jahr gegenüber der derzeitigen Emission von 475 t. Für eine kWh Absorptionskälte ergibt sich somit ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor von nur $50.000 \text{ kg} / 2.250 \text{ MWh} = 22 \text{ kg CO}_2/\text{MWh}_{\text{Kälte}}$.

Die Energiekosten der Kälteerzeugung werden ebenfalls deutlich sinken. Die Stromkosten betragen bisher jährlich etwa 165 000 DM, beim Betrieb eines Gas-BHKW müssen dagegen rd. 225 000 DM an Energiekosten aufgebracht werden, denen Einsparungen durch den erzeugten Strom in der Höhe von 300 000 DM entgegen stehen. Jährlich werden also 240 000 DM an Energiekosten eingespart, die für die Finanzierung des BHKW eingesetzt werden können. Kann das BHKW auch im Winter für die Wärmeherzeugung eingesetzt werden wird diese Lösung wirtschaftlich noch interessanter.

Bei einem Betrieb der Absorptionskälteanlagen mit HKW-Dampf werden sich die spezifischen CO₂-Emissionen der Kälteerzeugung also mehr als verdoppeln. Bei einem Gas-BHKW-Betrieb ist dagegen eine Reduktion um ca. 80 bis 90 % möglich. Würde die gesamte Kälteerzeugung der Uni (ohne Kliniken) auf Gas-BHKW umgestellt so würden sich die gesamten CO₂-Emissionen der Uni um etwa 0,7 % reduzieren.

Im Ergebnis wird klar, daß im Bereich der Universität neben den Stromeinsparpotentialen durch organisatorische und technische Maßnahmen, die sich auf etwa 33 % des im Trend erwartbaren Strombedarfs summieren auch noch erhebliche wirtschaftliche Einsparpotentiale durch die Stromsubstitution bei der Kälteerzeugung (7 % des Strombedarfs) und die Steigerung der Eigenstromerzeugung in Gas-BHKW bestehen.

Gebietskörperschaften insgesamt

Die für die Stadt Münster und die Universität dargestellte Situation gilt für die andere Hälfte des Stromverbrauchs der Gebietskörperschaften, der auf andere Institutionen entfällt analog. Bereits erste Grobuntersuchungen mit der Hilfe von Energiekennzahlen, für die die Werte der Universität und der Stadt als erste Anhaltspunkte dienen können machen die Ermittlung von Einsparpotentialen möglich. Die Detaillierung des Verbrauchs nach Anwendungsarten und weitergehende Feinanalysen geben nähere Hinweise. In Tabelle 57. sind die Entwicklungstrends des Stromverbrauchs sowie die Einsparpotentiale auf der Basis der einzelnen Verwendungsarten der elektrischen Energie eingetragen.

Tabelle 57. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale im Bereich der Gebietskörperschaften zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungszwecken

Verwendungszw.	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	5,4	7,5	0,8	14,1	-1,6	-26,3
Warmwasser	3,1	4,3	0,5	15,2	-0,5	-14,0
Motoren / Kraft	7,7	10,8	2,4	30,8	-2,8	-28,0
Beleuchtung	23,2	32,3	4,4	18,9	-8,9	-32,2
Kühlung / Klima	3,9	5,4	1,3	34,3	-1,9	-37,1
Lüftung	19,4	26,9	4,4	22,5	-8,3	-35,0
Bürogeräte / EDV	7,7	10,8	3,4	43,6	-5,6	-50,0
Kochen	1,5	2,2	0,2	12,9	-0,5	-28,6
Summe/Durchs.	72,0	100	17,3	24,0	-30,2	-33,8

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

Quelle: Lechtenböhrmer (1994);

Der wichtigste Einsatzbereich für Strom im Bereich der Gebietskörperschaften ist nach wie vor die Beleuchtung von Büros u. ä., für die mit 23 GWh/a etwa ein Drittel des Strombezugs eingesetzt wird. An zweiter Stelle folgt mit 27 % der Betrieb von Lüftungsanlagen. Der Betrieb von Motoren vor allem für Umwälzpumpen und raumlufttechnische Anlagen und die EDV liegen mit etwa 10 % des Strombedarfs gleich auf. In Zukunft dürfte die EDV aber stärker werden, denn ihr Strombedarf wird sich im Trend noch um etwa 44 % bzw. 3,4 GWh/a steigern. Zuwächse in dieser Größenordnung sind ebenfalls bei der Beleuchtung und Lüftung, verursacht vor allem durch die noch steigende Bürofläche pro Arbeitsplatz, zu erwarten. Mit 2,4 GWh/a fällt der erwartete Zuwachs bei den Kraftanwendungen etwas geringer aus. Insgesamt wird der Strombedarf auch im Bereich der öffentlichen Verwaltungen trotz stagnierender Beschäftigtenzahlen weiter ansteigen. Bis 2005 wird es zu einem Wachstum des Stromeinsatzes um fast ein Viertel von 72 auf fast 90 GWh/a kommen.

Durch organisatorische Maßnahmen und den verstärkten Einsatz energiesparender Geräte, die Berücksichtigung des Strombedarfs bei der Beschaffung sowie bei der Neuplanung und Sanierung von Gebäuden läßt sich der Wachstumstrend allerdings umkehren. Allein bei der Beleuchtung existieren Einsparpotentiale in der Größenordnung von knapp 9 GWh/a bzw etwa einem Prozent des gesamten Stromverbrauchs Münsters. Weitere große Einsparpotentiale bestehen bei der Lüftung mit 8,3 GWh/a und bei der EDV mit 5,6 GWh/a. Insgesamt sind durch rationelle Energienutzung etwa ein Drittel bzw. 30 GWh des Strombedarfs der Gebietskörperschaften einsparbar.

An Zusatzinvestitionen werden im Bereich der Gebietskörperschaften etwa 12 Mio. DM benötigt. Etwa die Hälfte davon allein für die Installation effizienterer Beleuchtungstechnik und etwa 3,5 Mio. DM für die Verbesserung und Sanierung von Lüftungsanlagen. Zur Finanzierung bieten sich bei fehlenden Eigenmitteln Contracting-Lösungen durch die Stadtwerke und andere an.

Über diese Einsparmöglichkeiten hinaus bestehen, wie oben geschildert, in allen Verwaltungen Möglichkeiten den Strombedarf für die Kühlung völlig zu vermeiden, verstärkt BHKW zu Eigenproduktion von Strom einzusetzen und den Gebrauch von elektrischen Zusatzheizgeräten stärker zu kontrollieren und zu unterbinden.

5.2.18

Militär

1991 bezogen 10 Einrichtungen der Bundeswehr und 13 Einrichtungen der Rheinarmee in Münster etwa 22 GWh elektrische Energie. Das waren rund 4 % des Strombedarfs der Kleinverbraucher. bis zum Jahr 2005 wird sich diese Zahl allein durch den Abzug der Britischen Truppen, der bis 1995 vollzogen sein wird um etwa 70 % verringern. Die Einrichtungen der Bundeswehr befinden sich ebenfalls in einer Umstrukturierungsphase. Es ist aber nicht damit zu rechnen, daß der Nutzungsumfang der Einrichtungen in Münster eingeschränkt wird. Die im Bereich der öffentlichen Verwaltungen genannten Einsparpotentiale sind grundsätzlich auch auf einen größeren Teil der militärischen einrichtungen übertragbar, da diese überwiegend ebenfalls zu Verwaltungs-Wohn und Schulungszwecken dienen. Im Zuge eventuell notwendig werdender Sanierungen oder Umbauten muß auch hier verstärkt auf eine stromsparende Planung und Beschaffung geachtet werden.

Ein zusätzliches Potential zur Emissionsminderung könnte im Bereich der Bundeswehr in der Eigenstromerzeugung in BHKWs bestehen. Da die Einrichtungen der bundeswehr überwiegend mit leistungsfähigen Notstromversorgungen ausgerüstet sind ist die notwendige Infrastruktur für den Betrieb von BHKW sowie ein größerer Teil der benötigten Anlagen bereits vorhanden. Der Umbau von Notstromaggregaten zu BHKW ökologisch und ökonomisch interessant sein. Zusätzlich besteht wie in den den Krankenhäusern die Möglichkeit die Notstromaggregate zur Spitzenlastdeckung einzusetzen und so die Strombezugskosten zu senken.

5.3 Stromsubstitutionspotentiale

Zusätzlich zu den Potentialen rationellerer Stromnutzung, die in den voranstehenden Abschnitten für die einzelnen Verwendungszwecke und Branchen detailliert begründet wurden treten die Möglichkeiten der Substitution von elektrischer Energie durch andere Endenergieträger. D. h. dieselbe Energiedienstleistung wird nun mit einem anderen Energieträger (i. d. R. Erdgas) erbracht. Substitutionsmöglichkeiten bestehen überwiegend im Bereich der elektrischen Heizung und Warmwasserbereitung und beim Kochen durch erdgasbeheizte Durchlauferhitzer bzw. Gasherde sowie in der Substitution von elektromotorischen Kompressionskälteanlagen durch Absorptionskälteanlagen, die mit der Abwärme aus BHKW betrieben werden.

Während viele Anwendungszwecke der hochwertigen Elektrizität nicht (z. B. Betrieb von elektronischen Geräten) oder kaum (z. B. Beleuchtung, Kraft) durch andere Endenergieträger erbracht werden können ist die Wärmeerzeugung durch Strom kaum effizienter als die durch andere Energieträger. Da beim direkten Einsatz des Primärenergieträgers Erdgas aber die gesamten Verluste der Umwandlung in Kraftwerken entfallen ist verringert Substitution von Strom durch Gas den Primärenergieeinsatz und damit die Emissionen im Bereich der Wärmeerzeugung drastisch, je nach Wirkungsgrad der Wärmeerzeuger um bis zu 60 %. Gleichzeitig werden die Energiekosten verringert, da der Arbeitspreis für Gas mit unter 5 Pfg/kWh nur etwa ein Fünftel des Strompreises beträgt.

Allerdings sind für die Umrüstung von Geräten zusätzliche Kosten aufzubringen, da brennstoffgefeuerte Wärmeerzeuger i. d. R. höhere Investitionen für Leitungen und Brenner benötigen als vergleichbare elektrische Geräte. Für die Verwendungsarten Raumwärme, Warmwasser, Prozeßwärme und Kochen gibt Tabelle 58. einen Überblick über die Zusatzkosten die entstehen, wenn eine kWh elektrischer Arbeit durch andere Energieträger ersetzt wird, wobei Hennicke et al. (1994) eine mögliche Bandbreite für die Kosten angeben. Die Zusatzkosten entstehen hierbei vorwiegend durch die höheren Investitionskosten, während die Energiekosten sinken.

Tabelle 58. Stromsubstitutionspotentiale und Zusatzkosten bis 2005 gegenüber dem Trend für Münster

Verwendungszweck	Stromeinsatz		Substitutionspotential		Zusatzkosten in Pf/kWh _{el}		
	1991	nach Einsp.	in %	in GWh/a	hoch	niedrig	mittel
Raumwärme	27,5	22,0	70	15,4	7,9	11,7	9,8
Warmwasser	22,7	22,5	40	9,0	7,1	13,0	10,1
Prozeßwärme	11,9	11,9	30	3,6	11,2	26,0	16,1
Kochen	19,0	16,1	30	4,8	6,5	12,8	9,2
Summe	81,1	72,5	45	32,8	7,8	13,8	10,5

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Hennicke et al. (1994)

Ebenfalls in Tabelle 58. werden die Substitutionspotentiale des Stroms bei der Wärmebereitstellung im Kleinverbrauchssektor für Münster abgeschätzt. Die Obergrenze des Substitutionspotentials bildet der Stromeinsatz für die Wärmeanwendungen (Spalte 1), wobei die Einsparungen durch Stromspartechniken abgezogen werden

müssen. Dieses Potential wird für das Jahr 2005 in Spalte 2 wiedergegeben. Die Spalten 3 und 4 geben dann eine Abschätzung über den Anteil des Stroms, der bei der jeweiligen Anwendung im Klimaschutz-Szenario durch andere Energieträger ersetzt wird.

Etwa die Hälfte des Substitutionspotentials entfällt mit 15,4 GWh/a auf die Raumwärme, da etwa 70 % der durch Strom bereitgestellten Heizenergie durch andere energieträger erbracht wird. In der Mehrzahl geht es hierbei um den Ersatz von Direktheizgeräten durch Zentral- oder Etagenheizungen.

Bei der Warmwasserbereitung liegt der Anteil des substituierbaren Stroms mit 40 % erheblich niedriger. Elektrische Warmwasserbereitung wird in dezentralen Anlagen zu Bereitstellung von warmem Wasser durchgeführt. Außerdem erfolgt eine elektrische Wassererwärmung in Wasch- und Spülmaschinen. Die dezentrale Warmwasserbereitung mit Strom ist ohne größeren Aufwand installierbar. In energetischer Sicht ist ein Anschluß der Zapfstellen oder der Wasch- und Spülmaschinen an die zentrale Warmwasserbereitung durch die Heizung dann sinnvoll, wenn diese durch Gas, Öl oder Fernwärme betrieben wird. Dies ist in einer Vielzahl der Betriebe des Kleinverbrauchs der Fall. Allerdings sind oft hohe Kosten für die Verlegung der notwendigen Warmwasserleitung aufzubringen, so daß hier ein relativ hohes Hemmnis besteht. Bei Waschmaschinen ergibt sich außerdem das Problem des Anschlusses, da die Maschine sowohl warmes als auch kaltes Wasser benötigt. Insgesamt lassen sich durch den Ersatz von dezentralen Wasserbereitern und den Warmwasseranschluß von Wasch- und Spülmaschinen bis 2005 rund 9 GWh/a elektrische Arbeit vermeiden.

Bei der Prozeßwärme und beim Kochen lassen sich etwa 30 % des eingesetzten Stroms durch andere Energieträger - vor allem bzw. ausschließlich Erdgas - ersetzen. Hierdurch kann der Strombedarf um etwa 8,4 GWh/a reduziert werden, wobei 4,8 GWh/a auf Gasherde und der Rest auf die Prozeßwärme entfallen. Insbesondere das Kochen mit Gas ist auch für die Stadtwerke attraktiv, da es überwiegend zu Spitzenlastzeiten geschieht. Durch ein Programm zur Substitution von Elektroherden durch Gasherde wird so die Spitzenlast reduziert und entsprechende Kosten für den Leistungsbezug verringert. Insgesamt können sich hierdurch die Stromerlöse trotz verringertem Verbrauch steigern. Hinzu kommen die zusätzlichen Erlöse durch das verkaufte Erdgas.

Ein weiteres Substitutionspotential für Strom, das in der Tabelle nicht aufgeführt ist, ist die Kälteerzeugung durch Absorptionskälteanlagen anstelle der üblicheren Kompressionskälteanlagen. Wenn die für die Absorptionsanlagen benötigte Kälte in BHKW bereitgestellt wird können auch hierdurch die Emissionen deutlich reduziert werden. Beispiele wurden bei der Kälteerzeugung der einzelnen Branchen und insbesondere bei der Universität besprochen. Insgesamt werden im Klimaschutz-Szenario etwa 49 GWh/a Strom für die Kälteerzeugung zur Kühlung von Lebensmitteln und Klimatisierung von Räumen benötigt. Davon entfallen knapp 30 GWh auf ausgesprochene Großverbraucher im Bereich des Großhandels und der Kaufhäuser, der Krankenhäuser sowie der großen Verwaltungen von Gebietskörperschaften, Banken und Versicherungen. Überall dort, wo größere Mengen von Kälte über das ganze Jahr oder alternativ Wärme im Winter benötigt werden können Absorptionskälteanlagen eine wirtschaftlich sinnvolle Stromsparmaßnahme sein, die gleichzeitig die mit der Kältebereitstellung

verbundenen Emissionen um etwa 90 % reduzieren. Da bislang keine genauen Kostangaben für die Substitution von Kompressions- durch Absorptionskälte vorliegen kann die Umsetzung hier nur geschätzt werden. Unter der vorsichtigen Annahme, daß 50 % der Großkälteerzeugung in Münster auf Absorptionsanlagen umgestellt werden errechnet sich ein Stromsparpotential von rd. 15 GWh im Jahr 2005, was einer Emissionsreduktion von etwa 8.500 t CO₂ pro Jahr entspricht.

Insgesamt ergibt sich aus Tabelle 58. für die vier Wärmeanwendungen ein Stromsubstitutionspotential von knapp 33 GWh/a bis 2005 im Klimaschutz-Szenario. Das sind etwa 45 % des dann für diese Verwendungszwecke eingesetzten Stroms. Hinzu kommen die abgeschätzten Potentiale durch den Ersatz von Kompressions- durch Absorptionskälteanlagen in Höhe von rund 15 GWh/a. Bezogen auf den Gesamtverbrauch im Klimaschutz-Szenario im Jahr 2005 lassen sich durch die Substitutionspotentiale etwa 11 % der elektrischen Energie vermeiden.

Im Gegensatz zur Stromeinsparung, die die Emissionen des Stroms vollständig vermeidet müssen bei der Substitution aber die Emissionen der Ersatzenergieen von der Einsparung beim Strom abgezogen werden. Da der Strom überwiegend durch Erdgas substituiert. Im Bereich der Warmwassererzeugung wird die Solarwärme ebenfalls eine Rolle spielen. Außerdem kommen als Substitute für Strom im Raumwärme- und Warmwasserbereich auch Öl und Fernwärme in Betracht. Insgesamt wird deshalb der Emissionsfaktor für Erdgas von rund 200 gCO₂/kg als Mittelwert für die Substitution eingesetzt. Niedrigere Emissionen durch den Einsatz von Solar- oder Nahwärme kompensieren höhere Emissionen bei der Substitution durch Öl. Da moderne Brennwertkessel auf Gasbasis mittlerweile ähnlich hohe Wirkungsgrade wie Widerstandsheizungen mit Strom erzielen wird ein - hoch angesetzter - Abschlag von 10 % für etwaige Leitungsverluste zentraler Anlagen gegenüber dezentraler Wärmeerzeugung mit Strom gemacht. Hieraus ergibt sich, daß für die Substitution einer kWh Strom maximal 1,1 kWh Erdgas benötigt werden. Die Emissionsbilanz stellt sich dann wie folgt dar:

- Durch die Vermeidung einer kWh Strom werden 636 g CO₂ eingespart,
- gleichzeitig werden 1,1 kWh Erdgas eingesetzt, die 222 g CO₂ emittieren.
- Per Saldo ergibt sich eine Emissionsreduktion von 414g bzw. 65 %.

Bezogen auf die substituierten 33 GWh/a elektrischer Energie errechnet sich hieraus ein Mehreinsatz von 36 GWh/a Erdgas und eine Reduktion der CO₂-Emissionen von rund 20.800 t auf 7.200 t bzw. um 13.600 t pro Jahr. Hierzu können noch die 8.500 t CO₂ pro Jahr addiert werden, die bei der Kühlung durch Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung einsparbar sind, so daß sich eine Gesamtreduktion der CO₂-Emissionen um etwa 22.000 erzielen läßt.

In den folgenden beiden Kapiteln ist zu zeigen, ob die Reduktionen durch Stromeinsparung und -substitution ausreichen um das CO₂-Minderungsziel von 25 - 30 % der Bundesregierung in 2005 bezogen auf 1987 in Münster zu erreichen.

6 Klimaschutz-Szenario

6.1 Entwicklung der Stromverbräuche im Klimaschutz-Szenario

Die Berechnung des Klimaschutz-Szenarios erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden die zusätzlichen Stromsparpotentiale durch den Einsatz der effizientesten Technik und durch optimale Auslegung und Regelung der elektrischen Anlagen sowohl für alle Verwendungszwecke als auch für alle Branchen detailliert abgeschätzt (Kap 5.1 und 5.2). Im zweiten Schritt wurde die Stromsubstitution als weitere Möglichkeit, den Stromverbrauch und damit Kosten und Emissionen zu senken, betrachtet. Die Substitution von Strom durch andere Energieträger (i.d.R. Erdgas) wurde für die Verwendungsarten Raumwärme, Warmwasser, Prozeßwärme, Kochen und Kühlung abgeschätzt (Kap 5.3).

Die Tabelle 59. zeigt die Reduktion des Strombedarfs der Kleinverbraucher in Münster bis zum Jahr 2005, aufgeteilt nach Verwendungszwecken. Insgesamt ist es möglich, mit einer konsequenten Klimaschutzpolitik unter Ausnutzung der Möglichkeiten effizienter Stromnutzung und der Substitution den Strombedarf der Kleinverbraucher um etwa 25 % von 539 GWh im Jahr 1991 auf 404 GWh im Jahr 2005 zu reduzieren. Gegenüber dem Referenzjahr, für das als Datenbasis nur eine Interpolation zwischen 1985 und 1990 zur Verfügung stand, ergibt sich eine Reduktion des Stromeinsatzes um 19,2 %.

Tabelle 59. Entwicklung des Stromeinsatzes im Klimaschutz-Szenario nach Verwendungszwecken von 1987 bis 2005 in Münster

Verwendungszwecke	Stromeinsatz 1)				Änderung		
	1987 in GWh	1991		2005		91-05	87-05
		in GWh	in %	in GWh	in %	in %	
Raumwärme		27,5	5,1	6,6	1,6	-76,1	
Warmwasser		22,7	4,2	13,5	3,3	-40,4	
Prozeßwärme		11,9	2,2	8,3	2,1	-30,0	
Kraft		60,4	11,2	55,2	13,6	-8,5	
Licht		151,8	28,1	123,7	30,6	-18,5	
Kühlung		54,2	10,0	34,5	8,5	-36,4	
Lüftung		107,2	19,9	84,0	20,8	-21,6	
EDV		36,4	6,8	27,7	6,8	-23,9	
Kochen		19,0	3,5	11,3	2,8	-40,3	
Sonstige		15,4	2,9	15,0	3,7	-2,7	
Restgröße 2)		32,9	6,1	24,7	6,1	-25,0	
Summe/Durchschnitt	500,3	539,3	100,0	404,4	100,0	-25,0	-19,2

1) 1987 interpol. aus SWM (1993); 2) nicht erkl. Differenz versch. Ang. der SWM, Einsparung pauschal 25 %

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Prozentual sind die größten Reduktionen im Bereich der Raumwärme mit 76 % (21 GWh) sowie beim Kochen und bei der Warmwasserbereitung mit je etwa 40 % (8 bzw. 9 GWh) möglich. Dies wird vor allem durch die hohen Stromsubstitutionspotentiale in diesen Anwendungsbereichen ermöglicht. Bei der Kühlung und der Prozeßwärme werden die Substitutionspotentiale allerdings teilweise durch die Wachstums-

trends kompensiert, so daß die Reduktionsraten nur bei 36 bzw. 30 % liegen. Absolut sind das bei der Kühlung 20 GWh Reduktion und bei der Prozeßwärme nur 3,6 GWh. Für den bei der Branchenaufgliederung nicht erklärbaren Rest von etwa 6 % des Stromeinsatzes wurde eine durchschnittliche Einsparrate von 25 % im Klimaschutz-Szenario angenommen. Diese Einsparung entspricht dem Durchschnitt aller Anwendungszwecke und Branchen in Münster.

Bei der Betrachtung der absoluten Reduktionen zeigt sich auch die große Bedeutung der Beleuchtung als wichtigster Stromanwendung im Kleinverbrauchssektor. Mit 28 GWh entfällt fast ein Viertel der absoluten Stromeinsparung allein auf diesen Verwendungszweck. An zweiter Stelle folgt die Lüftung mit einer Reduktion um 23 GWh.

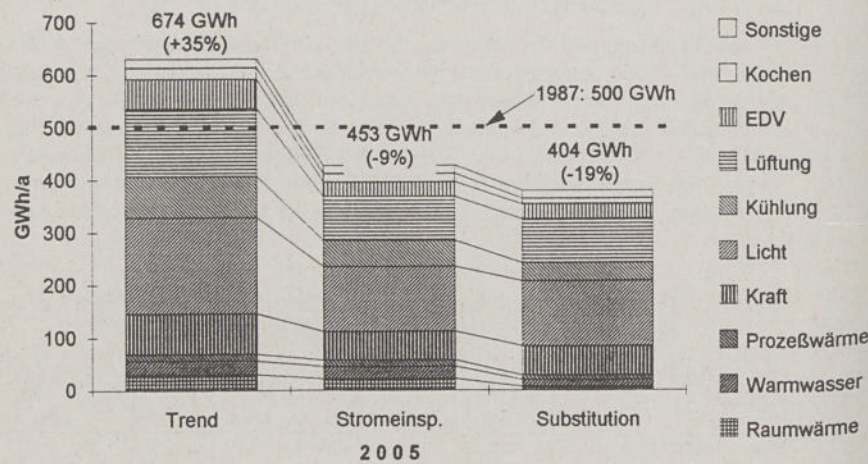


Abb. 3. Stromspar- und -substitutionspotentiale nach Verwendungszwecken im Klimaschutz-Szenario im Jahr 2005 gegenüber dem Trend in Münster

Die Abbildung 3 stellt die Potentiale zur zusätzlichen Stromeinsparung gegenüber dem Trend noch einmal graphisch dar. Die erste Säule gibt den Strombedarf der Kleinverbraucher im Jahr 2005 nach Verwendungszwecken wieder. Im Vergleich mit der zweiten Säule zeigen sich die zusätzlichen Stromeinsparpotentiale im Klimaschutz-Szenario, die insbesondere bei der Beleuchtung, der Kühlung, der Lüftung und der EDV ausgeprägt sind. Diese zusätzlichen Sparpotentiale reichen aus, um den Verbrauchszuwachs von fast 35 % im Trend auszugleichen und eine Reduktion des Strombedarfs der Kleinverbraucher um 9 % gegenüber 1987 zu bewirken. In der dritten Säule wird der zusätzliche Effekt der Stromsubstitution sichtbar, die sich auf die Wärmeanwendungen im unteren Teil sowie auf die Kühlung und das Kochen auswirkt. Durch die Substitution ist es möglich den Stromeinsatz der Kleinverbraucher insgesamt um 25 % gegenüber 1991 zu reduzieren. Gegenüber 1987 beträgt die Reduktion nur etwa 19 %.

Tabelle 60. Entwicklung des Stromeinsatzes im Klimaschutz-Szenario nach Branchen in Münster, 1991 - 2005

Branche	Stromeinsatz				Änderung 91 - 05 %
	1991		2005		
	GWh	%	GWh	%	
Landwirtschaft	12,5	2,3	8,0	2,0	-35,7
Gartenbau	1,8	0,3	1,5	0,4	-14,7
Handwerk u. Kleinindustrie	7,1	1,3	6,9	1,7	-3,0
Wäschereien u. Reinigungen	1,8	0,3	1,5	0,4	-19,9
Baugewerbe (o. Sonderv. 1)	4,6	0,8	3,6	0,9	-22,3
Gesamt	27,7	5,1	21,4	5,3	-22,7
Einzelhandel (food)	22,4	4,2	18,2	4,5	-18,9
Kaufhäuser / Fachmärkte	42,4	7,9	35,6	8,8	-16,0
Sonstiger Einzelhandel	30,4	5,6	26,1	6,4	-14,2
Großhandel (food)	11,6	2,2	9,1	2,3	-21,5
Großhandel (nonfood 2)	8,5	1,6	7,9	1,9	-7,2
Handel u. sonst. 3)	115,3	21,4	96,8	23,9	-16,0
Banken u. Versicherungen	55,2	10,2	42,7	10,6	-22,6
Gastgewerbe	25,6	4,7	20,0	5,0	-21,7
Beherbergungsgewerbe 4)	15,1	2,8	12,1	3,0	-19,9
sonst. priv. Dienstleistungen 5)	40,3	7,5	31,4	7,8	-22,1
sonst. öff. Dienstleistungen 6)	4,9	0,9	3,7	0,9	-24,4
Dienstleistungen	85,9	15,9	67,2	16,6	-21,7
Krankenhäuser u. Gesundh. 7)	85,7	15,9	58,4	14,4	-31,8
Kirchliche Einrichtungen	8,2	1,5	6,2	1,5	-24,4
Verkehr u. Nachrichtenüberm.	19,5	3,6	15,2	3,8	-22,1
Schulen	6,1	1,1	4,1	1,0	-32,6
Schwimmbäder	3,4	0,6	2,2	0,5	-35,7
Gebietskörperschaften 8)	77,5	14,4	58,5	14,5	-24,4
Stationierungstreitkräfte	21,9	4,1	6,9	1,7	-68,6
Sonstige	222,3	41,2	151,6	37,5	-31,8
nicht erklärte Restgröße	32,9	6,1	24,7	6,1	-25,0
Summe Kleinverbraucher	539,3	100,0	404,4	100,0	-25,0

Quelle: Lechtenböhrer (1994)

Die Verteilung dieser Reduktion auf die einzelnen Branchen zeigt Tabelle 60. Die unterschiedliche Entwicklung in den einzelnen Branchen wird hierbei zum einen durch die jeweilige wirtschaftliche Entwicklung der Branche und zum anderen durch die Anteile der einzelnen Verwendungsarten der elektrischen Energie in der Branche bestimmt. Demzufolge sinkt der Strombedarf des Militärs und der Landwirtschaft mit 68 bzw. 36 % überdurchschnittlich stark, da hier nicht nur eine steigende Effizienz der Stromnutzung sondern auch ein Sinken der Beschäftigtenzahlen als wichtigster Treibergröße zusammenkommen. Ähnliches gilt auch für die Schulen, Schwimmbäder und Krankenhäuser, in denen Wachstumsimpulse auf den Strombedarf nur noch durch den Mehreinsatz von Geräten ausgehen. Hier sind ebenfalls mit 32 bis 36 % überdurchschnittliche Reduktionsraten des Strombedarfs zu erwarten. Unterdurchschnittliche Reduktionen sind dagegen im Bereich der Dienstleistungen, der Banken und Versicherungen und des Gewerbes mit etwa 22 % sowie im Handel mit nur 16 % zu erwarten. Im Bereich des Handels läßt sich allerdings ein deutlicher Unterschied zwischen Lebensmittelhandel und den sonstigen Handelszweigen erkennen. Hier wirken sich die

hohen Sparmöglichkeiten, vor allem durch Kraft-Kälte-Kopplung, im Kühlungsbereich aus.

Absolut gesehen liegen die größten Einsparpotentiale ebenfalls im Bereich der öffentlichen Einrichtungen. Im Bereich der Krankenhäuser sind alleine 27 GWh/a und bei den Gebietskörperschaften weitere 19 GWh/a einzusparen bzw. zu substituieren. Das sind bereits rd. 37 % der insgesamt im Kleinverbrauchssektor einsparbaren elektrischen Energie.

Im Klimaschutz-Szenario kann beim Strombedarf der Kleinverbraucher, wie Abbildung 4 zeigt, durch eine aktive Stromsparförderung eine Trendwende erreicht werden. In den achtziger Jahren war ein erhebliches Wachstum der Stromverbräuche im Kleinverbrauchssektor zu verzeichnen. Dieses Wachstum schwächte sich zwar bereits in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts etwa ab, es wird sich aber, wie das Trendszenario zeigt, auch in Zukunft forsetzen. Die Wachstumsraten werden zwar weiter sinken, trotzdem ist bis 2005 im Trend mit einem Anstieg der Stromverbräuche um 25 % zu rechnen. Im Verlauf der gesamten Periode von 1980 bis 2005 wäre das eine Zunahme von über 70 %.

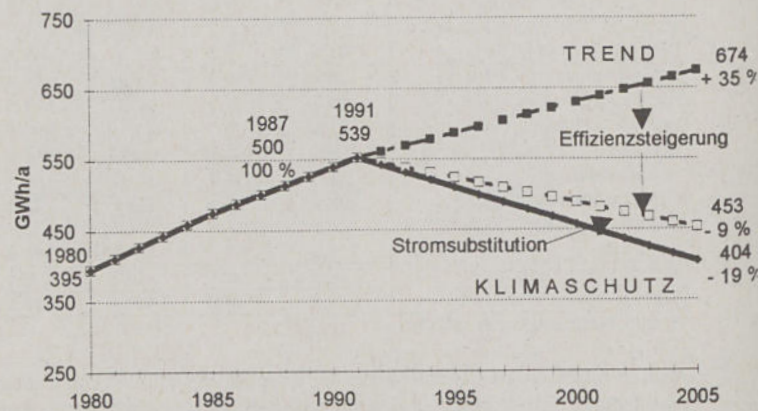


Abb. 4. Entwicklung des Strombedarfs der Kleinverbraucher im Klimaschutz-Szenario in Münster von 1980 bis 2005 (in GWh/a)

Diesem Trend wird im Klimaschutz-Szenario eine aktive Stromspar- und Emissionsminderungspolitik entgegengesetzt, die möglichst viele der vorhandenen wirtschaftlichen Möglichkeiten der rationelleren Stromnutzung einsetzt. Hierdurch läßt sich bereits eine Trendwende beim Stromverbrauch erreichen. Anstelle eines Anstiegs der Verbräuche um 35 % bzw. 174 kt CO₂ gegenüber dem Wert von 1987 bzw. von 25 % gegenüber 1991 kommt es bis 2005 zu einem Rückgang um 9 % bzw. 86 GWh im Vergleich zu 1991. Dieser Rückgang bedeutet, daß im Trendszenario Stromsparsparpotentiale von etwa einem Drittel ungenutzt bleiben, die durch eine Klimaschutzstrategie mobilisiert werden.

Ergänzend kommen die Möglichkeiten der Substitution der elektrischen Energie durch Erdgas oder Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung hinzu. Hierdurch lassen sich die Stromverbräuche um weitere 10 % bzw. 49 GWh reduzieren.

Insgesamt zeigt sich: Auch im stark wachsenden Strombereich sind erhebliche wirtschaftliche Einsparpotentiale vorhanden. Werden sie konsequent genutzt, so kann auch dieser Sektor einen Beitrag zur Emissionsreduktion in der Höhe von rund 50.000 t CO₂ gegenüber 1987 leisten.

6.2

Zusatzkosten der Stromeinsparung und -substitution

Um die oben dargestellten Einsparungen und Stromsubstitutionen realisieren zu können, müssen die Verbraucher zukünftig anders mit der elektrischen Energie umgehen. Außerdem muß der Stromverbrauch eines Geräts bereits bei der Anschaffung ein zentraler Aspekt sein, bzw. der Stromverbrauch von Gebäuden und Anlagen bereits bei der Planung und Dimensionierung berücksichtigt werden.

Beim Einsatz der energieeffizientesten Technik können Mehrkosten entstehen, z. B. durch einen eventuell höheren Anschaffungspreis gegenüber alternativen Geräten oder Anlagen mit höherem Strombedarf, einen höheren Wartungsaufwand u. ä. Diese Mehrkosten wurden, nach Anwendungen differenziert, von Hennicke et al. (1993 u. 1994) für die wichtigsten Stromeinsparstechniken (Tab. 61.) sowie für die Stromsubstitution (Tab. 62.) abgeschätzt.

Die in den Tabellen wiedergegebenen Preise und Investitionssummen sind als mittlere Zusatzkosten zu verstehen. D. h. bei der notwendigen Anschaffung beispielsweise eines Kühlschranks ist hier der Aufpreis des stromsparenden Geräts gegenüber dem Marktdurchschnitt von vielleicht 50 DM enthalten. In vielen Bereichen betragen die Zusatzkosten nur wenige Prozent der Gesamtkosten, bzw. tendieren wie im Bereich der Bürogeräte gegen Null. Der Rest der Investitionssumme ist zwar ebenfalls aufzubringen, da aber davon ausgegangen wird, daß dies ohnehin im Rahmen einer Neu- oder Ersatzbeschaffung geschehen wäre, werden die Kosten hierfür nicht mit in die Rechnung einbezogen.

Ebenfalls nicht berücksichtigt sind in den Schätzungen die Kosteneinsparungen durch die Vermeidung von Spitzenlast, die bei einigen Maßnahmen eine nennenswerte Größenordnung erreichen. Diese Maßnahmen, die sich erst durch eine Analyse des Lastverlaufs ermitteln lassen sind die für Least-Cost-Planning-Programme interessantesten. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben die Kosten zur Mobilisierung der Stromsparsparpotentiale durch Informationskampagnen, Beratungs- und Prämienprogramme.

Die Tabelle 61. stellt die Zusatzkosten für die einzelnen Verwendungszwecke dar. Dabei handelt es sich um mittlere Kosten, d.h. die Kosten können im Einzelfall deutlich nach oben oder unten abweichen. Die zusätzlichen Kosten für die stromsparendsten Geräte und Techniken liegen zwischen 0 und 8 Pf pro eingesparter kWh. Im Mittel liegen sie bei etwa 4,3 Pf/kWh. Diese Vermeidungskosten für elektrische Energie liegen erheblich unter den derzeitigen Bezugs- bzw. Erzeugungskosten des elektrischen Stroms. Es ist also sehr wirtschaftlich, die effizientesten Stromspartechniken zu verwenden.

Tabelle 61. Zusatzkosten der Stromeinsparung gegenüber dem Trend im Jahr 2005 in Münster

Verwendungszw.	Trend in GWh	Sparpotential 1)		Zusatzkosten 2)	
		in GWh	in %	Pf/kWh 2)	Mio.DM 3)
Raumwärme	29,8	-23,2	-77,9	4,1	9,5
Warmwasser	26,2	-12,7	-48,4	8,0	10,1
Prozeßwärme	13,2	-4,9	-37,0	5,0	2,4
Motoren / Kraft	76,7	-21,5	-28,0	4,7	10,1
Beleuchtung	182,4	-58,7	-32,2	6,9	40,5
Kühlung / Klima	78,4	-43,9	-56,0	2,0	8,8
Lüftung	129,2	-45,2	-35,0	4,3	19,4
Bürogeräte / EDV	55,4	-27,7	-50,0	0,0	0,0
Kochen	22,6	-11,3	-50,0	5,0	5,7
Sonstige	16,6	-1,7	-10,0	5,0	0,8
Summe/Durchs.	630,5	-250,7	-39,8	4,3	107,4

1) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

2) bezogen auf die Lebensdauer; 3) Zusatzinvestitionsbedarf bis 2005

Quelle: Lechtenböhrmer (1994) berechnet nach Hennicke et al. (1993)

Unter der Annahme, daß die meisten Geräte und Anlagen eine Lebensdauer von etwa 12 bis 15 Jahren haben, kann damit gerechnet werden, daß alle im Klimaschutzszenario durchzuführenden Einsparungen bis zum Jahr 2005 Bestand haben. Hieraus läßt sich eine Abschätzung für die Zusatzinvestitionen zur Stromeinsparung in diesem Zeitraum gewinnen. Bis 2005 sind demnach in Münster im Rahmen eines Stromsparprogramms für den Kleinverbrauchssektor rund 107 Mio. DM an Mehrkosten für effizientere Geräte aufzubringen. Pro Jahr wäre das eine Summe von 7,6 Mio. DM, die sich aber durch die Einsparungen bei den Strombezugskosten mehr als rentiert.

Tabelle 62. Zusatzkosten der Stromsubstitution gegenüber dem Trend im Jahr 2005 in Münster

Verwendungszw.	Strombedarf 2005		Substitutionspotential 1)		Zusatzkosten 2)	
	Trend in GWh	nach Einsp. in GWh	in GWh	in %	Pf/kWh 2)	Mio.DM 3)
Raumwärme	29,8	6,6	4,6	70,0	9,8	4,5
Warmwasser	26,2	13,5	5,4	40,0	10,1	5,5
Prozeßwärme	13,2	8,3	2,5	30,0	16,1	4,0
Kühlung / Klima	78,4	34,5	10,4	30,0	n.q.	—
Kochen	22,6	11,3	3,4	30,0	9,2	3,1
Summe/Durchs.	170,2	74,2	26,3	35,4	10,8	17,1

1) Einsparpotential bezogen auf den Trend nach zusätzlichem Stromsparen im Jahr 2005;

2) bezogen auf die Lebensdauer; 3) Zusatzinvestitionsbedarf bis 2005; n.q.: nicht quantifiziert

Quelle: Lechtenböhrmer (1994) berechnet nach Hennicke et al. (1994)

Für das Stromsubstitutionspotential - mit Ausnahme der Kraft-Kälte-Kopplung zur Stromsubstitution im Kältebereich - wurde ebenfalls eine Schätzung der mittleren Zusatzkosten durchgeführt. Sie liegen mit 9,2 bis 16,1 Pf/kWh erheblich über den Strommeinsparkosten, aber immer noch deutlich unterhalb der Strombezugskosten, so daß sich auch die Stromsubstitutionspotentiale über ihre Lebensdauer bezahlt machen.

Insgesamt sind im Klimaschutz-Szenario bis 2005 Zusatzinvestitionen in der Größenordnung von 107 Mio. DM für die Stromeinsparung und von mindestens 17 Mio. DM für die Stromsubstitution, insgesamt also rund 125 Mio. DM aufzubringen. Dem steht allerdings im Zeitraum von 1991 bis 2005 eine Strombezugskosten einsparung bei einem mittleren Arbeitspreis von 25 Pf/kWh von schätzungsweise 438 Mio. DM durch die Stromeinsparung und von 46 Mio. DM durch die Substitution, d. h. von insgesamt fast einer halben Milliarde DM gegenüber. Gleichzeitige Kosteneinsparungen beim Leistungsbezug sind hier nicht mit berücksichtigt.

7 CO₂-Minderungspotential bei der Stromnutzung im Kleinverbrauchssektor

In den voranstehenden Kapiteln wurde für den Trend und für ein Klimaschutz-Szenario im Detail aufgezeigt, wie sich der Stromverbrauch in Münster in der Zukunft entwickeln könnte. Während im Trend bis 2005 mit einer Zunahme der Stromverbräuche der Kleinverbraucher in Münster um rd. 25 % gegenüber 1991 zu rechnen ist, werden sie im Klimaschutz-Szenario um etwa 25 % sinken. Im folgenden werden die durch den Stromeinsatz bedingten CO₂-Emissionen der beiden Szenarien dargestellt.

Für die Darstellung wurde analog zur Vorgehensweise des Beirats für Klima und Energie ein einheitlicher Emissionsfaktor des VEW-Kraftwerksparks von 636 g CO₂/kWh zugrundegelegt. Durch eine Effizienzsteigerung bei der Stromerzeugung bei den VEW ist noch eine weitere Reduktion der durch die Stromnutzung in Münster verursachten Emissionen möglich (vgl. Bach, Lechtenböhrer, Oppermann 1993).

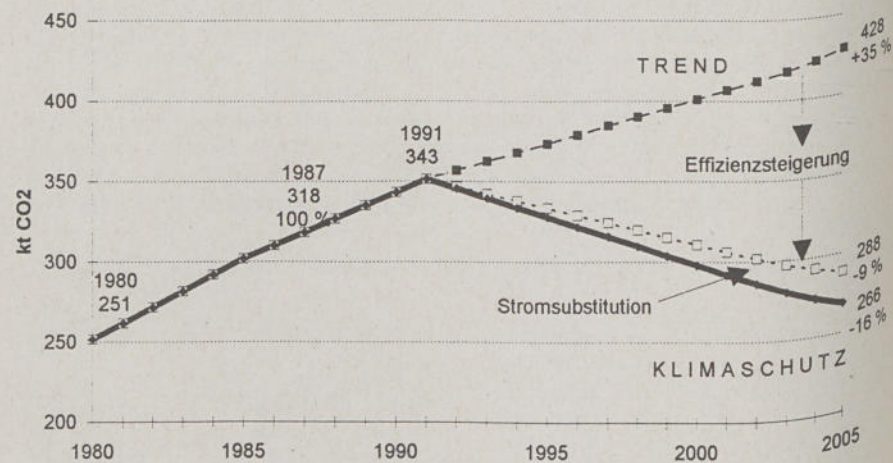


Abb. 5. Entwicklung der CO₂-Emissionen der Kleinverbraucher im Strombereich von 1980 bis 2005 (in kt)

Im Trendszenario ist mit einem Anstieg der CO₂-Emissionen von 318.000 t im Jahr 1987 auf 428.000 t oder um 35 % zu rechnen. Hiervon lassen sich durch Stromeinsparprogramme etwa 140.000 t vermeiden, so daß eine CO₂-Reduktion von fast 33 % gegenüber dem Trend bzw. 16 % gegenüber 1987 möglich ist (Abb. 5). Lediglich im Bereich der Stromsubstitution ist die CO₂-Vermeidung gegenüber 1987 mit 7 % bzw. 22.000 t etwas geringer als die Stromeinsparung, die rd. 10 % beträgt, da die

Emissionen des zur Substitution eingesetzten Energieträgers (i. d. R. Erdgas) von den vermiedenen Emissionen abgezogen werden müssen.

Insgesamt ist im Klimaschutz-Szenario eine Reduktion der CO₂-Emissionen durch den Stromeinsatz der Kleinverbraucher auf 266.000 t im Jahr 2005 möglich. Damit erreichen die Emissionen in diesem Bereich beinahe wieder das Niveau des Jahres 1980. Gegenüber dem Trend ist das eine Emissionsreduktion von fast 40 %. Mit einer Reduktion von etwa 22 % bezogen auf 1991 bzw. von 16 % bezogen auf das Basisjahr 1987 wird das 30prozentige Emissionsreduktionsziel im Strombereich allerdings nicht erreicht.

8 Handlungsempfehlungen

Die im Klimaschutz-Szenario gezeigten erheblichen Sparpotentiale gegenüber dem Trend sind nur durch ein umfangreiches Handlungsprogramm zu erschließen. Dieses Programm muß

- die Werbung für Stromsparmaßnahmen,
- die Information der Verbraucher, der Beschaffungsstellen sowie der Gebäudeplaner über stromsparende Techniken,
- finanzielle Anreize für den Einsatz stromsparender Techniken und
- Umsetzungs- und Finanzierungsdienstleistungen (Contracting)

miteinander kombinieren. Zur Zeit gibt es in Deutschland bereits einige Stromeinsparprogramme, deren Palette mittlerweile die meisten Gerätearten umfaßt. Allerdings sind diese Programme bisher weitgehend auf den Haushaltssektor als Zielgruppe beschränkt (Clausnitzer, 1994). Ein Programm für den Kleinverbrauchssektor muß langfristig alle Kunden dieser Gruppe und alle Verwendungsarten der elektrischen Energie berücksichtigen. Für Münster lassen sich fünf primäre Handlungsschwerpunkte benennen:

1. Den wichtigsten Stromverbrauchsbereich bilden in Münster die Bürogebäude. Deshalb sollte die energetische Sanierung eines exemplarischen Bürogebäudes am Beginn eines großangelegten Stromsparprogramms stehen. Hier bietet sich die Kooperation mit den Banken und Versicherungen an, da hierdurch wichtige Partner für die Finanzierung gewonnen werden können. Bei der elektrotechnischen Sanierung eines öffentlichen Gebäudes muß gleichzeitig ein Finanzierungsmodell entwickelt werden (z. B. Contracting)
2. Die Branche mit den größten Stromspar- und -substitutionspotentialen sind in Münster die Krankenhäuser, in denen allein mehr als 21 % der Stromeinsparungen in Münster realisiert werden können. In den Krankenhäusern liegen die Probleme sowohl in den komplexen technischen Systemen, die eine Sanierung besonders erschweren, als auch in der Finanzierungsform, die spezielle Lösungen erfordert. Ein zweites Demonstrationsprojekt sollte also im Krankenhausbereich angesiedelt sein.
3. Der Handel ist in Münster die Verbraucherguppe mit dem größten Wachstumspotential des Strombedarfs. Insbesondere Kühlung und Klimatisierung werden hier die Stromverbräuche in die Höhe treiben. Daran sollte ein drittes Pilotprogramm anknüpfen, das die Kühlung, Klimatisierung und Beleuchtung als Schwerpunkte hat. Die fällige Sanierung eines großen Kaufhauses o. ä. wäre hierfür der richtige Ansatzpunkt.
4. Da ein großer Teil des Stromsparpotentials in Münster im Bereich der öffentlichen Einrichtungen zu finden ist, in dem die Finanzierung von Einsparmaßnahmen ein besonderes Problem ist, muß ein geeignetes Finanzierungsmodell für Stromsparmaßnahmen entwickelt werden. Es bietet sich an, im Rahmen der Modellprojekte zu 2 oder 1 ein Contracting Modell zu entwickeln, das z. B. auf den Erfahrungen der Stadtwerke mit dem Wärme-Service-Erdgas aufbaut.

5. Um einen Breitereffekt zu erzielen, soll insbesondere die Zusammenarbeit mit Banken, Versicherungen oder Kaufhäusern aufgenommen werden, da diese oft an einer Verbreitung der Umweltschutzerfolge durch Stromsparen aus Marketinggesichtspunkten interessiert sind.
6. Ein wesentlicher Einflußfaktor auf den Stromverbrauch eines Gebäudes ist bereits die Ausrichtung, Abschattung sowie die Dimensionierung und Steuerung der Beleuchtung und der raumlufttechnischen Anlagen während der Planungsphase. Hierdurch können unnötige Verbräuche bereits im Vorfeld vermieden werden. Die in Münster bestehenden Ausbildungskapazitäten (FH, Handwerkskammerbildungszentrum) sowie die vorhandenen berufsständischen Organisationen sollten in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken eine Qualifizierungsinitiative zum Energie- und insbesondere Stromsparen beginnen. Hierfür könnte mit einem geplanten Schwerpunkt des Weiterbildungsprogramms im Rahmen des REN-Programms des Landes kooperiert werden.

Die Kostenabschätzung im Kapitel 6.2 zeigt eine erste Reihenfolge der durchzuführenden Sparmaßnahmen im Rahmen einer Klimaschutzstrategie. Allerdings ist die Abschätzung auf der Ebene von Verwendungszwecken relativ grobmaschig, einzelne Techniken können sowohl teurer als auch preisgünstiger sein. Auf der Ebene von Einzeltechniken kann die Reihenfolge also durchaus anders sein als dies nach der vorläufigen Analyse für die Verwendungszwecke gilt.

Tabelle 63. Vorläufige Prioritätenreihung der Maßnahmen zur Verminderung des Stromeinsatzes nach ihren Vermeidungskosten

Maßnahmen- kategorie	Vermeidungs- kosten in Pf/kWh	Sparpotential	
		einzel in GWh	kumuliert in GWh
Bürogeräte / EDV Einsparung	0,0	27,7	27,7
Kühlung Einsparung	2,0	29,1	56,8
Raumwärme Einsparung	4,1	7,8	64,6
Lüftung Einsparung	4,3	45,2	109,8
Motoren / Kraft Einsparung	4,7	21,5	131,3
Prozeßwärme Einsparung	5,0	1,3	132,6
Kochen Einsparung	5,0	6,5	139,1
Sonstige Einsparung	5,0	1,7	140,7
Beleuchtung Einsparung	6,9	58,7	199,5
Warmwasser Einsparung	8,0	3,7	203,1
Kochen Substitution	9,2	4,8	208,0
Raumwärme Substitution	9,8	15,4	223,4
Warmwasser Substitution	10,1	9,0	232,4
Prozeßwärme Substitution	16,1	3,6	235,9
Kühlung Substitution	k.A.	14,8	250,7

Quelle: Lechtenböhmer (1994) nach Hennicke et al. (1993 u. 1994)

Die Tabelle 63. zeigt, daß Informationsmaßnahmen zur Auswahl der energiesparendsten Technik im Bereich der EDV und Bürogeräte die kostengünstigsten Einsparpotentiale erschließen können. Mit 28 GWh liegen in diesem Bereich mehr als 11 % der

gesamten Einsparmöglichkeiten im Kleinverbrauchssektor, wobei es sich allerdings überwiegend um die Vermeidung eines Wachstumstrends handelt.

An zweiter Stelle steht bereits die Stromeinsparung im Kühlungsbereich durch technische und organisatorische Maßnahmen, die ein Potential von 29 GWh zu durchschnittlichen Kosten von 2 Pf/kWh erschließt. Hierfür müßte ein gezieltes Kühlgeräte- und Kühlanlagenprogramm durchgeführt werden, das ebenfalls den Bereich der Substitution von Elektrokälte erfassen sollte, dessen Kosten bislang noch nicht quantifiziert wurden.

Insgesamt wird bei der Reihung der Maßnahmen in Tabelle 63. deutlich, daß die Stromeinsparung, selbst bei den großen Unsicherheiten der zugrundeliegenden Kostenschätzung, wirtschaftlich möglich ist. Etwa die Hälfte des aufgezeigten Sparpotentials ist zu durchschnittlichen Zusatzkosten von unter 5 Pf/kWh zu erschließen, d. h. bei einem für typische Kleinverbraucher sehr niedrig angesetzten Arbeitspreis von 25 Pf/kWh ergeben sich Amortisationszeiten dieser Stromsparinvestitionen von drei Jahren, ohne Berücksichtigung weiterer Einsparungen beim Leistungspreis.

Teil 2:

Emissionen der Landwirtschaft in Münster

1

Bedeutung der Landwirtschaft für den Treibhauseffekt

In der klimapolitischen Debatte wird die Bedeutung der Landwirtschaft als wichtigem Verursacher von Treibhausgasen zunehmend erkannt.

Die Tabelle 1. zeigt die derzeitigen Anteile der einzelnen Treibhausgase am anthropogenen Treibhauseffekt und ihre relative Treibhauswirksamkeit, gewichtet nach ihrem relativen globalen Erwärmungspotential (GWP = Global Warming Potential) über einen Zeitraum von 100 Jahren sowie die Hauptemittenten der einzelnen Gase.

Tabelle 1. Anteile der einzelnen Gase und der Emittentengruppen am Treibhauseffekt 1990

Treibhausgas	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	FCKW	andere
Anteil am Treibhauseffekt weltweit 1)					
in %	50	13	5	22	10 2)
Relatives Treibhauspotential 3)					
für 100 Jahre	1	21	290	3500 - 7300	---
Emissionen in Deutschland					
	Mt/a	kt/a	kt/a		
Energiebereich	1.008	1.750	35	k.A.	k.A.
Produktion	23	10	100	k.A.	k.A.
Landwirtschaft	---	2.050	75	k.A.	k.A.
Sonstige	---	2.190	10	k.A.	k.A.
Summe	1.031	6.000	220	k.A.	k.A.

1) in den 80er Jahren; 2) Ozon und stratosphärischer Wasserdampf; 3) bezogen auf die Masse
Quellen: Enquete (1990) und BMU (1993)

Es wird deutlich, daß der Energieeinsatz der wesentliche Emissionsbereich und damit Verursacher des Treibhauseffekts ist. Die Emission von CO₂ ist für etwa 50 % des Treibhauseffekts verantwortlich und wird in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursacht. Da gleichzeitig auch ein größerer Teil der anderen Treibhausgase bei der Verbrennung entsteht, wird das CO₂ als Leitgas verwendet, d. h. die meisten Klimaschutzziele beziehen sich auf die CO₂-Emissionen. An dritter Stelle stehen die Methan-Emissionen, die ohne die indirekten Effekte für etwa 13 % des Treibhauseffekts verantwortlich sind. Ein großer Teil der CH₄-Emissionen wird durch die Intensivlandwirtschaft - insbesondere die Massentierhaltung und den Reisanbau in den Tropen - verursacht. In Deutschland beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den CH₄-Emissionen etwas mehr als ein Drittel. Ebenfalls einen hohen Anteil (34 %) hat die Landwirtschaft an den Stickstoffdioxidemissionen durch die Aufbringung von stickstoffhaltigem Dünger sowie von Gülle auf die Felder.

Zu diesen spezifischen produktionsbedingten Emissionen kommen die Emissionen durch den Energieeinsatz der Landwirtschaft hinzu. Insgesamt sind sich 5 Hauptgrup-

pen für die Emission von Treibhausgasen durch die deutsche Landwirtschaft festzustellen:

1. der Einsatz von Dieselöl in Traktoren und Landmaschinen,
2. der Einsatz von Brennstoffen o. ä. zur Beheizung von Wohnhäusern und teilweise auch Betriebsgebäuden,
3. der Einsatz elektrischer Energie für Maschinen, Geräte, Beleuchtung und andere Verwendungszwecke,
4. die Methanemissionen durch die Viehhaltung und
5. die Stickoxidemissionen durch die Düngung mit Stickstoffdünger und Gülle.

2

Die Emissionen der Landwirtschaft in Münster

Obwohl die Stadt Münster mit 687 Betrieben 1990 die höchste Zahl an land- und forstwirtschaftlichen Betrieben aller kreisfreien Städte Nordrhein-Westfalens hatte, trug die Landwirtschaft nur zu 0,6 % (1988) zur Bruttowertschöpfung der Stadt Münster bei (Stadt Münster, 1992b). Mit etwa einem Prozent der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ist die wirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft Münsters nur noch sehr gering und liegt noch unter dem Bundesdurchschnitt. Die Bedeutung für Münster wird in erster Linie durch die vielen in Münster ansässigen landwirtschaftlichen Zentralinstitutionen bestimmt, die an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden, da sie zum Dienstleistungssektor zählen.

An den energetisch bedingten Treibhausgasemissionen hat die Landwirtschaft in Münster aufgrund ihrer geringen Bedeutung nur einen relativ geringen Anteil. Die Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan werden dagegen in Deutschland zu etwa einem Drittel von der Landwirtschaft emittiert (BMU, 1993). Vor dem Hintergrund dieser Tatsache soll für Münster der Frage nachgegangen werden, welcher Anteil der Treibhausgasemissionen der Stadt Münster auf die Landwirtschaft entfällt.

Der energetische Emissionsausstoß der Landwirtschaft (nur Leitgas CO₂) wird zum Teil von anderen Arbeitsgruppen des Energiebeirats mitbehandelt. So wird Punkt 2 (Heizenergie) in der Arbeitsgruppe Raumwärme in Haushalten und Kleinverbrauch mitabgedeckt und Punkt 3 (Stromeinsatz) an anderer Stelle im Rahmen dieses Berichts abgehandelt. Im folgenden wird deshalb nur noch näher auf die energiebedingten Emissionen der Ackerschlepper und Landmaschinen sowie auf die Methan- und Distickstoffemissionen durch Viehhaltung und Düngung eingegangen.

Betrieb von Ackerschleppern und Landmaschinen

Der Betrieb von Ackerschleppern, Landmaschinen und anderen Geräten in der Landwirtschaft verursacht die Emission von Treibhausgasen durch die Verbrennung von Dieselmotoren. Da der Land- und Forstwirtschaft die Mineralölsteuer auf Treibstoffe zurückerstattet wird, existieren bei der Landwirtschaftskammer relativ genaue Angaben über den Dieseleinsatz in der Landwirtschaft. Eine Befreiung von der Mineralölsteuer gilt hierbei für land- und forstwirtschaftlichen Bedarf, nicht aber für Milchtransporte und Straßentransporte von Lohnunternehmern. Eine teilweise Nutzung des steuerbefreiten Diesels in Privat-PKW der Landwirte läßt sich dagegen nicht völlig

2.1

ausschließen. Über typische Emissionsfaktoren für die verschiedenen Fahrzeuge lassen sich hieraus die Emissionen in Münster ermitteln.

1990 existierten nach Angaben der Landwirtschaftskammer 503 landwirtschaftliche Betriebe, die zusammen 14.683 ha Fläche bewirtschafteten. Insgesamt benötigten sie hierfür 2,151 Million Liter Dieselmotorkraftstoff (Oppermann, 1994). Mit einem Durchschnitt von 146,5 l/ha lag die Stadt Münster etwas über dem Durchschnitt des Kammerbezirks der Landwirtschaftskammer Münster. Der spezifische Dieseleinsatz wird durch verschiedene Einflußfaktoren bestimmt:

- Der Waldanteil,
- der Grünlandanteil,
- die Anbauarten,
- der vorhandene Maschinenpark und
- das Alter der Maschinen

spielen eine wesentliche Rolle für den flächenspezifischen Dieseleinsatz in der Landwirtschaft. Die relativ intensive Landwirtschaft in Münster ist also der Hauptgrund für den etwas überdurchschnittlichen Verbrauch in Münster. Mit 149, 145 bzw. 171 l/ha weisen die ähnlich strukturierten Münsterlandkreise Steinfurt, Coesfeld und Borken ähnlich hohe bzw. noch höhere spezifische Verbräuche auf. Geringe Verbräuche dagegen sind in Regionen mit hohem Wald- und Grünlandanteil zu finden, wie zum Beispiel im Kreis Siegen-Wittgenstein mit 104 l/ha.

Tabelle 2. Emissionen von Traktoren und anderen Landmaschinen in Münster 1990

Schadgas		spez. Emissionen g/kg Diesel 1)	Gesamtemissionen in t 2)
Stickoxide	NOx	56,000	101,184
Distickstoffoxid	N ₂ O	1,400	2,530
Ammoniak	NH ₃	0,008	0,014
Methan	CH ₄	0,240	0,434
Kohlenwasserst.	NM VOC	8,000	14,455
Kohlenmonoxid	CO	20,000	36,137
Partikel	PM	8,000	14,455
Kohlendioxid	CO ₂	3.280,000	5.926,485

1) Durchschnittswerte Ackerschlepper, Bestand EU n. Samaras u. Zierock (1994)

2) bei einem Gesamtverbrauch von 2,15 Mio. l Diesel; spez. Gewicht: 0,84 kg/l

3) flüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan

Quelle: Lechtenböhrner (1994)

Um aus den bekannten Dieselvebräuchen der Landwirtschaft die Emissionen von Treibhausgasen zu bestimmen, müssen die jeweiligen spezifischen Emissionen der eingesetzten Fahrzeuge und Maschinen bekannt sein. Die Emissionsfaktoren der Ackerschlepper und der anderen Landmaschinen unterscheiden sich in erster Linie durch das Alter der Motoren. Neben dem Maschinenpark spielt aber auch die Einsatzsituation eine Rolle für die Emissionen der Traktoren, denn der Zusammenhang zwischen dem Dieseleinsatz und den Emissionen ist nur beim CO₂ linear. Die Emissionsmengen der anderen Schadgase hängen dagegen stark von der jeweiligen Laststufe ab. Die in Ta-

belle 2. wiedergegebenen Emissionsfaktoren beruhen auf Durchschnittangaben von Samaras und Zierock (1994) für die EG. Mit 3,2 kg pro kg Diesel ist das CO₂ das am meisten emittierte Treibhausgas. Danach folgen die Stickoxide mit etwa 56 g/kg, das Kohlenmonoxid mit 20 g/kg sowie die Blei- und Kohlenwasserstoffemissionen mit rund 8 g/kg. Für die Landwirtschaft Münsters summieren sich die Emissionen im Jahr 1990 auf knapp 6.000 t CO₂, gut 100 t Stickoxide, 36 t Kohlenmonoxid und je etwa 15 t Blei und Kohlenwasserstoffe.

Die Tabelle 3. zeigt, daß allein durch verbesserte Motorentechniken bei einigen Schadstoffen deutliche Emissionsreduktionen zu erzielen sind. Insbesondere die Kohlenmonoxidemissionen lassen sich durch die Verwendung neuer Fahrzeugen um etwa die Hälfte gegenüber dem derzeitigen Stand reduzieren. Bei den Stickoxiden beträgt die Reduktion etwa ein Drittel und bei den Kohlenwasserstoffen immerhin noch etwa 11 %. Zusätzlich zu diesen Emissionsreduktionen durch die verbesserte Verbrennungstechnik kommen Reduktionen durch geringeren Dieselvebrauch z.B. durch effizientere Fahrzeug-, Getriebe- und Motorenkonzepte.

Tabelle 3. Reduktion der spezifischen Emissionen neuer Traktoren gegenüber dem Bestand

Schadgas	Spezifische Emissionen in g/kg Diesel		
	Bestand	Neufahrzeug	Reduktion
Kohlenmonoxid	20,0	10,1	49%
Kohlenwasserstoffe	8,0	7,1	11%
Stickoxide (als NO ₂)	56,0	36,1	36%
Schwefeldioxid	k.A.	1,5	—
Kohlendioxid	3.280,0	3.190,0	3%

Quellen: Samaras u. Zierock (1994); Wörgetter et al. (1991)

2.2

Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung

Der Brennstoffeinsatz der Landwirtschaft für die Wärmeerzeugung ist Gegenstand der Untersuchungen einer anderen Arbeitsgruppe des Beirats für Klima und Energie der Stadt Münster. Hier kann nur eine grobe Abschätzung durchgeführt werden.

Die Abschätzung der Bedarfs der Landwirtschaft an Niedertemperaturwärme kann auf der Basis des Verbrauchs der Haushalte in Münster erfolgen, da der Brennstoffeinsatz überwiegend durch die landwirtschaftlichen Haushalte geprägt ist, die den privaten Haushalten ähneln.

1990 benötigten die etwa 110.000 Haushalte Münsters rund 2.200 GWh Niedertemperaturwärme für die Heizung und die Warmwasserbereitung. Dies waren pro Haushalt etwa 20 MWh bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von 77 m² (vgl. Lechtenböhrner, Bach, 1994 u. Stadtwerke Münster, 1993f). In landwirtschaftlichen Betrieben ist überwiegend mit erheblich größeren Wohnungen zu rechnen. Außerdem zählen zu einem Betrieb oft noch weitere Wohnungen für Familienangehörige. Darüberhinaus ist bei den einzelstehenden landwirtschaftlichen Wohngebäuden mit einem spezifisch höheren Wärmebedarf zu rechnen als in durchschnittlichen Stadthaushalten. Insgesamt scheint ein Schätzwert von 40 MWh/a als durchschnittlicher Brennstoffverbrauchs-wert für die 687 landwirtschaftlichen Betriebe Münsters angemessen.

Aus der Betriebszahl und der Schätzwert für den Brennstoffeinsatz zur Niedertemperaturwärmewezeugung ergibt sich für 1990 ein ungefähre Brennstoffeinsatz der Landwirtschaft von 27.500 MWh/a. Das wären ca. 2,5 % des Niedertemperaturwärmeeinsatzes der Kleinverbraucher in Münster. Dieser Anteilswert entspricht dem Anteil der Landwirtschaft beim Strombedarf. Da in der Landwirtschaft, die in den Außenbezirken liegt, noch überwiegend mit Heizöl geheizt wird, ergeben sich hieraus für 1990 CO₂-Emissionen von 7.425 t.

2.3 Stromeinsatz

Der Stromeinsatz der Landwirtschaft wurde bereits in Teil 1 dieses Berichts detailliert dargestellt. Deshalb sollen hier nur die wesentlichen Ergebnisse kurz zusammengefaßt werden.

Im Jahr 1991 benötigte die Landwirtschaft in Münster mit 12,4 GWh etwa 2,5 % des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher und etwa 45 % des Stromeinsatzes im Gewerbe nach Abgrenzung der Stadtwerke. Die wichtigsten Einsatzzwecke waren Motoren und Kraft für Pumpen, Förderanlagen u. ä. mit 24 %. Danach folgten die Prozeßwärme mit 21 % sowie Beleuchtung (14 %) und Raumwärme (13 %).

Tabelle 4. Entwicklungstrend des Stromeinsatzes und Einsparpotentiale in der Landwirtschaft zwischen 1991 und 2005 nach Verwendungsarten

Verwendungszweck	Anteil 1991		Trend 2005 1)		Sparpot. 2005 2)	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Raumwärme	1,653	13,3	-0,118	-7,2	-0,404	-26,3
Warmwasser	0,671	5,4	-0,042	-6,2	-0,088	-14,0
Prozeßwärme	2,583	20,7	-0,161	-6,2	-0,242	-10,0
Motoren / Kraft	2,997	24,0	0,193	6,4	-0,893	-28,0
Beleuchtung	1,730	13,9	-0,056	-3,2	-0,539	-32,2
Kühlung / Klima	0,228	1,8	0,076	33,4	-0,113	-37,1
Lüftung	0,929	7,5	0,201	21,7	-0,396	-35,0
Bürogeräte / EDV	0,125	1,0	0,053	42,6	-0,089	-50,0
Kochen	0,336	2,7	0,041	12,2	-0,108	-28,6
Sonstige	1,219	9,8	0,176	14,5	-0,140	-10,0
Summe/Durchs.	12,471	100	0,364	2,9	-3,011	-23,5

1) Veränderung bis 2005 gegenüber 1991; 2) Einsparpotential bezogen auf den Trend im Jahr 2005;

3) bezogen auf die Lebensdauer; 4) Zusatzinvestitionsbedarf bis 2005

Quelle: Lechtenböhrer (1994);

Der Trend bis 2005 zeigt für die Wärmeanwendungen und die Beleuchtung rückläufige Tendenzen, die aber durch die Zuwächse bei der Lüftung, der Kraft und sonstigen Verwendungszwecken überkompensiert werden. Insgesamt steigt der Stromeinsatz der Landwirtschaft aufgrund der stagnierenden Produktion bis 2005 nur um etwa 360 MWh/a bzw. knapp 3 % an. Im Rahmen einer Klimaschutzstrategie kann der Verbrauch aber noch deutlich reduziert werden, wie die letzten beiden Spalten in Tabelle 4. zeigen. Insbesondere bei den Kraftanwendungen, der elektrischen Wärmebereitung, der Beleuchtung und der Lüftung kann ein erheblicher Teil des eingesetzten Stroms eingespart werden. Bis zum Jahr 2005 ergibt sich so ein Reduktionspotential von 23,5

% bzw. 3 GWh/a. Hierdurch kann der Stromeinsatz der Landwirtschaft gegenüber 1991 von 12,5 auf 9,5 GWh/a reduziert werden.

Dem Stromeinsatz von 12,5 GWh im Jahr 1991 entsprach eine CO₂-Emission von rd. 7.900 t. Sie kann bereits durch die dargestellten Stromeinsparungen um etwa 24 % reduziert werden. Hinzu kommen Stromverbrauchsminderungen durch die Substitution von Strom im Wärmebereich sowie durch die regenerative Stromerzeugung in landwirtschaftlichen Betrieben. Hier bieten sich Windkraftanlagen und mit Biogas betriebene BHKW als technische Lösungen an.

Windkraftanlagen sind mittlerweile auch im Binnenland wirtschaftlich attraktiv. Eine bestehende Anlage in einem Landwirtschaftsbetrieb in Münster zeigt, daß diese Technik auch für Landwirte im Stadtgebiet von Münster in Frage kommt.

In Biogasanlagen auf einzelnen Höfen oder in Gemeinschaftsanlagen mehrerer Höfe wird die Gülle vergoren. Hierdurch wird ein großer Teil des in ihr enthaltenen Methans frei und kann zur Verbrennung genutzt werden. Biogas ist neben der direkten Verbrennung auch zum Betrieb von BHKW geeignet, in denen Strom und Wärme erzeugt werden können. Durch die Vergärung der Gülle können neben der regenerativen Energiegewinnung auch die Emissionen von Stickoxiden und Methan bei der Aufbringung der Gülle vermindert werden. Dieser Nebeneffekt macht Biogasanlagen aus der Sicht des Klima- und Gewässerschutzes besonders attraktiv, auch wenn z. Zt. eine Wirtschaftlichkeit nicht immer gegeben ist.

2.4

Viehhaltung (Methan)

Wie oben gezeigt, trägt die Landwirtschaft durch die Viehhaltung in erheblichem Maße zu den Methanemissionen bei. Neben diesen direkten Methanemissionen wird der Landwirtschaft ein indirekter Emissionseffekt zugeschrieben, da die Stickstoffdüngung die Methanspeicherkapazität des Bodens als Methansenke herabsetzt (Schön et al., 1993). Der indirekte Effekt durch die Düngung ist aber bisher noch nicht genau quantifiziert.

Die Methanemissionen durch die Viehhaltung entstehen in erster Linie bei der Fermentation im Magen der Wiederkäuer, sowie bei anderen Verdauungsprozessen und anderen Tierarten. Hierbei bestehen große Unterschiede in der Methanproduktion zwischen den einzelnen Tierarten (Tab. 5.), zwischen Jungtieren und ausgewachsenen Tieren und zwischen Weide- und Stallhaltung der Tiere. Hierbei sind die Emissionen von Mastrindern in Stallhaltung, bedingt durch die höhere Futtermenge, etwa 20 % höher als die von Weiderindern, obwohl das Frischfutter spezifisch zu einer höheren Methanbildung führt (Crutzen et al., 1986). Da diese Methanemissionen einen Energieverlust bedeuten, sind sie relativ genau untersucht worden, so daß die Zahlen hierzu relativ verlässlich sind (Schön et al., 1993).

Bei der anaeroben Vergärung der tierischen Exkremente zu weiteren Methanemissionen, die aber nur schwer quantifizierbar sind. Tabelle 6. gibt einen Überblick über die maximale Methanproduktionskapazität aus den tierischen Exkrementen. Beim Vergleich der Emissionsmengen pro Tier und Jahr wird deutlich, daß diese Emissionen theoretisch die direkten im Verdauungsprozeß entstehenden noch deutlich überschreiten können. Normalerweise wird aber nur ein Teil dieser Emissionen tatsächlich entstehen, da nicht der gesamte Dung vollständig anaerob vergärt.

Tabelle 5. Methanemissionen durch die Viehhaltung in Münster und in Deutschland

Tierart	CH ₄ -Emission pro Tier		Münster 1990 2)			Deutschland 1993		
	Vd 1)	kg/a 1)	Tierzahl	CH ₄ in t/a	Anteil in %	Tierzahl	CH ₄ in t/a	Anteil in %
Rinder < 1 J.	80	21	8.776	184,3	15,4	5.472.000	114.912	9,7
Rinder > 1 J.	250	65,5	6.926	453,7	38,0	5.370.000	351.735	29,8
Milchkühe	450	118	3.199	377,5	31,6	5.365.200	633.094	53,6
Schweine	6	2	85.457	128,2	10,7	26.514.400	39.772	3,4
Geflügel	0,5	0,13	122.513	15,9	1,3	104.014.000	13.522	1,1
Pferde	70	18	1.488	26,8	2,2	531.000	9.558	0,8
Schafe	30	8	835	6,7	0,6	2.386.000	19.088	1,6
Summe			229.194	1193,0	100,0	149.652.600	1.181.681	100,0

1) Emissionsfakt. n. Crutzen et al. (1986); 2) Viehbest. n. Auskunft d. Landwirtschaftskammer u. Stadt Münster (1992b)

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Enquete-Kommission (1994)

In Tabelle 5. ist die Methanproduktion durch die Viehhaltung in der Landwirtschaft Münsters sowie für ganz Deutschland dargestellt. Mit 53 % der Methanemissionen sind die Rinder die größte Emittentengruppe innerhalb der Landwirtschaft in Münster. 38 % hiervon entfallen auf die knapp 7.000 ausgewachsenen Rinder, die pro Tier etwa dreimal mehr Methan emittieren als die Jungrinder. An zweiter Stelle liegen die Milchkühe mit 32 % bzw. 377 t CH₄ pro Jahr. In Deutschland sind sie sogar für fast 54 % der Methanemissionen der Viehhaltung verantwortlich, denn mit 118 kg Methan pro Jahr haben sie die mit Abstand höchste Methanproduktion aller Nutztiere. Sie liegt fast dreimal höher als die von Rindern und mehr als 6 mal höher als die von Pferden. Insgesamt beträgt die jährliche Methanemission aus Tiermägen in Münster z. Zt. beinahe 1.200 t pro Jahr, wovon etwa 85 % auf die Rinder- und Milchkühhaltung sowie etwa 10 % auf die Schweinehaltung entfallen. Wird hierbei berücksichtigt, das CH₄ ein Treibhauspotential hat, das bei einem Zeitraum von 100 Jahren etwa dem 21-fachen von CO₂ entspricht (Enquete-Kommission, 1990) so errechnet sich hieraus ein CO₂-Äquivalent von rund 25.000 t pro Jahr. Dies ist mehr als das Dreifache der durch den Stromeinsatz der Landwirtschaft bedingten CO₂-Emissionen.

Tabelle 6. Maximale Methanproduktionskapazität aus Exkrementen landwirtschaftlicher Nutztiere

Tierart	Organische Substanz der Exkremente kg/Tier * Jahr	Methanproduktionskapazität aus Exkrementen			
		m ³ CH ₄ pro kg org. Substanz	kg CH ₄ pro Tier und Jahr	bezogen auf Münster t pro Jahr	Anteil in %
Rinder	986	0,17	120	1.884	21,1
Milchkühe	2008	0,24	345	1.104	12,4
Schweine	186	0,45	59,9	5.119	57,4
Schafe	226	0,19	30,7	26	0,3
Pferde	1643	0,33	388	577	6,5
Hühner	7,3	0,32	1,7	205	2,3
Summe		1)		8.914	100,0

1) 1m³ Methan entspricht rd. 0,716 kg

Quelle: Lechtenböhrer (1994) nach Angaben der Enquete-Kommission (1994)

Die Methanemissionen durch Vergärung der Exkremente der Nutztiere sind für Münster nicht quantifizierbar. Tabelle 6. kann lediglich einen Überblick über die maximale Methanproduktionskapazität der Exkremente geben. Im normalen landwirtschaftlichen Betrieb wird aber nur ein kleiner Teil dieser Emissionen tatsächlich entstehen, da die Exkremente nur zum Teil unter Luftabschluß gären.

Die Vergärung des Tierdungs kann in Biogasanlagen kontrolliert erfolgen. Hier wird der größte Teil des maximalen Methanemissionspotentials ausgenutzt. Das so gewonnene Biogas wird energetisch genutzt und gelangt erst nach einer Verbrennung zu CO₂ in die Atmosphäre. Da bei der energetischen Nutzung andere Energieträger, die ebenfalls CO₂ emittieren würden, ersetzt werden, kann das Treibhauspotential des Tierdungs so vollständig vermieden werden.

Wie die Tabelle zeigt, liegt das maximale Methanproduktionspotential der Nutztiere in Münster bei rund 9.000 t bzw. 12.500 m³ CH₄ pro Jahr. Der größte Teil (57 %) hiervon läßt sich durch die Vergasung der Schweinegülle gewinnen. Auf Rinder (21 %) und Milchkühe (12 %) entfällt ein Drittel des Biogaspotentials in Münster. Pferde, Schafe und Geflügel können dagegen nur geringfügig dazu beitragen. Bei einem Heizwert, bezogen auf den CH₄-Anteil, der ungefähr dem von Erdgas von 31 MJ/m³ entspricht, ergibt sich ein theoretisches Energiepotential bei Nutzung der gesamten in Münster anfallenden Dungmenge zur Biogaserzeugung von 390 GJ/a bzw. 110 MWh/a.

2.5

Düngung (Distickstoffoxid)

Ein weiteres Treibhausgas ist das Distickstoffoxid (N₂O). Auch an den N₂O-Emissionen ist die Landwirtschaft mit etwa einem Drittel maßgeblich beteiligt. Da N₂O ein etwa 290 mal wirksames Treibhausgas als CO₂ ist sind hier auch geringe Emissionsmengen von großer Relevanz. Die Untersuchung der Quellen der Distickstoffoxidemissionen steht derzeit aber noch am Anfang, so daß Abschätzungen über Kennwerte aufgrund der Datenlage bisher noch sehr unsicher sind.

Etwa 80 % der N₂O-Emissionen der Landwirtschaft stammen aus dem Boden. Der Rest entsteht durch den Stickstoffeintrag durch die Weidehaltung von Rindern sowie die Lagerung landwirtschaftlicher Abfälle. Der wichtigste Faktor für die Höhe der N₂O-Emissionen aus dem Boden ist die Menge der Stickstoffdüngung. Außerdem hängen die Emissionen von den Bodentypen, den Anbaufrüchten sowie den klimatischen Verhältnissen ab (Schön et al., 1993). Schön et al. (1993) geben als grobe Kennwerte spezifische N₂O-Emissionen von 2 kg pro ha und Jahr für Getreideanbauflächen und 3 bis 4 kg pro ha für Grünlandflächen an. Hieraus errechnen sich für Münster etwa 22.500 kg N₂O-Emissionen aus den rd. 11.000 ha Ackerland und 11.000 kg aus den 3.100 ha Grünland. Zusammen sind das 33,5 t N₂O pro Jahr. Diese Emissionsmenge entspricht in ihrer Treibhauswirksamkeit etwa 9.700 t CO₂.

2.6

Gesamtbilanz der Emissionen

Die Emissionen der Landwirtschaft setzen sich im wesentlichen aus fünf Bereichen zusammen, dem Energieeinsatz in Traktoren, Landmaschinen und anderen Fahrzeugen, dem Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung, dem Stromeinsatz, der Viehhaltung und der Düngung mit stickstoffhaltigem Dünger. In den ersten drei Bereichen wird durch die Verbrennung fossiler Energieträger in Motoren, Heizungen und Kraftwerken

überwiegend das Treibhausgas CO₂ freigesetzt. Die Emissionen weiterer direkt bzw. indirekt wirksamer Spurengase, die mit der Energienutzung verbunden sind, fallen kaum ins Gewicht und werden hier nicht näher betrachtet. Bei der Viehhaltung wird überwiegend das hochwirksame Treibhausgas Methan emittiert, bei der Düngung dagegen N₂O, das noch einmal erheblich treibhauswirksamer ist als die beiden anderen Gase. Auch bei der Viehhaltung und Düngung werden weitere Treibhausgase freigesetzt, die hier nicht berücksichtigt werden.

Die Tabelle 7. gibt trotz der o. g. Kenntnisdefizite einen Überblick über den Großteil der relevanten Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Münster in den Jahren 1990 bzw. 1991. Hierbei fällt auf, daß die Energienutzung in der Landwirtschaft nur zu einem guten Drittel zu den Treibhausgasemissionen beiträgt. Der größte Teil hiervon entfällt mit rd. 7.900 t CO₂ bzw. 14,1 % auf den Stromeinsatz, gefolgt von den hier nur geschätzten Emissionen durch den Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung (13,2 %) und denen durch den Treibstoffeinsatz (10,7 %). Der größte Teil des durch die Landwirtschaft verursachten Treibhauseffekts entfällt aber mit ca. 45 % auf die Methanemissionen durch die Viehhaltung, wobei Emissionen durch die anaerobe Vergärung des Dungs noch nicht berücksichtigt sind. Aber auch die Distickstoffoxidemissionen, die aufgrund der geringen Menge von 33,5 t noch kaum näher untersucht sind, tragen mit 17 % erheblich zum Treibhauseffekt bei.

Tabelle 7. Emissionen der Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O durch die Landwirtschaft in Münster 1990/91 (Abschätzung)

Bereich	Treibhausgas in t/Jahr	CO ₂ -Äquivalent	
		in t/Jahr	in %
Traktoren, Landmaschinen	CO ₂ 6.000	6.000	10,6
Niedertemperaturwärme	CO ₂ 7.400	7.400	13,0
Stromeinsatz	CO ₂ 7.900	7.900	13,9
Viehhaltung	CH ₄ 1.200	26.400	46,5
Düngung	N ₂ O 33,5	9.045	15,9
Summe		56.745	100,0

CO₂-Äquivalent als GWP bezogen auf 100 Jahre

Quelle: berechnet nach Houghton et al. (1992)

Insgesamt summieren sich die Emissionen der Landwirtschaft in Münster auf rd. 57.000 t CO₂-Äquivalent. Bezogen auf die rund 1.000 Beschäftigten ist das ein vergleichsweise hoher Wert. Im Vergleich zu den Gesamtemissionen der Stadt Münster von etwa 2.266 Mio. t CO₂ beträgt der Anteil der Landwirtschaft am anthropogenen Treibhauseffekt etwa 2,5 %.

Aufgrund der steigenden Kenntnis über diese Zusammenhänge und der ohnehin stagnierenden landwirtschaftlichen Produktion in Münster sind in der Zukunft keine nennenswerten Zuwächse der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen zu erwarten.

3 Empfehlungen zur Emissionsreduktion

Emissionsreduktionspotentiale sind in folgenden Bereichen gegeben:

- Wärmedämmung, Heizungssanierung und rationelle Energienutzung;

- effizientere Fahrzeugtechniken, evtl. neue Antriebskonzepte wie Gasmotoren, nachwachsende Treibstoffe oder Elektrofahrzeuge;
- Stromeinsparung und Stromsubstitution im Wärmebereich;
- Verringerung der Viehhaltung und Umstellung von der Stall- auf die Weidehaltung;
- Verminderung der Stickstoffdüngung;
- und die Nutzung regenerativer Energien, wie Windkraft, Biogas, Reststroh und Sonnenenergie.

Eine größere Klimaverträglichkeit der Landwirtschaft wird sicher durch weniger intensive Wirtschaftsformen, wie sie z. B. beim ökologischen Landbau üblich sind, erreicht werden können. Gerade im stadtnahem Bereich sind hier noch größere Potentiale für den Absatz biologisch erzeugter Produkte gegeben. Ergänzt werden sollte die weniger intensive Wirtschaftsweise durch die Nutzung regenerativer Energiequellen, die zum Energiebedarf der Landwirtschaft einen nennenswerten Beitrag liefern könnten.

Diese Lösungsansätze sollten durch die Stadt und die Stadtwerke in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer angegangen werden. Denn sie bieten ökologische wie ökonomische Zukunftschancen für die Landwirtschaft.

Literatur

- Aebischer, B. (1992), Zentrale Rechenanlagen, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 67 - 72, vdf, Zürich.
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (1991), Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990, Essen.
- ASEW (Arbeitsgemeinschaft kommunaler Versorgungsunternehmen..., Hrsg.) (1993a), Rationeller Energie- und Wassereinsatz im Fleischereigewerbe, 2. Aufl., Köln, Bremen, Kiel.
- ASEW (Arbeitsgemeinschaft kommunaler Versorgungsunternehmen..., Hrsg.) (1993b), Rationeller Energie- und Wassereinsatz im Friseurgewerbe, 3. Aufl., Köln, Bremen.
- Bach, W. (1994), Klimaschutzpolitik. Wie kann die Stadt Münster das Ziel der Bundesregierung einer 25-30%igen CO₂-Emissionsreduktion bis zum Jahre 2005 realisieren? in: Münstersche Geographische Arbeiten Nr. 36, S. 3 - 32, Münster.
- Bach, W. et al. (1993), Entwicklung eines integrierten Energiekonzepts: Erfassung des Emissions-Reduktions-Potentials klimawirksamer Spurengase im Bereich rationeller Energienutzung für die alten Bundesländer, Hauptband und 5 Anhangsbände, WWU, Münster.
- Bach, W., Lechtenböhrer, S. u. F. Oppermann (1993), Kommunale CO₂-Reduktionsstrategien, in: Tagungsband des Int. Symp. 'Energie - eine Überlebensfrage der Menschheit', Oberösterreich. Energiesparverband, Wels, Österreich.
- Becker, K.-H. (1992), Unterbrechungsfreie Stromversorgung, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 73 - 77, vdf, Zürich.
- BMU (Bundesumweltministerium) (1993), Klimaschutz in Deutschland. Nationalbericht der Bundesregierung für die Bundesrepublik Deutschland im Vorgriff auf Artikel 12 des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Bonn.
- Bongard, A. (1992), Aufzugsanlagen, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 192 - 200, vdf, Zürich.
- Bouwman, A. F., Van den Born, G. J. u. A. J. Swart (1992), Land-Use Related Sources of CO₂, CH₄ and N₂O. Current global emissions and projections for the period 1990-2100. National Institute Of Public Health And Environmental Protection, Bilthoven The Netherlands, zit. nach Enquête-Kommission, 1994.
- Bradke, H. (1993), Potentiale und Kosten der Treibhausgasminderung im Industrie- und Kleinverbrauchsbereich. Bericht für die Enquête-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des 12. Deutschen Bundestages, Karlsruhe.
- Brunner, C., Herzog, N. u. A. Altenburger (1992), Lüftungstechnische Anlagen, Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Brunotte, M. (1993), Energiekennzahlen für den Kleinverbrauch. Studie im Auftrag des Öko-Instituts e.V., Freiburg.
- Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.) (1992), Strom rationell nutzen. Umfassendes Grundlagenwissen und praktischer Leitfaden zur rationellen Verwendung von Elektrizität. RAVEL Handbuch, vdf, Zürich.
- Bush, E. (1994), Erfahrungen mit dem RAVEL-Programm in der Schweiz, in: FGU, Stromsparen, S. 177 - 183, Berlin.
- Clausnitzer, K.-D. (1994), Stromsparförderprogramme. Bestandsaufnahme der Stromsparprogramme von Ländern, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen in der Bundesrepublik Deutschland, Bremer Energie-Institut, Werkstattbericht Nr. 6, Temmen, Bremen.
- Crutzen, P. J., Aselmann, I. und W. Seiler (1986), Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and Humans, Tellus, 36B/1986, S. 271 - 284, zit. nach Enquête-Kommission, 1994.
- Duwensee, W. u. H. Schütz (1993), Energiekennwerte und Richtwerte für kommunale Gebäude, Studie im Auftrag der Energieagentur Nordrhein-Westfalen, Wuppertal.
- Ebel, W. et al. (1990), Energiesparpotentiale im Gebäudebestand, Institut Wohnen Umwelt, Darmstadt.
- Eckerle, K. et al. (1991), Die energiewirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2010 unter Einbeziehung der fünf neuen Bundesländer. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Textband und Tabellenband, Prognos, Basel.
- Eland, M. et al. (1992), Expertise zur ÖPNV-Strategie im Rahmen des Verkehrskonzeptes der Stadt Münster unter Berücksichtigung von CO₂-Minde-rungszielen. Schlußbericht im Auftrag der Stadtwerke Münster, Münster.
- Energieagentur NRW (Hrsg.) (1993a), Energieeinsparung im Krankenhaus. Kostensenkung und Umweltschutz durch rationelle Energieverwendung, Wuppertal.
- Energieagentur NRW (Hrsg.) (1993b), Energiekosteneinsparung im Krankenhaus: Nutzung der Netzersatzanlage zur Eigenstromerzeugung, Faltblatt, Wuppertal.
- Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre (1990), Schutz der Erde. Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik, Zur Sache 19/90, Band 1 u. 2, Bonn.
- Enquête-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre (1994), Daten aus dem Endbericht zur Landwirtschaft. Vorabzug, Bonn.
- ERIK III (Energierationalisierung im Krankenhaus) (o. J.), Rationelle Energieverwendung im Krankenhaus. Fallstudie Katharinenhospital Stuttgart, MWMT-Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart.
- Euler, H. (1994), Zwischenergebnisse des schleswig-holsteinischen Stromsparprogramms, in: FGU, Stromsparen, S. 185 - 192, Berlin.
- Feist, W. (1987), Stromsparpotentiale bei den privaten Haushalten in der Bundesrepublik Deutschland, Darmstadt.

- FGU (Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V.) (1994), Stromsparen. 34. Seminar vom 24. u. 25.2.1994, im Rahmen der UTECH, Berlin.
- Förster, I. u. G. Wagener-Lohse (1994), Ansätze zur Stromeinsparung in den privaten Haushalten der neuen Bundesländer am Beispiel Brandenburgs, in: FGU, Stromsparen, S. 217 - 231, Berlin.
- Füglister, E. u. R. Sigg (1992), Umwälzpumpen, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 172 - 181, vdf, Zürich.
- Goy, C. et al. (1986), Detaillierung des Energieverbrauchs der Kleinverbraucher 1982 nach homogenen Verbrauchergruppen und Verwendungszwecken, Berlin, Köln.
- Gruber, E. et al. (1993), Analyse von Hemmnissen und Maßnahmen für die Verwirklichung von CO₂-Minderungszielen. Schlußbericht an die Enquête-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre", Karlsruhe, München, Leipzig.
- Gruber, E. u. Brand, M. (1990), Rationelle Energienutzung in der mittelständischen Wirtschaft, TÜV Rheinland, Köln.
- Gugerli, H., Kiss, M. u. H. Mörgeli (1992), Luftförderung, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 182 - 191, vdf, Zürich.
- Gülec, T., S. Kolmetz, S. u. L. Rouvel (1994), Energiesparpotential im Gebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle. IKARUS Teilprojekt 5.22.2 im Auftrag des BMFT, München.
- Hennicke, P. et al. (1985), Die Energiewende ist möglich, Frankfurt, M.
- Hennicke, P. et al. (1992), Entwicklung eines methodischen Instrumentariums für ein örtliches / regionales "Least-Cost Planning"-Modell. Im Auftrag der Stadtwerke Hannover AG und der Energieleitstelle der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin. Endbericht, Freiburg, Darmstadt, Mannheim.
- Hennicke, P. et al. (1993), Least-Cost Planning Fallstudie Hannover der Stadtwerke Hannover AG. Zwischenbericht und Anlagenband, Freiburg, Darmstadt, Wuppertal.
- Hennicke, P. et al. (1994), Least-Cost Planning Fallstudie Hannover der Stadtwerke Hannover AG. Endbericht, Vorversion, Freiburg, Darmstadt, Wuppertal.
- Herbst, C.-H. (1992), Beleuchtung. Systeme und ihre Komponenten, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 201 - 215, vdf, Zürich.
- Heuermann-Ziemert, E. u. Ludwig, W. (1991), Energieeinsatz in öffentlichen Gebäuden. Entwicklung Perspektiven Zielsetzungen, Stadt Georgsmarienhütte (Hrsg.), Georgsmarienhütte.
- Holzer, R. u. D. Strub (1992), Transportanlagen, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 109 - 116, vdf, Zürich.
- Horbaty, R. u. Renggli, U. (1992), Energieverbrauch in gewerblichen Küchen. Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.

- Houghton, J. I. et al. (1999), Climate Change. The supplementary report to the IPCC scientific assesment, Cambridge University Press, Cambridge.
- Huser, A. (1992), Informationstechnik, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 243 - 250, vdf, Zürich.
- ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung) (1992), Klimaschutz Heidelberg. Handlungsorientiertes kommunales Konzept zur Reduktion von klimarelevanten Spurengasen für die Stadt Heidelberg, Stadt Heidelberg - Amt für Umweltschutz und Gesundheitsförderung (Hrsg.), 2 Bände, Heidelberg.
- INFEL (Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung, Schweiz) (1993), Strom sparen im Büro, Broschüre hrsg. v. BEWAG · EBAG, Berlin.
- IWU (Institut Wohnen und Umwelt) (1994), Brauchwasserbereitung mit Sonnenenergie. Wissenswertes über Solaranlagen, = Energiesparinformationen 14, hrsg. v. Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Wiesbaden.
- Jehle, F. (1992), Einsatz von Geräten. Haushalt, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 140 - 150, vdf, Zürich.
- Kloss, A. (1992), Antriebe mit großen Motoren, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 117 - 120, vdf, Zürich.
- Krause, F., Bach, W. u. J. Koomey (1992), Energiepolitik im Treibhauszeitalter. Maßnahmen zur Eindämmung der globalen Erwärmung, Müller, Economica, Karlsruhe, Bonn.
- Kuhn, H. et al. (1990), Emissionsverminderung durch rationelle Energienutzung im Kleinverbrauch. Bericht für die Enquête-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des 11. Deutschen Bundestages, in: Enquête 1990 (Hrsg.), Energie und Klima, Bd. 2, S. 548 - 598, Bonn, Karlsruhe.
- Lechtenböhrer, S. u. W. Bach (1994), Förderprogramme zur Energieeinsparung und CO₂-Vermeidung. Effizienz und Kosten, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 8/94, S. 516 - 523, Düsseldorf.
- Luboschik, U. (1993), Einsatz der Solarenergie in Freibädern, Sonnenenergie und Wärmetechnik 2/93, S. 10 - 15.
- Masuhr, K. P. et al. (1990), Die energiewirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2010. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Prognos, Basel.
- Meyer, H. u. C. Schnetzler (1993), Elektrothermische Produktionsverfahren, Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Michael, K. u. Scharping, H. (1994), Stromsparpotentiale im Haushalt und wie man sie ausschöpfen kann, in: FGU, Stromsparen, S. 109 - 122, Berlin.
- Miloni, R. P. (1992), Sonnenschutz, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 22 - 29, vdf, Zürich.
- Moser, R. (1993), Energieverbrauch von Rechner- und Kommunikationsanlagen im Detailhandel, Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.

- Müschen, K. (1994), Stromsparen in Berlin, in: FGU, Stromsparen, S. 173 - 176, Berlin.
- Naef, R. (1993), Fallstudie Betrieb und Unterhalt einer Lüftungsanlage, Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Nussbaumer, B. et al. (1992), Interne Wärmelasten von Betriebseinrichtungen, Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Oppermann, F. (1994), Daten zu Emissionsfaktoren von landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Geräten in Deutschland, mündliche Informationen.
- Pauli, H. (1992), Kühlmöbel und Kälteanlagen, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 78 - 83, vdf, Zürich.
- Perincioli, L. u. H. Gasser (1992), Fallstudie Testküche, Materialien zu RAVEL, hrsg. v. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Rath, U. (1993), Stromeinsparung bei Bürogeräten, Energiedepesche 3/1993.
- Reichert, K. u. R. E. Neubauer (1992), Elektrische Antriebe, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 164 - 171, vdf, Zürich.
- Richter, H.-J., Sonntag, G. u. D. Bouse (1994), Energiesparende Beleuchtungsanlagen. Für Bürogebäude, Verkaufsstätten und Werkhallen, 2. überarb. Aufl., hrsg. v. Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Fachverband Elektrotechnik Hessen u. Verein deutscher Elektrizitätswerke, Wiesbaden, Frankfurt.
- Samaras, Z. u. K.-H. Zierock (1994), The Estimation of the Emissions of "Other Mobile Sources and Machinery" Subparts "Off Road Vehicles and Machines", "Railway", and "Inland Waterways in the European Union, Thessaloniki, Berlin.
- Scartezzini, J.-L. (1992), Tageslichtnutzung, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 15 - 21, vdf, Zürich.
- Schaefer, H. (1994), Stromsparen und Energiesparen mit Strom in der Industrie, in: FGU, Stromsparen, S. 141 - 160, Berlin.
- Schön, M. et al. (1993), Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in Deutschland, Umweltbundesamt Berichte 9/93, Schmidt Verlag, Berlin.
- SIA 380/4 (1992), Empfehlung. Elektrische Energie im Hochbau. Vorentwurf, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten Verein, Zürich. (zit. nach Brunotte, 1993)
- Sigg, R. (1994), Stromsparen bei Heizungs- und Klimaanlageanlagen, in: FGU, Stromsparen, S. 123 - 134, Berlin.
- Spalinger, R. (1992), Geräte. Haushalt, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 225 - 236, vdf, Zürich.
- Stadt Münster (1989), Ergebnisse der Volkszählung 1987, Münster.
- Stadt Münster (1987), Statistischer Bericht 4/1987, Münster.
- Stadt Münster (1990), Statistischer Bericht 1/1990, Münster.

- Stadt Münster (1991a), Münster spart Energie. Energiebericht des Hochbauamtes, Münster.
- Stadt Münster (1991b), Statistischer Jahresbericht 1991, Münster.
- Stadt Münster (1992a), Beiträge zur Statistik 54, Münster.
- Stadt Münster (1992b), Statistischer Bericht 1/1992, Münster.
- Stadt Münster (1993a), Statistischer Bericht 3/1993, Münster.
- Stadt Münster (1993b), Statistischer Jahresbericht 1992, Münster.
- Stadt Münster (1993c), Verkehrsbericht Münster, Münster.
- Stadt Münster (1993d), Wärme-, Strom- und Wasserverbrauch städtischer Liegenschaften 1987 bis 1992. Daten aus der Energieüberwachung des Hochbauamtes, Münster.
- Stadtwerke Münster (1987), Energie für Münsters Zukunft. 1. Fortschreibung, Münster.
- Stadtwerke Münster (1991), Stromverbrauchstatistik 1991, Münster.
- Stadtwerke Münster (1992a): Angaben über Fördermaßnahmen der Stadtwerke Münster GmbH zum Zwecke der rationellen Energieverwendung und Umweltentlastung seit 1983, Münster.
- Stadtwerke Münster (1992b), Tarifschlüsselverzeichnis. Stand 24.11.92, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993a), Geschäftsbericht 1992, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993b), Daten zum Stromverbrauch der Sondervertragskunden, Diskette, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993c), Daten zum Stromverbrauch der Tarifkunden, Diskette, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993d), Daten zum Stromverbrauch der Sondervertragskunden, Diskette, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993e), Daten zum Gasverbrauch der Sondervertragskunden, Diskette, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993f), Energie für Münsters Zukunft. 2. Fortschreibung, Münster.
- Stadtwerke Münster (1993g), Zuordnung der Branchen zu den Verbraucherguppen. Abteilung Sondervertragskunden, Münster.
- Stenzel, J. (1994), Das 3-Stufenprogramm zur energieeffizienten Beleuchtung, in: FGU, Stromsparen, S. 135 - 140, Berlin.
- Vogt, C. (1992), Beleuchtung. Dienstleistung und Gewerbe, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 216 - 219, vdf, Zürich.
- Weinmann, Ch. (1992), Lüftererneuerung und Raumkonditionierung, in: Bundesamt für Konjunkturfragen (Hrsg.), Strom rationell nutzen, S. 34 - 38, vdf, Zürich.

- Wörgetter et al. (1991), Pilotprojekt Biodiesel. Emissionen beim Einsatz von Rapsölmethylester an einem Prüfstandsmotor, Bundesanstalt für Landtechnik, Wieselburg Österreich.
- WWU (Westfälische Wilhelms-Universität) (1991), Baunutzungskosten 1990. Teil 1. Spezifische Verbräuche pro m² Hauptnutzfläche, Münster.
- WWU (Westfälische Wilhelms-Universität) (1993a), Baunutzungskosten 1991. Teil 1, Münster.
- WWU (Westfälische Wilhelms-Universität) (1993b), Betriebsbericht elektrische Energie. Leistung und Kosten 1992, Münster.

Dokumente

Kapitel 4 der Erläuterungen

Handlungsempfehlungen im Bereich

Energieumwandlung und Industrie

Die differenzierten Angaben zum Bereich Energieumwandlung und Industrie unterliegen dem Datenschutz und können daher nicht veröffentlicht werden.

Dokumente

Kapitel 5 der Erläuterungen

Handlungsempfehlungen im Bereich Verkehr

Schiennenverkehrskonzept Region Münster

J. Martin Hüsing

Wuppertal-Institut
für Klima, Umwelt, Energie

Abteilung Verkehr

Mai 1995

Im Auftrag des Beirats „Klima und Energie“ der Stadt Münster

Schienenverkehrskonzept
Region Münster

Eine Studie des Wuppertal-Instituts

Erstellt von
J. Martin Hüsing

Inhalt

1. Aufgabenstellung und Kernthesen.....	5
1.1. Aufgabenstellung und Aufbau der Studie.....	5
1.2. Anlaß.....	5
1.3. Kernthesen.....	6
2. Aktuelle Verkehrs-Expertisen.....	7
2.1. Klima und Energie.....	7
2.2. Gesamtverkehr.....	8
2.3. ÖPNV.....	8
2.4. Schienenverkehr.....	9
3. Konzept für eine Neue Bahn.....	11
3.1. Allgemeines.....	11
3.2. Die wichtigsten Aussagen zum Personenverkehr.....	11
3.3. Tarifstruktur.....	12
3.4. Regionalbahn.....	13
3.5. Weitere Aspekte des Neue-Bahn-Konzepts.....	14
4. Richtungsweisende Elemente für den Schienenverkehr der Region Münster	15
4.1. Der Untersuchungsraum.....	15
4.2. Verkehrswege und Pendler.....	15
4.3. Besiedlungsdichte und Bedienungsformen.....	18
4.4. Konzeptionelle Umgestaltung des ÖPNV.....	19
5. Strecken, Linien und Potentiale.....	25
5.1. Regionalbahn.....	25
5.2. StadtBahn.....	31
5.3. Option Regio-Stadtbahn.....	35
6. Zusammenfassung.....	38
Anhang.....	40

1. Aufgabenstellung und Kernthesen**1.1. Aufgabenstellung und Aufbau der Studie**

Das Oberzentrum Münster ist mit seinem großen Einzugsbereich ein Verkehrsmagnet für die gesamte Region. Unter dem Gesichtspunkt einer umweltverträglichen Abwicklung des Verkehrs ist seit langem - weit über die Grenzen hinaus bekannt und anerkannt - ein besonderes Augenmerk auf den Fahrradverkehr gelegt worden. Daneben stellt Münster seit über einem Jahrhundert einen bedeutenden Eisenbahnknoten dar. Zudem ist die Stadt in ein gut ausgebautes Busnetz, das von der WVG¹ bzw. den Stadtwerken Münster und anderen Anbietern betrieben wird, eingebunden.

Aufgrund der Morphologie des Münsterlandes sind die Voraussetzungen für nichtmotorisierten und öffentlichen Verkehr seit jeher besonders gut. Dies sollte weiter ausgenutzt werden. Die vorliegende Studie befaßt sich mit den Möglichkeiten der Optimierung des Schienenverkehrs bei der Personenbeförderung - von der Straßenbahn bis zur Eisenbahn.

Da einerseits in den letzten Jahren mehrfach Studien zum Thema „ÖPNV in Münster“ erstellt worden sind und andererseits zu Beginn dieses Jahres das auf Deutschland bezogene „Konzept für eine Neue Bahn“ veröffentlicht worden ist, besteht die Möglichkeit, diese beiden Aspekte miteinander zu verknüpfen. Dies soll in den folgenden Kapiteln geschehen.

Dazu werden die bisher vorliegenden Verkehrs- und insbesondere ÖPNV-Gutachten und -Ausarbeitungen für den Raum Münster ausgewertet und dem Neue-Bahn-Konzept gegenübergestellt. Es wird also der Frage nachgegangen, wie ein Schienen-Konzept für die Region Münster aussehen könnte, wenn es den Prinzipien des Neue-Bahn-Konzepts genügen soll. Das bedeutet eine Bewertung der vorliegenden regionalen Studien hinsichtlich der Neue-Bahn-Kriterien und - soweit notwendig - eine Weiterentwicklung beziehungsweise Verknüpfung der verschiedenen Studien.

1.2. Anlaß

In Münster existiert seit 1992 ein Beirat für Klima und Energie, der von der Stadt eingesetzt worden ist. Dieser Beirat befaßt sich notwendigerweise auch mit den Themen des Verkehrs, dessen Auswirkungen auf das Klima und die Ressourcen eine ganz entscheidende Bedeutung haben.

Für den Schlußbericht des Beirats ist daher eine Studie über den Schienenverkehr der Region Münster vorgesehen, die hiermit vorliegt.

¹ WVG = Westfälische Verkehrsgesellschaft

1.3. Kernthesen

These 1:

Die Voraussetzungen für die schnelle Einführung eines hochwertigen Schienenverkehrs sind äußerst günstig

Vier Punkte sprechen deutlich für den Ausbau des Schienenverkehrs zum gegenwärtigen Zeitpunkt:

- die Regionalisierung der Deutschen Bahn, die es der Stadt und der Region ermöglicht, die Planung und den Betrieb selbst in die Hand zu nehmen
- das vorhandene Gleisnetz, dessen Lage den Verkehrsströmen entspricht
- die große Verkehrsmenge in der Stadt und die Pendlerströme aus der Region, so daß ausreichende Potentiale bestehen
- die topographischen Gegebenheiten, die keine Hindernisse für den Bahnverkehr darstellen

These 2:

Es sind große Fahrgastpotentiale für einen Schienen-ÖPNV vorhanden

Der Verkehr zwischen Münster und dem Umland kann durch geeignete Maßnahmen erheblich umweltgerechter abgewickelt werden. Dasselbe gilt für Verkehr, der innerhalb der Stadtgrenzen stattfindet.

Für die Bahn bestehen insgesamt Potentiale von mindestens einer Million zusätzlichen Personenkilometern je Werktag. Weitere Steigerungen sind denkbar.

These 3:

Ein RegionalBahn-Verkehr bringt in Verknüpfung mit einem neuen StadtBahn-Netz deutliche MIV- bzw. Emissions-Entlastungen in Stadt und Region.

Durch etwa 25000 zusätzliche Zugkilometer, die teilweise auf neuen bzw. reaktivierten Strecken erbracht werden müßten, können werktäglich rund 500000 Kfz-Kilometer eingespart werden. Dies gilt für den Verkehr zwischen der Stadt und dem Umland. Im innerstädtischen Verkehr können durch etwa 10000 neue Stadtbahn-Kilometer auf einem knapp 50 Kilometer langen Streckennetz 100000 Kfz-Kilometer werktäglich eingespart werden.

These 4:

Nach Fertigstellung von RegionalBahn- und StadtBahn-Netz kann die Regionalbahn den Modal Split weiter verbessern.

Zusätzliche Potentiale können mit einer durchgehenden Verbindung erschlossen werden. Die Regionalbahnen würden dann ihre Strecken am Stadtrand verlassen und direkt in die Innenstadt fahren.

2. Aktuelle Verkehrs-Expertisen

Für die Stadt Münster und ihr Umland sind in letzter Zeit eine ganze Reihe von Untersuchungen über Verbesserungsmöglichkeiten im Verkehrssektor durchgeführt worden. Als Auftraggeber und Bearbeiter treten neben den entsprechenden Abteilungen der Stadtverwaltung und wissenschaftlichen Instituten auch die Verkehrsgesellschaften, Parteien sowie Umwelt- und Verkehrsverbände auf. Die uns wichtig erscheinenden und uns zur Verfügung stehenden Ausarbeitungen sind im folgenden einer kurzen Analyse unterzogen.

2.1. Klima und Energie

Als klima- und energiebezogene Verkehrsexpertisen für Münster sind die verkehrsrelevanten Teile des ace-Berichts Nr. 67 von Wilfrid Bach² und des Zwischenberichts des Klima- und Energiebeirates, insbesondere auch das im Anhang befindliche Gutachten von Jürgen Deiters, berücksichtigt worden. Beide Ausführungen beziehen sich auf die Reduktionsmöglichkeiten der CO₂-Emissionen.

Das wiederholt erklärte Klimaschutz-Ziel der Bundesregierung lautet: Bis 2005 ist der CO₂-Ausstoß um 25 bis 30 Prozent gegenüber 1987 zu senken. Dies ist im Prinzip auch die Ausgangslage für die Stadt Münster. Allerdings wird dort aufgrund der Datenlage eine 30-prozentige Reduktion von 1990 bis 2005 ins Auge gefaßt.

Bei der Frage, welche Emissionsquellen in die Rechnung einfließen, ist folgendes zu berücksichtigen:

Erstens gibt es außer verkehrsbedingten noch weitere CO₂-Emissionsquellen (z.B. den Bereich der Energieversorgung), die insbesondere Bach eingehend untersucht hat. Hier soll jedoch von einem 30-prozentigen Reduktionsziel für den Verkehrsbereich ausgegangen werden - unabhängig davon, ob in anderen Bereichen mehr eingespart werden kann (wie Bach gezeigt hat) oder nicht. Denn die Notwendigkeit weitergehender Reduktionen über 2005 hinaus ergibt sich aus den Erfordernissen des Klimaschutzes, wie die Klima-Enquete-Kommissionen des Bundestages festgestellt haben.

Zweitens entstehen durch die Anziehungskraft der Stadt Münster Emissionen nicht nur innerhalb der Stadtgrenzen, sondern auch im Umland. Der Quell-, Ziel-, und Durchgangsverkehr ist daher ebenfalls miteinzubeziehen. Wird nur der Binnenverkehr betrachtet, ergibt sich im Personenverkehr eine Ausgangsbasis von jährlich 136000 Tonnen CO₂, wird der gesamte innerhalb der Stadtgrenzen auftretende Verkehr zugrundegelegt, ergeben sich 317000 Tonnen. Inklusive Quell- und Zielverkehr liegen die CO₂-Emissionen bei 581000 Tonnen. Der letztgenannte Wert sollte als Basis dienen, da für den Durchgangsverkehr keine Daten vorliegen. Der reale Gesamtwert liegt jedoch weit höher.

In allen Szenarien wird der angestrebte Reduktionswert nicht erreicht. Außerdem sind zwar die Wirkungen vorgeschlagener Maßnahmen abgeschätzt worden, deren Realisierbarkeit ist im einzelnen jedoch nicht überall untersucht worden.

Vor allem wird die Verlagerung von MIV auf den Umweltverbund angeregt. Insbesondere ist an eine deutliche Expansion der Bahn gedacht. Zu beachten ist dabei, daß die Errichtung von P+R-Plätzen am Stadtrand lediglich die Immissionen innerhalb der Stadtgrenzen senkt, insgesamt gesehen aber die gewünschten Reduktionen nicht erbringen kann. Ziel muß daher eine Verlagerung möglichst des kompletten Weges sein.

2.2 Gesamtverkehr

Als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen der Verkehrsbericht Münster 1993³ und die Untersuchung über Zeitbudget und Verkehrsteilnahme von Harloff-Hensel⁴ als Datenquellen für die Verkehrsverteilung und -aufteilung. Wege zu Problemlösungen werden dort aufgezeigt.

Münster ist eine Stadt des Fahrrads. 75 Prozent der Einwohner können das Rad im werktäglichen Verkehr einsetzen. Der NMV-Anteil in der Innenstadt liegt bei 80 Prozent. Durch entsprechende Förderung hat das Rad eine große Bedeutung im täglichen Verkehr. Eine weitere Verlagerung des MIV auf den Umweltverbund muß daher in erster Linie auf den ÖPNV setzen.

Da die Einfallstraßen überlastet sind, ist eine wichtige Voraussetzung für eine Verlagerung gegeben. Es geht darum, ein attraktives ÖPNV-Angebot zu präsentieren. Da ein dichter Takt (im City-Bereich 10 Minuten) im gut ausgebauten Busverkehr bereits besteht, kann der ÖPNV-Anteil nur über die Schiene wesentlich gesteigert werden.

Die Pendlerströme zeigen anschaulich die zentralörtliche Bedeutung der Stadt. Aus allen Richtungen kommen Pendler nach Münster, insgesamt sind es jeden Tag rund 150000 Menschen. Neben den direkten Umlandgemeinden sind als Herkunftsorte besonders die Städte Rheine und Hamm zu nennen, aber auch Ibbenbüren, Osnabrück, Bielefeld, und Dortmund.

2.3. ÖPNV

Der ÖPNV in und um Münster ist in letzter Zeit in mehreren Expertisen relativ gut untersucht worden. Einen Schwerpunkt stellt dabei der Busverkehr dar. Für die vorliegende Studie wurden vor allem die folgenden drei Untersuchungen genauer ausgewertet: Das ÖPNV-Förderprogramm Münster 1991⁵, das Nahverkehrskonzept 2000 der Stadtwerke⁶, das Maßnahmenkonzept zur Förderung

³ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993)

⁴ HHS Harloff Hensel Stadtplanung (1992)

⁵ Stadtplanungsamt der Stadt Münster (1991)

⁶ Stadtwerke Münster (o.J.)

des ÖPNV im Münsterland der Grünen⁷ und eine Untersuchung über die Verkehrsmittelwahl der StudentInnen⁸.

Interessante Ergebnisse präsentiert die letztgenannte Expertise, da sie mit dem Untersuchungsobjekt StudentInnen eine sehr mobile und damit besonders relevante Gruppe ausgewählt hat. Einerseits zeigt sich der Erfolg des Semestertickets, andererseits ist - insbesondere während der Freizeit - auch der Pkw ein oft eingesetztes Verkehrsmittel. Verlagerungen auf ein gutes Schienenangebot sind zu erwarten, da als Hemmnisse insbesondere mangelnde Information und Durchschaubarkeit angegeben wurde.

Die Einschätzung der Studierenden zur Verkehrsplanung wird an einem aussagekräftigen Zitat von Topp festgemacht: „Die kommunalpolitische Doppelstrategie, den ÖPNV zu fördern, ohne dem Auto weh zu tun, führt zu hohen Kosten und geringem Nutzen.“⁹

Im Förderprogramm werden einerseits Maßnahmen zur Busbeschleunigung ausgearbeitet, andererseits wird besonderer Wert auf die Verknüpfung mit anderen Verkehrsmitteln gelegt. Neben P+R-Anlagen werden auch neue Haltepunkte für den Schienenverkehr vorgeschlagen, die in der vorliegenden Studie aufgegriffen werden, bzw. z.T. schon umgesetzt sind.

Die Studie der Grünen befaßt sich mit dem Regionalverkehr und weist nach, daß neben einem verbesserten Angebot auf den vorhandenen Bahnstrecken auch ein Neubau von Strecken Bestandteil einer offensiven Bahnstrategie sein muß, da erhebliche Potentiale sonst nicht gewonnen werden können.

2.4. Schienenverkehr

Explizit den Schienenverkehr betreffend sorgen in jüngster Zeit immer wieder einige Vorschläge zur Einführung einer Straßen- oder Stadtbahn für Furore. Zu diesem Thema sind insbesondere die Überlegungen des Münsterschen VCD¹⁰ in der vorliegenden Studie aufgegriffen worden.

Dabei standen zwei wesentliche Aspekte im Vordergrund: Erstens die Streckenführung in der Altstadt und zweitens die Anbindung an die Region.

Aufgrund der Ergebnisse der städtischen Untersuchung zum Schienenpersonenverkehr¹¹ konnte eine Bewertung der Bahnstrecken erfolgen. Die Auswertung der Vorortbahnhöfe¹² belegt zudem die Möglichkeiten (und den Willen) zur Verbesserung des schienengebundenen Angebots.

Die Notwendigkeit, Fernpendler in die Überlegungen miteinzubeziehen, spiegelt sich in einer IVV-Untersuchung zu einer möglichen Regionalbahn Enschede-Bielefeld¹³ wieder. Denn auf beiden Relationen sind ausreichende Potentiale vorhanden.

⁷ Akademie für Umweltforschung und -bildung in Europa (1995)

⁸ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1994)

⁹ Topp (1991), S. 5; zit. nach Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1994), S. 74

¹⁰ Z.B. N.N. (1995)

¹¹ Ingenieurgesellschaft für Verkehr und Umwelt mbH (1989)

¹² Hauff / Kreft-Kettermann (1993)

¹³ Hamburg-Consult GmbH und Ingenieurgruppe IVV-Aachen (1991)

Alle Untersuchungen zeigen, daß im Münsterland ein weiterer Ausbau des ÖPNV auf der Schiene machbar ist. Mittels der Regionalisierungsgesetze haben die Kommunen nun die Chance, viele der vorgeschlagenen Maßnahmen umzusetzen und vor allem, weit darüber hinaus gehende Konzepte zu verwirklichen. Wichtig ist dabei der Blick auf die gesamte Region und das langfristige Ziel des Klimaschutzes. Einzelmaßnahmen sollten sich in ein möglichst komplexes Gesamtkonzept einfügen. Die vorliegende Studie soll zur Förderung dieser Sichtweise einen Beitrag leisten, indem sie Stadt und Region gemeinsam betrachtet. Denn Emissionen halten an der Stadtgrenze nicht an.

3. Das „Konzept für eine Neue Bahn“

3.1. Allgemeines

Aus der Frage, wie die CO₂-Minderungsziele der Bundesregierung auch im Verkehrssektor erreicht werden können, entstand die Untersuchung „Konzept für eine Neue Bahn“ des Wuppertal-Instituts über die Rolle der Bahn in einem entsprechenden Szenarium. Konkret wurde von der Überlegung ausgegangen, daß die Reduktionsziele der Regierung nur mit einem deutlich verminderten Auto- und Flugverkehr - gegenüber heute und erst recht gegenüber dem Trend für das Zieljahr 2005 - realisiert werden können. Da die erforderlichen Mengen mit Verkehrsvermeidungsstrategien in der Kürze der Zeit nicht erzielbar scheinen, ist untersucht worden, wie die Bahn umgestaltet werden müßte, um die notwendige Mobilität zu ermöglichen.

Die Studie behandelt sowohl den Personen- als auch den Güterverkehr in Deutschland. Sie stellt einen zukunftsfähigen Bahnverkehr für die Zeithorizonte 2010 und 2050 dar. Im folgenden werden die für die vorliegende Studie relevanten Ergebnisse für den Personenverkehr kurz erläutert.

3.2. Die wichtigsten Aussagen zum Personenverkehr

Die im Konzept für eine Neue Bahn skizzierte Ausbaustrategie des Schienenverkehrs führt zu einer deutlichen Effizienzsteigerung, ohne die eine solche Idee schlicht nicht finanzierbar wäre. Es wird ein Bild von einem umweltverträglichen und ökonomisch tragfähigen Verkehr entworfen.

Ausgangspunkt der Angebotsstruktur im Personenverkehr bildet die Bevölkerungsstruktur des Landes. Dicht besiedelte Räume haben geradezu optimale Voraussetzungen für die Installation eines leistungsfähigen und rentablen Schienenverkehrs. Doch die Verknüpfung innerhalb der Ballungsräume und zwischen ihnen reicht nicht aus. Um eine vernünftige Alternative zum Auto zu bieten, muß die Bahn ihren Anschlußgrad deutlich erhöhen, das bedeutet, sie muß auch die ländlichen Regionen, die „Fläche“, erschließen.

Die Herleitung ist simpel: Die Zahl der möglichen Verbindungen nimmt bei abnehmender Erschließungsdichte überproportional ab. Bei der angestrebten Erschließungsdichte von 95 Prozent der Bevölkerung besteht ein Verbindungsgrad von 90 Prozent. Also 90 Prozent aller möglichen Reisen von einem beliebigen Ort zu einem beliebigen anderen können dann komplett mit der Bahn abgewickelt werden. Liegt die Erschließungsdichte aber beispielsweise um 35 Prozentpunkte niedriger, fällt der Verbindungsgrad schon um 54 Prozentpunkte.

Um erfolgreich sein zu können, muß die Bahn sich an Kundenwünschen orientieren. Sie braucht deshalb ein übersichtliches, merkfähiges Angebot. Die Studie schlägt eine Vierteilung auf drei hierarchischen Ebenen vor.

Zwischen den Oberzentren ist (als oberste Ebene) ein Fernverkehrsnetz vorgesehen, das dem heutigen IC-Netz sehr ähnlich ist, allerdings einen 30-Minuten-Takt aufweist. Auf der Ebene des Nahverkehrs soll es zu einer Differenzierung zwischen Ballungsräumen und ländlichen, dünner besiedelten Gebieten kommen. In dicht besiedelten Räumen wird ein S-Bahn-Netz im 10-Minuten-Takt betrieben, in den ländlichen Regionen ein Regionalverkehrsnetz im integrierten 30-Minuten-Takt. Auf der verbindenden Ebene zwischen Fern- und Nahverkehr soll ein Interregionalverkehrsnetz im integrierten 30-Minuten-Takt fungieren.

Der integrierte 30-Minuten-Takt hat sich als zukunftsfähige Takt-Obergrenze herauskristallisiert, da andernfalls zu große Wartezeiten zu unattraktiven Reisezeiten führen würden. Die im S-Bahn-Verkehr ohnehin nicht mögliche Integrierung des Takts ist bei 10-Minuten-Zugfolgen auch nicht notwendig.

Zur Dichte der Haltepunkte ist die gute Erreichbarkeit anzumerken, da im IR-Verkehr auf durchschnittlich 65000 EinwohnerInnen ein Halt fällt. Das bedeutet, in durchschnittlich 2-3 Kilometern Entfernung befindet sich der nächste IR-Haltepunkt.

Im Nahverkehr ist sogar für durchschnittlich alle 4000 EinwohnerInnen ein Haltepunkt vorgesehen. Dies führt auch im ländlichen Raum zu guten Erreichbarkeiten.

Die für 2010 angesetzten Reisegeschwindigkeiten liegen im Fernverkehr bei 120 bis 160 km/h, im Interregionalverkehr bei 80 bis 100 km/h und im Nahverkehr zwischen 40 und 60 km/h. Eine weitere Erhöhung soll schrittweise erfolgen. Somit ist eine ernsthafte Konkurrenz zum Individualverkehr möglich.

3.3. Tarifstruktur

Bei der Preisgestaltung ist Einfachheit Trumpf. In Anlehnung an die Tarifstruktur des Verkehrsverbunds Rhein-Ruhr ist an ein dreistufiges System gedacht. Im Prinzip entsteht ein großer Verkehrsverbund für ganz Deutschland. Ein Kunde muß in Münster eine Fahrkarte von Stralsund-Hafen bis zu einer Bushaltestelle in München-Pasing ohne Probleme lösen können.

Als unterste Stufe würde ein NahraumTicket fungieren, daß für einen bestimmten Zeitraum (Monat, Jahr) das Benutzen von allen öffentlichen Verkehrsmitteln in einer Stadt (oder bei entsprechender Bevölkerungsdichte in einem Kreis) ermöglicht. Für die nächste Stufe ist ein RegionalTicket vorgesehen, das die an das Gebiet des NahraumTickets angrenzenden Städte ebenfalls enthält und somit einen Raum mit einem Radius von 50-70 Kilometern abdeckt - gültig wiederum für alle öffentlichen Verkehrsmittel. Damit werden etwa 90 Prozent der Fahrten mit diesem Ticket möglich.

Für die außerhalb des Geltungsbereichs des RegionalTickets liegenden Ziele ist eine SmartBahnCard vorgesehen. Sie ist im Prinzip nichts anderes als die heutige BahnCard.

Der Normalfall des Bahnfahrens stellt sich folglich bargeldlos dar. Eine Karte, mit der ein bestimmtes Kontingent abgedeckt wird, kann immer dann, wenn die Kunden es wünschen, am Automaten aufgefüllt werden.

Die Abrechnung zwischen den unterschiedlichen Anbietern von öffentlichem Nahverkehr wird aufgrund von Zählungen und Befragungen erfolgen und kann nach mehr oder minder komplizierten Verfahren abgewickelt werden. Der Fahrgast merkt von alledem nichts. Für ihn wird Bahnfahren wirklich einfacher und damit deutlich attraktiver.

3.4. Regionalbahn

Einer gesonderten Betrachtung wird hier der Nahverkehr außerhalb der Ballungsräume unterzogen, da das Umfeld von Münster eindeutig diesem Raum zuzuordnen ist. Die typischen Merkmale der für das Konzept für eine Neue Bahn entwickelten Regionalbahn werden im folgenden dargestellt.

Ein durchschnittliches Netz hat eine Größe von ca. 800 km² und eine Einwohnerzahl von ca. 150000. Ein solches Netz würde dann über ca. 40 Haltepunkte erfolgen.

Ein typisches Regionalbahn-Netz ist auf ein zentral gelegenes Mittelzentrum ausgerichtet. Entsprechend der Einzugsbereiche dieses Ortes müßten die Strecken angeordnet werden. Vielfach sind sie das ja auch - oft allerdings stillgelegt.

Ein solches Netz bezieht in der Regel eine Interregional-Verbindung mit ein, für die das Mittelzentrum ein Haltepunkt darstellt. Dieser wird nun zum zentralen Verknüpfungspunkt mit dem Regionalverkehr. Auf der IR-Strecke und auf einer weiteren, kreuzenden, sich später verzweigenden Strecke wird der Regionalverkehr im 30-Minuten-Takt abgewickelt. Die Anschlußsicherung zum IR-Verkehr ist dabei von großer Bedeutung.

Zwei weitere, wichtige Merkmale sind die Möglichkeit, den Straßenraum als Trasse zu nutzen, um eine größtmögliche Zielnähe zu gewährleisten, und der Flügelzugbetrieb. Letzterer bedeutet eine Zugaufteilung bei jeder Streckenverzweigung.

Um dies zu realisieren, sind neue Fahrzeuge notwendig, die diesen Anforderungen genügen. Sie müssen klein, leicht, sparsam, flexibel und preiswert sein.

Ihre Niederflrigkeit muß sich am Bordsteinniveau orientieren, sie müssen über einen Dieselantrieb verfügen, hohe Beschleunigungswerte erreichen und eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Ferner ist eine Mehrfachsteuerung und ein Durchgang an den Köpfen zwingend notwendig.

Der gegenwärtige Trend im Fahrzeugbau geht eindeutig in diese Richtung und zeigt auch, daß qualitativ hochwertige Triebwagen zu erstaunlich niedrigen Preisen zu bekommen sind. Die für ganz Deutschland im Konzept für eine Neue Bahn veranschlagte Stückzahl begünstigt diese Entwicklung.

3.5. Weitere Aspekte des Neue-Bahn-Konzepts

Das Konzept beinhaltet viele weitere Punkte, die mindestens in der Tendenz auch für ein Schienenverkehrskonzept für die Region Münster relevant sind. Eine Trendwende ist in einigen Bereichen zwar eingeleitet, aber für einen wirkungsvollen Klimaschutz müssen im Verkehrssektor weit größere Veränderungen eintreten.

Bei Reduktion des gesamten Personenverkehrsaufwands muß der Anteil der Bahn vervierfacht werden. Als flankierende Maßnahmen sind daher unter anderem restriktive Eingriffe beim Auto und Luftverkehr notwendig. Dazu gehören zum Beispiel Geschwindigkeitsbegrenzungen.

Die Bahn selbst muß den räumlichen und zeitlichen Lückenschluß in ihrem Angebot anstreben. Bei moderner Betriebstechnik kann die Vervielfachung des Angebots im Personenverkehr und die Verdreifachung im Güterverkehr mit etwa der gleichen Mitarbeiterzahl wie heute gewährleistet werden. Der jährliche Finanzbedarf für die Umsetzung bewegt sich in einer Größenordnung von ca. 40 Mrd. DM; das ist lediglich die doppelte Menge der derzeitigen jährlichen Einnahmen.

Als **Hauptthesen** hält das Konzept unter anderem fest:

- Eine zukunftsfähige, den Zielen des Umwelt-, bzw. Klimaschutzes gerecht werdende, Bahn ist die überall präsente Flächenbahn und nicht die auf Hauptmagistralen beschränkte Rumpfbahn.
- Als Ziel ist eine deutlich verbesserte Reisezeit statt einer hohen Fahrgeschwindigkeit anzustreben.
- Es ist eine wesentlich größere Kundenorientierung vonnöten. Dies muß zu einer deutlich verbesserten Zusammenarbeit zwischen DB und Anbietern führen.
- In Technik und Organisation sind Innovationen einzuleiten, die zu echten Qualitätssprüngen führen.
- Der Bahn ist aus umwelt- und klimapolitischen Notwendigkeiten ein Vorrang vor der Straße einzuräumen.

4. Richtungsweisende Elemente für den Schienenverkehr der Region Münster

4.1. Der Untersuchungsraum

Die Stadt Münster hat als Oberzentrum einen Einzugsbereich von über einer Million Menschen, die folglich alle mehr oder weniger häufig die Stadt aufsuchen. Sei es als Berufs- oder Ausbildungspendler fast täglich oder periodisch bis episodisch zum Einkaufen oder zur Freizeitgestaltung.

Das im LEP I/II dargestellte Einzugsgebiet umfaßt den gesamten Regierungsbezirk Münster mit Ausnahme des Kreises Recklinghausen und der Städte Bottrop und Gelsenkirchen. Münster ist dort als solitäres Verdichtungsgebiet dargestellt. Auch der Raumordnungsbericht der Bundesregierung zählt Münster gemäß Beschluß der Ministerkonferenz für Raumordnung zu den Verdichtungsräumen.

Mittelzentrale Funktion besitzt das Oberzentrum dagegen nur innerhalb seiner Stadtgrenzen. Daneben haben 19 weitere Orte innerhalb des oberzentralen Einzugsbereichs die Funktion eines Mittelzentrums.

Dies sind die Städte Ahaus, Ahlen, Beckum, Coesfeld, Dülmen, Greven, Gronau, Emsdetten, Ibbenbüren, Lengerich, Lüdinghausen, Ochtrup, Rheine, Stadtlohn, Steinfurt, Verden und Warendorf sowie die Städte Bocholt und Borken, die aber zugleich auch dem oberzentralen Einzugsbereich von Essen angehören.

Innerhalb des Münsterschen Einzugsgebiets dominiert die Stadt Rheine sowohl von der Einwohnerzahl (über 70000), der Dichte als auch der zentralörtlichen Bedeutung. Darüber hinaus gibt es aber auch Verflechtungen mit außerhalb des im Landesentwicklungsplan definierten Oberbereichs liegenden Orten.

Münster ist (nicht nur in verkehrlicher Hinsicht) als eingerahmt von den angrenzenden Oberzentren Osnabrück, Bielefeld, Dortmund und Essen zu sehen. Auch der grenzüberschreitende Verkehr von und nach Enschede ist zu berücksichtigen. Verflechtungen in größerem Ausmaß bestehen mit den Städten Osnabrück, Bielefeld, Hamm, Dortmund, Recklinghausen, Haltern und Dorsten.

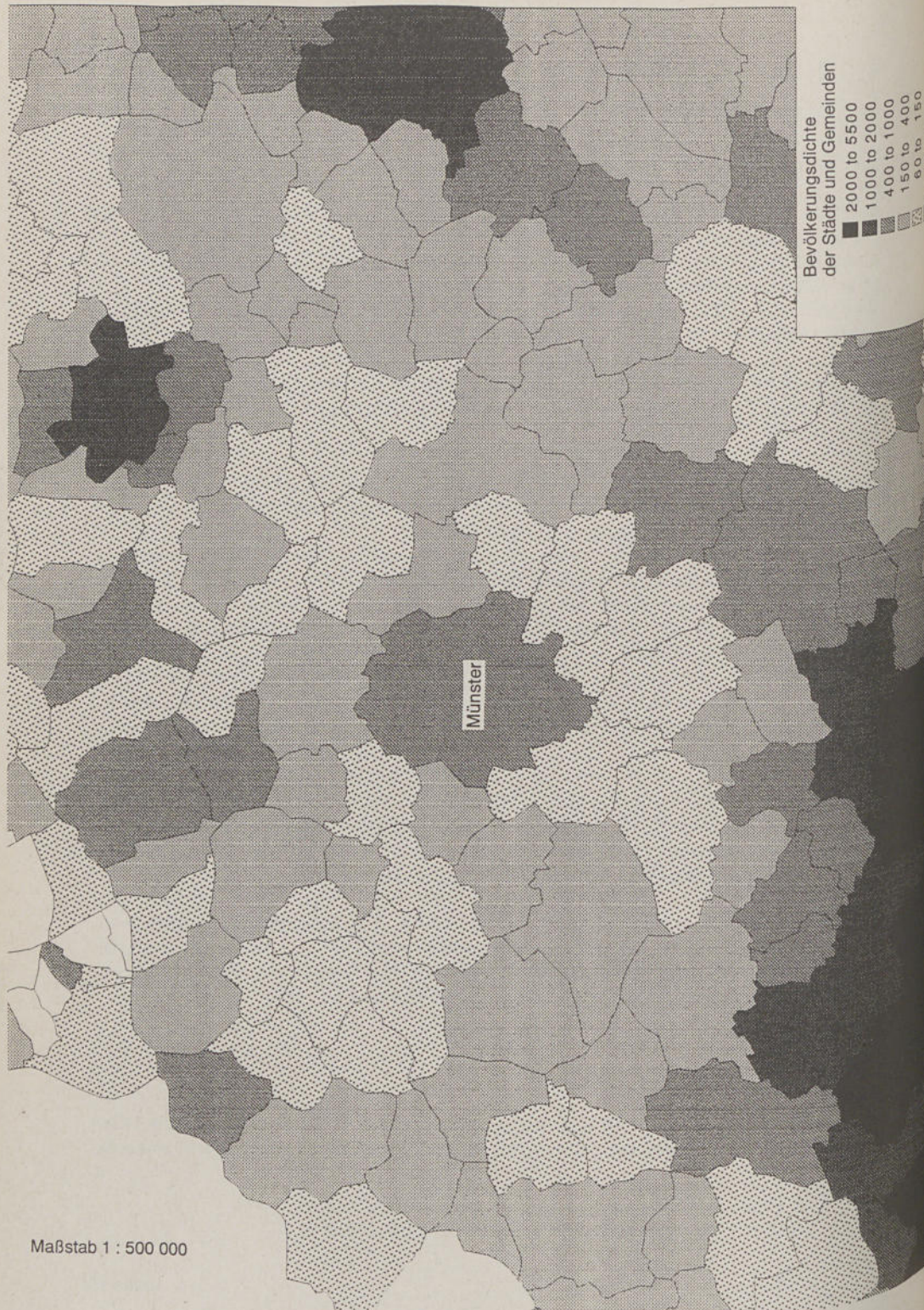
Neben dem Verkehr über mittlere Entfernungen, der zwischen Nah- und Fernverkehr eingeordnet werden kann und im Konzept für eine Neue Bahn als Interregionalverkehr bezeichnet wird, interessiert hier vor allem der Nahverkehr mit Distanzen bis zu 50 km (in Ausnahmen bis zu 70 km).

4.2. Verkehrswege und Pendler

An jedem Werktag kommen aus dem Umland etwa 190000 Personen nach Münster.¹⁴ Die meisten benutzen das Auto: 80 Prozent.¹⁵ Zwar entspricht dieser An

¹⁴ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Teil B, Anlage 5

¹⁵ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Teil B, Anlage 6



Maßstab 1 : 500 000

teil in etwa dem Bundesdurchschnitt, scheint angesichts der Vielzahl von Bahnstrecken, die aus fast allen Richtungen auf die Stadt zuführen, aber relativ viel MIV zu sein. Werden jedoch Takt- bzw. Reisezeiten der Züge in Rechnung gestellt, ist die große Zahl von Pkw-Nutzern nicht mehr verwunderlich. Insgesamt führen neun Bahnstrecken nach Münster, von denen acht im Personenverkehr betrieben werden. Dies sind die elektrifizierten Strecken aus Richtung Rheine, Osnabrück, Hamm, Lünen und Haltern (Recklinghausen) und die „Diesel-Strecken“ aus Richtung Gronau, Warendorf/Rheda und Coesfeld. Die Strecken von Rheine, Osnabrück, Hamm und Recklinghausen sind zweigleisig, alle anderen eingleisig.

Im Regionalverkehr bestehen dort folgende Takte:

KBS 407 (Gronau)	N bzw. RB = 60'-Takt
KBS 395 (Rheine)	N u. E bzw. SE u. RE = je 60'-Takt (30/30); IR = 120'-Takt
KBS 385 (Osnabrück)	N/E bzw. SE = 60'-Takt; IR = 120'-Takt; IC = 60'-Takt
KBS 406 (Warendorf)	N u. E bzw. RB ohne Takt (jede Stunde)
KBS 410 (Hamm)	N bzw. SE = 60'-Takt; E bzw. SE = 120'-Takt; IR = 120'-Takt
KBS 411 (Lünen)	N bzw. SE = 60'-Takt; IC v. Dortmund = 60'-Takt
KBS 425 (Haltern)	N bzw. RB = 120'-Takt; RSB bzw. SE = 60'-Takt; IR = 60'-Takt, IC = 120'-Takt
KBS 408 (Coesfeld)	N bzw. RB ohne Takt (jede Stunde)

Von den genannten 190000 Personenfahrten kann etwa die Hälfte dem Berufs- und Ausbildungsverkehr zugerechnet werden.¹⁶ Besonders große Pendlerströme treten bis zu etwa 40 Kilometer Entfernung vom Stadtzentrum auf. Orte mit über 3000 Berufs- und Ausbildungspendlern sind Havixbeck, Greven, Senden und Telgte; mehr als 2000 verzeichnen Drensteinfurt, Nottuln, Rheine und Steinfurt.¹⁷

Aber auch außerhalb des Regierungsbezirks gelegene Städte beheimaten eine große Zahl von Münster-Pendlern, so z.B. Hamm (1248) oder Dortmund (712). Bei Verflechtungen in diesem Ausmaß sind auf jeden Fall entsprechende Fernzüge bereitzustellen.

Da der Verkehr in beiden Richtungen auftritt, geht es insgesamt um täglich 380000 Fahrten von und nach Münster. Bei optimalem ÖPNV-Angebot und gleichzeitigen MIV-Restriktionen kann problemlos ein Modal-Split-Anteil von 40 Prozent für die Bahn erreicht werden, denn bei Verkehr in die Innenstadt sind prinzipiell über 70 Prozent möglich.¹⁸ In Münster führt die Hälfte aller Fahrten aus dem Umland in die Innenstadt.

Die Struktur des Binnenverkehrs sieht deutlich anders aus. Täglich werden mehr als 670000 Personenfahrten im Binnenverkehr der Stadt Münster durchgeführt.¹⁹ Unter anderem durch einen aufgrund kurzer Entfernungen und guter

¹⁶ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Teil B, Abb. 9 und Teil C2, Abb. 2

¹⁷ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Anlage 1

¹⁸ Socialdata (1992)

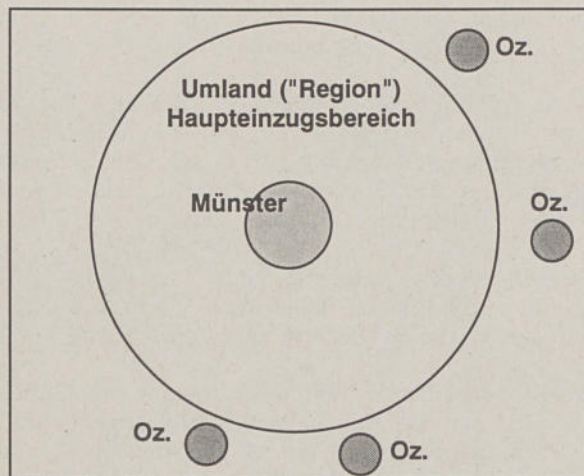
¹⁹ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Teil B, Anlage 4.0

Infrastruktur hohen Radverkehrsanteil (43%) liegt der MIV-Anteil hier bei „nur“ 49 Prozent²⁰. Aber auch hier kann der ÖPNV-Anteil noch kräftig gesteigert werden, denn die mit Abstand meisten Fahrten führen in die Innenstadt.

4.3. Besiedlungsdichte und Bedienungsformen

Der große Einzugsbereich Münsters umfaßt grob gesehen drei unterschiedlich strukturierte Gebiete. Erstens bestehen intensive Verflechtungen zu den Vororten, das heißt innerhalb des Stadtgebiets. Diese Räume zeichnen sich durch eine hohe Besiedlungsdichte aus. Zweitens bestehen Verflechtungen mit dem sogenannten Umland. Die dortigen Unter- und Mittelzentren sind allesamt relativ dünn besiedelt (unter 400 EW/km²). Drittens sind einige (dicht besiedelte) Oberzentren durch Fernpendler mit der Stadt Münster verflochten.

Aus allen genannten Bereichen soll eine umweltverträgliche Fahrt nach Münster möglich sein. Daß nicht alle Gebiete mit dem gleichen System angeschlossen werden können, liegt auf der Hand - ebenso wie das Ziel, ein weitestgehendes Angebot auf der Schiene anzustreben.



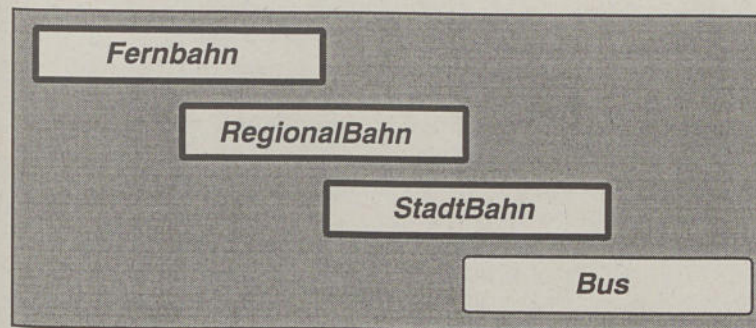
Die umliegenden Zentren können am besten durch Züge des Fernverkehrs angeschlossen werden. Im Sinne der Systematik des Neue-Bahn-Konzepts sind zwischen den Oberzentren InterCity-Verbindungen und ansonsten InterRegio-Verbindungen vorzusehen.

Das ländlich geprägte Umland wird idealerweise durch RegionalBahn-Systeme erschlossen, die auch noch bei relativ geringem Besetzungsgrad rentabel sind. Solche Systeme legen in der Regel einen Betrieb mit leichten Dieseltriebfahrzeugen nahe.

²⁰ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Teil B, Anlage 3.2

Die Stadt Münster selbst als hoch verdichteter Raum wäre nach der Neue-Bahn-Systematik mit einem S-Bahn-System zu bedienen. Da der Raum jedoch für ein eigenes S-Bahn-System zu klein ist, bietet sich - ähnlich wie in Karlsruhe - ein Stadtbahnnetz an. Stadtbahnfahrzeuge sind kleiner, leichter und flexibler und können vor allem ohne Probleme im Straßenraum eingesetzt werden. Ein fallweises Befahren von DB-Strecken ist ebenfalls möglich. Anzustreben wäre folglich ein beschleunigtes Straßenbahnsystem, daß durchaus den Titel „S-Bahn“ tragen kann.

Im Ergebnis kristallisiert sich ein dreistufiges System heraus: Fernzüge sowie ein RegionalBahn- und ein StadtBahn-Netz. Somit kann für die unterschiedlichen Erfordernisse das entsprechende Verkehrsmittel eingesetzt werden. Daneben existiert natürlich weiterhin das gut ausgebaute Busnetz, das dann auf den Schienenverkehr auszurichten ist.



4.4. Konzeptionelle Umgestaltung des ÖPNV

Um die derzeitigen Autonutzer für den ÖPNV zu gewinnen, ist ein verständliches - ergo übersichtliches - Angebot vonnöten, das einfach zugänglich ist. Die Reisezeit (inklusive Zu- und Abgangszeiten) darf nicht wesentlich über der des Autos liegen; neben kurzen Fahrzeiten ist vor allem ein guter Takt notwendig. Das Verkehrsmittel muß de facto verfügbar sein, das heißt in zumutbarer Nähe und auch in den sogenannten Tagesrandlagen, wie den Abendstunden.

Um möglichst bald einen Beitrag zur Emmissionsminderung und Verkehrsverbesserung generell leisten zu können, ist ein schnell umsetzbares Konzept anzustreben. Ein solches Schienenverkehrskonzept muß in seinen Grundzügen ohne umfangreiche Streckenneubauten auskommen und innerhalb kurzer Zeit umgesetzt werden können. Das Konzept verfügt daher über die drei genannten Ebenen Fernverkehr, RegionalBahn und StadtBahn.

Fernverkehr

Die für die Fernpendler notwendigen Anschlüsse an das Fernverkehrsnetz sind weitgehend gegeben, wenn auch Verbesserungen notwendig sind. Am stärksten zu Wünschen übrig läßt die Verbindung nach Bielefeld. Besonders gravierend ist darüberhinaus das völlige Fehlen einer Schienenverbindung in den Raum Enschede-Hengelo-Almelo. Für diese beiden Relationen besteht akuter Handlungsbedarf.

Regionalverkehr

Der Verkehr aus dem Umland wird bisher durch acht Bahnlinien erschlossen, über die ein Großteil der Pendler an die Stadt Münster angebunden ist. Die Strecken sind unterschiedlich gut ausgebaut und werden mit verschiedenen Zugfolgen bedient, was sich entsprechend auf die erreichbaren Reisezeiten auswirkt. Auf einigen Strecken ist kein Taktverkehr vorhanden.

Einige Gebiete, die über intensive Verflechtungen mit Münster verfügen, sind allerdings ohne Bahnanschluß. Insbesondere die Gemeinden Nottuln, Senden, Sendenhorst und Everswinkel müssen trotz hoher Pendlerzahlen (alle über 1500)²¹ ohne Schienenverkehr auskommen.

Für die genannten Orte ist daher über geeignete Maßnahmen (Streckenreaktivierung und -neubau) eine Erschließung mit der Bahn anzustreben. Die so geschaffenen Strecken sollten für die Regionalbahn geeignet sein, können also ohne Elektrifizierung auskommen. Ebenso wie die übrigen nicht-elektrifizierten Strecken sind ausreichende Reisezeiten mit einem 30-Minuten-Takt zu erreichen.

Auf den elektrifizierten Strecken ist ebenfalls mindestens ein 30-Minuten-Takt einzurichten, sofern er nicht bereits durch Überlagerungen von Eil- und Nahverkehrszügen schon besteht. Eine weitere Verdichtung kann auf einigen Abschnitten lohnenswert sein.

Zentraler Verknüpfungspunkt des Regionalverkehrs sollte der Münstersche Hauptbahnhof sein. Umliegende Mittelzentren sollten ebenfalls Verknüpfungspunkte bilden. Aufgrund des bestehenden Streckennetzes können in den Städten Ahaus, Beckum, Coesfeld, Gronau, Lengerich, Lüdinghausen, Rheine und Steinfurt kurzfristig solche Verknüpfungspunkte eingerichtet werden. Für das Mittelzentrum Warendorf sind dagegen Streckenneubauten notwendig, so daß dort ein Verknüpfungspunkt erst mittelfristig ins Auge gefaßt werden kann.

Der Hauptbahnhof bietet sich als Verknüpfungspunkt an, da er ohne aufwendige Streckenneubauten erreicht werden kann. Das Netz kann also schnell aufgebaut werden. Außerdem sind automatisch gute Umsteigemöglichkeiten gegeben.

Wenn die Städte Nottuln, Senden und Sendenhorst angeschlossen werden sollen, wird der Hauptbahnhof sowohl von Norden als auch von Süden jeweils von drei Regionalbahn-Ästen erreicht, die somit gut miteinander verknüpfbar sind. Es entstehen folglich drei durchgehende Linien, deren Züge sich alle zur gleichen Zeit bzw. kurz nacheinander im Hauptbahnhof treffen sollten.

²¹ Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster (1993), Anlage 1

Da das Ziel der Fahrgäste in der Regel nicht der Hauptbahnhof ist, sondern an einem anderen Punkt Münsters liegt, ist eine optimale Verknüpfung mit den Stadtverkehrssystemen notwendig. Bisher wird diese Aufgabe von Bussen übernommen. Zukünftig soll sie verstärkt durch die StadtBahn übernommen werden, und zwar sowohl vom Hauptbahnhof aus als auch von weiter außerhalb liegenden Punkten aus.

Stadtverkehr

Wer einen Blick auf den Liniennetzplan der Busse in Münster wirft, verzweifelt ohne genaue Ortskunde schnell. Der 10-Minuten-Takt in der Innenstadt kann zwar als außerordentlich gut bewertet werden, doch der Linienverlauf ist - zumal für Ortsfremde - kaum nachvollziehbar. Der Vorteil des Systems Bus - seine große räumliche Flexibilität - wird durch den Nachteil der Unübersichtlichkeit insofern wieder aufgehoben als kein weiteres System in der Stadt diese Lücke füllt. Die bestehende Eisenbahn ist dafür eine Stufe zu hoch angesiedelt.

Die Lücke soll nun von einem StadtBahn-System gefüllt werden. Der Unterschied zum einfachen Straßenbahnsystem besteht einerseits in der teilweise höheren Geschwindigkeit, die auf getrennten Gleiskörpern erreicht werden kann, und andererseits in der potentiellen Kompatibilität mit dem DB-System, also auch mit den Regionalbahnen.

Gegenüber dem Bus weist das Schienenverkehrsmittel neben einer deutlich besseren Übersichtlichkeit und Merkbarkeit vor allem einen weitaus höheren Fahrkomfort auf. Ein Stadtbahnsystem ist in der Lage, mehr als 15 mal soviel Autofahrer zum Umsteigen zu veranlassen wie ein Bussystem.²²

Für die Anlage eines StadtBahn-Netzes bieten sich in Münster vor allem die Haupteinfallstraßen an. Sie weisen eine ausreichende Breite auf; bei mehr als zwei Fahrspuren können die übrigen für den ÖPNV reserviert werden (kombinierte Bus- und Bahn-Spuren). Der dort alltägliche Stau ist eine gute Voraussetzung für das Umsteigen. Auch der innerste Hauptstraßen-Ring bietet sich für die StadtBahn an.

Eine nahezu flächendeckende Erschließung ist mit insgesamt acht Ästen möglich, die sich alle am Hauptbahnhof - genauer: am Bahnhofsvorplatz - treffen. Vier Linien erreichen diesen Verknüpfungspunkt von Norden und vier von Süden. Das Durchbinden bietet sich an, so daß ein Netz aus insgesamt vier Linien erstellt werden kann, wodurch eine große Merkfähigkeit erzeugt wird.

In der Innenstadt hat sich der 10-Minuten-Takt für die Busse bewährt und sollte auch für die StadtBahnen verbindlich sein. Abfahrtszeiten braucht sich dann niemand mehr zu merken und außerdem bestehen immer Anschlüsse. Allerdings sollte eine Ausrichtung der Takte auf die Regionalbahnen erfolgen, so daß ein Umsteigen in das nächsthöhere Verkehrsmittel (das alle 30 Minuten fährt) ohne Zeitverlust möglich ist.

Um annähernd optimale Reiserouten zu ermöglichen, ist es sinnvoll, die StadtBahn-Strecken so nach außen zu führen, daß sie die DB-Strecken schneiden.

²² laut einer Socialdata-Untersuchung in Karlsruhe

Diese Berührungspunkte sind als kundenfreundliche Umsteigeanlagen auszubauen, sind also gleichzeitig Haltepunkte für Regional- und Stadtbahn. Der Umweg über den Hauptbahnhof entfällt auf diese Weise vielfach.

Ein Stadtbahn-Betrieb nach BOStrab ermöglicht einen problemlosen Einsatz ohne übertriebene Sicherheitsvorschriften. Die Fahrzeuge sollten elektrisch angetrieben werden, wie dies bei Stadtbahnen üblich ist. Eine Elektrifizierung mit 15 kV und 16 2/3 Hz wie bei der DB empfiehlt sich aufgrund der dann möglichen Kompatibilität mit dem DB-Netz. Aus dem gleichen Grunde ist eine Spurweite von 1435 mm vorzusehen.

Es zeigt sich an dieser Stelle, daß das bisherige Fehlen von Straßenbahnen in Münster auch äußerst vorteilhafte Perspektiven für einen zukünftigen Betrieb bietet. Die Fahrt eines Stadtbahn-Wagens kann über DB-Abschnitte erfolgen, ohne auf eine Zweistrom-Steuerung angewiesen zu sein. Das bedeutet: Karlsruher Modell mit „einfachen“ und daher wesentlich preiswerteren Wagen.

Die Stadtbahn soll die Lücke zwischen Bus und Regionalbahn füllen. Einige Aufgaben, die bisher von Bussen wahrgenommen werden, wird in Zukunft die Stadtbahn wahrnehmen, so daß eine Umstrukturierung des Busnetzes erfolgen muß. Eine Ausrichtung der Buslinien auf Stadt- und Regionalbahnen ist die logische Konsequenz.

All jene Aufgaben im Stadtverkehr, die durch die Stadtbahn nicht erbracht werden können, sind von Bussen zu übernehmen. Dies sind hauptsächlich feinkräumige Erschließungen, das Herstellen tangentialer Verbindungen sowie von Verbindungen zwischen zwei Stadtbahn-Strecken und der Verkehr innerhalb des inneren Hauptstraßen-Rings.

Die Straßen innerhalb dieses Ringes sollten ansonsten weitgehend autofrei bleiben. Dies ergibt sich aus den bisherigen Emissionsszenarien, denn am nächsten an die geforderten Reduktionen kommen die Szenarien, die eine autofreie Innenstadt (AUF1) beinhalten. Sie sollte selbstverständlich sein, sobald die hochwertigen und umweltfreundlicheren Alternativen des Schienenverkehrs bereit stehen.

Eine autofreie Altstadt als alleinige MIV-Restriktionsmaßnahme ist jedoch sicher nicht ausreichend, um die angepeilten Emissionsminderungen verwirklichen zu können. Dazu sind weitere Beschränkungen erforderlich, wie die Sperrung von Fahrspuren oder ganzen Straßen in der Innenstadt für den Autoverkehr.

Wie die derzeitige Ozon-Diskussion zeigt, besteht durch Ausnahmeregelungen immer die Gefahr von faulen Kompromissen, auf die an dieser Stelle ausdrücklich hingewiesen wird. Eine Fahrverbot für den MIV kann nicht heißen, daß die Hälfte der Fahrzeuge trotzdem fahren darf.

Dieser Hinweis soll die Komplexität der Planungen verdeutlichen. Ein Ausbaukonzept für den Schienenverkehr ist ohne weitreichende Eingriffe beim Autoverkehr bestenfalls die Hälfte wert.

Option auf das Karlsruher Modell

Das geschilderte Konzept beruht auf einer Zweigleisigkeit - im übertragenen wie auch im Wortsinn. Zwei unabhängige Systeme bestehen je nach Aufgabe getrennt voneinander, auch wenn sie sinnvoll miteinander verknüpft sind: Die Regionalbahn und die Stadtbahn.

Wenn beide Systeme in Münster realisiert werden, ist ohne Zweifel ein sehr gutes ÖPNV-Angebot vorhanden. Doch möglicherweise läßt es sich durch eine echte Kombination der beiden Systeme noch weiter verbessern.

Ludwig hat es in Karlsruhe exemplifiziert: Kommunales und DB-Netz können von ein und demselben Fahrzeug durchgängig befahren werden. Wenn diese Idee auch in Münster umgesetzt wird, eröffnen sich weitere Möglichkeiten. Die Züge aus der Region könnten auf Stadtbahn-Gleisen direkt in die Innenstadt fahren. Ein Umsteigen wäre vielfach nicht mehr notwendig.

Dazu müßten die am Stadtrand liegenden Verknüpfungspunkte der beiden Systeme über eine systemübergreifende Gleisverbindung verfügen. Da nur extrem kurze Gleisstücke fehlen würden, stellt diese Aufgabe baulich kein Problem dar.

Für den zukünftigen Betrieb stehen dann zwei Möglichkeiten zur Auswahl: Entweder fahren die Dieseltriebwagen der Regionalbahn - wie im Beispiel des VCD für eine „Regio-Stadtbahn“ - direkt in die Innenstadt oder die Regionalbahn-Strecken werden ebenfalls elektrifiziert und dann von den Stadtbahn-Fahrzeugen befahren. Beide Betriebsformen sind auch nebeneinander bzw. wechselseitig möglich. Wird ein Mischbetrieb angestrebt, ist bereits zu Beginn der Fahrzeugbeschaffungen auf die eventuell notwendige Kuppelbarkeit von Stadtbahn- und Regionalbahn-Wagen zu achten.

Ein durchgängiges Befahren ist besonders einfach, wenn zuvor bereits im Rahmen der Regionalisierung der regionale Verkehr in die Hände des städtischen Unternehmens gelegt worden ist - wenn also der Betreiber von Stadtbahn und Regionalbahn derselbe ist. Aber auch, wenn es sich um unterschiedliche Betreiber handelt (z.B. DB und Stadtwerke), ist eine Regio-Stadtbahn möglich. Sie könnte dann gemeinschaftlich von beiden betrieben werden, wie es bei vielen städteübergreifenden ÖPNV-Verbindungen der Fall ist. Beispiele dafür sind das Karlsruher Vorbild oder einige Strecken im Ruhrgebiet.

Ob eine Regio-Stadtbahn tatsächlich Verbesserungen bringt, die den nötigen Aufwand lohnenswert erscheinen lassen, ist an dieser Stelle nicht abschließend zu beurteilen. Hier wird bewußt von einer Option gesprochen, die man sich aber auf keinen Fall „verbauen“ sollte, indem z.B. inkompatible Fahrzeuge beschafft werden. Da eine mögliche Umsetzung erst nach Realisierung der getrennten Netze vorgesehen ist, besteht genügend Zeit, die Wirkungen eines durchgehenden Verkehrs genauer zu analysieren. Je nach Ergebnis dieser dann durchzuführenden Evaluierung kann die Option wahrgenommen werden oder auch nicht.

Weitere Maßnahmen

Im Mittelpunkt einer Umgestaltung durch weitere Maßnahmen steht die Kundenfreundlichkeit, wobei mit diesem Begriff nicht die Freundlichkeit der Kunden

den gemeint ist, wie man vielleicht angesichts einiger Merkmale des hiesigen ÖPNV vermuten kann. Die Sicht der Kunden darf nicht nur kein Fremdwort sein, sondern muß vielmehr als zentrales Element eines neuen Konzepts verstanden werden.

Ganz konkret müssen zum Beispiel im Liniennetzplan der Stadt auch die DB-Züge verzeichnet sein. Der DB-Abfahrtsplan des Hauptbahnhofs als einziger Hinweis im Stadtfahrplan genügt sicher nicht. Sinnvoll wäre außerdem ein Fahrplan, der den Schienenverkehr der gesamten Region beinhaltet.

Ein ganz wesentlicher Aspekt ist die Tarifierung. Hier ist erstens für die gesamte Region Münster ein einheitliches System, das alle ÖPNV-Anbieter umfaßt, zu installieren. Im gesamten Einzugsbereich Münsters könnte dann in drei Stufen das Lösen von Tickets möglich sein, wie dies auch beim Verkehrsverbund Rhein-Ruhr geschehen ist. Zweitens sollten die erfolgreichen Umweltabos (Münster-Karte, Semesterticket) weiter ausgedehnt werden.

Eine Vereinheitlichung ist durch die gesetzlich vorgeschriebene Gründung eines Zweckverbands sicher relativ einfach zu erreichen. Insofern gibt die Regionalisierung an dieser Stelle einen Stoß in die richtige Richtung.

5. Strecken, Linien und Potentiale

5.1. Regionalbahn

Nichtelektrifizierte Strecken

Strecke 1: Coesfeld - Havixbeck - Münster (KBS 408, Baumbergebahn)

Derzeit werden auf dieser Strecke fünf Bahnhöfe bedient: Münster Hbf, Havixbeck, Billerbeck, Luthum und Coesfeld. Da die Strecke den Ort Havixbeck nur randlich berührt, ist eine Verlegung in den Ortskern unter Mitbenutzung des Straßenraums zu untersuchen. Im Zuge einer solchen Baumaßnahme könnte auch eine Begradigung westlich von Havixbeck stattfinden. Durch einen weiteren Ausbau könnte die Reisegeschwindigkeit von derzeit 60 km/h auf über 80 km/h gesteigert werden, was eine Reisezeit von unter 30 Minuten zur Folge hätte, so daß ein integrierter 30-Minuten-Takt möglich wäre.

Da Münster-Roxel in einer ersten Stufe des StadtBahn-Konzepts nicht angebunden wird, die Regionalbahn-Strecke den Vorort jedoch berührt, wird die Errichtung eines Haltepunktes empfohlen. Zur Anbindung an das Stadtbahnnetz sind zwei weitere Haltepunkte vorgesehen: Mecklenbeck und Preussenstadion.

Durch die Einführung eines Taktfahrplans (30') und neues Rollmaterial (Diesel-Leichttriebwagen) wird das Angebot erheblich verbessert, so daß die ÖPNV-Anteile deutlich gesteigert werden können und zusätzlich allein auf Münster ausgerichtet ca. 70000 Pkm anfallen.

Strecke 2: Nottuln - Appelhülsen - Münster

Diese Strecke ist zumindest teilweise neu zu bauen, da Nottuln nicht an das Bahnnetz angeschlossen ist. Vorgesehen ist eine Streckenführung von Nottuln entlang der B67 bis Appelhülsen. Dort kann eine Einfädelung in die Hauptstrecke von Haltern erfolgen.

Sollte aus Kapazitätsgründen bei einer Steigerung des ÖPNV-Aufkommens dieser Relation ein dreigleisiger Ausbau notwendig werden, kann alternativ eine Führung der Nottulner Strecke auf der B51 vorgesehen werden. Als weitere Haltepunkte sind in beiden Fällen Appelhülsen, Bösensell und Albachten vorgesehen, außerdem die Haltepunkte der Coesfelder Strecke: Mecklenbeck und Preussenstadion.

Die Potentiale von zusätzlich über 80000 Pkm erlauben einen 30-Minuten-Takt mit Diesel-Leichttriebwagen. Eine Linienkombination mit der Strecke nach Coesfeld wird empfohlen.

Strecke 3: Lüdinghausen - Senden - Albachten - Münster

Auch Senden ist bisher nicht mit der Bahn erreichbar. Bei insgesamt fast 7000 Pendlerfahrten bietet sich ein Anschluß an. Die Strecke könnte relativ geradlinig auf Albachten zugeführt werden, um dort auf die Hauptstrecke zu stoßen.

Als Haltepunkte sind folglich neben Senden auch Albachten, Mecklenbeck und Preussenstadion vorgesehen. Da das Mittelzentrum Lünen - ähnlich wie Coesfeld - prinzipiell als ein weiterer RegionalBahn-Knoten denkbar ist, liegt die Weiterführung der Strecke von Senden bis nach Lüdinghausen nahe.

Es könnten dann rund 100000 Pkm auf einer solchen Strecke abgefahren werden. Möglich wäre dies wiederum mit Diesel-Leichttriebwagen im 30-Minuten-Takt.

Strecke 4: Beckum - Neubeckum - Sendenhorst - Münster (WLE)

Von Münster nach Beckum verläuft eine Strecke der Westfälischen Landes-eisenbahn (WLE), die im Güterverkehr betrieben wird. Da sie eine günstige Lage zu den zu erschließenden Orten aufweist, sollte sie für den Personenverkehr reaktiviert werden. Um akzeptable Fahrzeiten zu erreichen, ist jedoch zweifelsohne eine „Generalüberholung“ notwendig, die höhere Geschwindigkeiten ermöglicht. Zwischen den Ortschaften sind zum Teil leichte Streckenbegradigungen sinnvoll.

Als Haltepunkt mit Umsteigemöglichkeit zur Stadtbahn ist Gremmendorf vorgesehen. Weitere Halte sollen in Angelmodde (eventuell als Bedarfshalt), Wolbeck, Albersloh, Sendenhorst, Enniger, Neubeckum und Beckum eingerichtet werden.

Die Potentiale sind geringer als im Westen Münsters, aber immer noch groß genug für die Einführung eines schienengebundenen ÖPNV. Immerhin ist beim auf Münster ausgerichteten Verkehr mit ca. 65000 ÖV-Pkm zu rechnen, die dann vorwiegend per Zug abgewickelt würden. Für diese Strecke scheint ein Leichttriebwagen geradezu das ideale Fahrzeug zu sein, das im 30-Minuten-Takt fahren sollte.

Strecke 5: Rheda-Wiedenbrück - Warendorf - Münster (KBS 406)

Die Strecke führt durch Telgte und weist einen weiteren Haltepunkt in Raestrup-Everswinkel auf, um dann Warendorf zu erreichen. Weitere Haltepunkte bis Rheda-Wiedenbrück sind Vohren, Beelen, Clarholz und Herzebrock. Die Strecke verläuft von Münster bis Rheda-Wiedenbrück stets entlang der Bundesstraße 64. Um die Potentiale (über 50000 Pkm) auszuschöpfen, ist eine Steigerung der Reisegeschwindigkeit, die derzeit bei 46 km/h liegt, erforderlich. Die Fahrzeit von Münster nach Warendorf sollte unter 30 Minuten liegen, die Fahrzeit bis Rheda-Wiedenbrück deutlich unter einer Stunde, damit ein integrierter 30-Minuten-Takt gefahren werden kann.

Eine noch weitergehende Verkürzung kann sich als notwendig herausstellen, wenn die Fahrzeit mit dem Auto auf der B64 deutlich niedriger liegt; denn die

Bahn muß beim Zeitaufwand konkurrenzfähig werden. Zusätzlich sollte über Maßnahmen zur Verlangsamung des Straßenverkehrs nachgedacht werden.

Zur Beschleunigung der Bahn sind keine Streckenbegradigungen notwendig, sondern eine Herrichtung des Unterbaus für höhere Geschwindigkeiten bzw. der Einsatz geeigneter Leichttriebwagen. In Münster sind als weitere Haltepunkte Handorf und St. Mauritz vorgesehen, um die entsprechenden Stadtteile bzw. die Stadtbahn anzubinden.

Darüberhinaus bleibt zu untersuchen, inwieweit eine schnelle Bahn-Verbindung zwischen den benachbarten Oberzentren Bielefeld und Münster über die KBS 406 geführt werden kann. Ein IR könnte dann in Bielefeld, Gütersloh, Rheda-Wiedenbrück, Warendorf und Münster halten.

Strecke 6: Gronau - Burgsteinfurt - Münster (KBS 407)

Auf dieser Strecke sollten auf Münsteraner Stadtgebiet zwei weitere Haltepunkte eingerichtet werden, um Anschlüsse an das Stadtbahn-Netz zu gewährleisten. Ein Halt müßte an der Kreuzung mit der B219 liegen, ein weiterer an der Kreuzung mit der Straße Hoher Heckenweg.

Die derzeitige Reisezeit läßt sich durch geeignete Maßnahmen ohne Streckenverlegungen erhöhen, so daß die heute erreichten 57 km/h überschritten werden. Dies hätte eine Fahrzeit von deutlich unter einer Stunde zwischen Gronau und Münster zur Folge, was für einen interregionalen Takt (30 Minuten) notwendig ist. Auch bei einem zusätzlichen Aufkommen von 100000 Pkm kann der Betrieb mit Leichttriebwagen durchgeführt werden.

Sinnvoll erscheint zudem eine Anbindung Enschedes, so daß ein InterRegio mit Halten in Enschede, Gronau, Ochtrup, Steinfurt und Münster eingeführt werden könnte.

Elektrifizierte StreckenStrecke 7: Recklinghausen - Haltern - Dülmen - Münster (KBS 425)

Diese Strecke verläuft von Münster aus zunächst auf der Trasse der Strecken 1, 2 und 3. Das Angebot ist zur Zeit bereits relativ gut: Es werden etwa halbstündlich abwechselnd SE und RB eingesetzt, wobei die Halte bis Recklinghausen fast identisch sind. Empfohlen wird daher ein einheitliches RegionalBahn-Angebot im 30-Minuten-Takt.

Es sollten entweder die neuen Haltepunkte Mecklenbeck und Preußenstadion bedient werden oder alle Halte zwischen Appelhülsen und Münster Hbf entfallen. Bei letzterer Variante müßte in Appelhülsen der direkte Anschluß an die RegionalBahn aus Nottuln bestehen, die die wegfallenden Halte bedient.

Der Betrieb kann mit elektrisch oder dieselbetriebenen Zügen durchgeführt werden, je nachdem ob eine Fahrzeug-Verknüpfung mit den Linien aus Coesfeld, Nottuln und Senden angestrebt wird oder nicht.

Für Reisende zwischen Münster und Essen, Wanne, Gelsenkirchen etc. kann der IC genutzt werden, andere Mittelzentren sind vom IR zu bedienen. Für beide Fernzüge ist eine Taktverkürzung auf bis zu 30 Minuten zu überprüfen. Die Ausschöpfung der Potentiale scheint auf dieser Strecke im wesentlichen durch eine Vereinheitlichung des Angebots und eine bessere Verknüpfung mit dem ÖPNV in Münster möglich zu sein. Außerdem sind Restriktionsmaßnahmen für den MIV anzustreben.

Strecke 8: Dortmund - Lünen - Münster (KBS 411)

Zusätzliche Potentiale in Höhe von etwa 50000 Pkm können nur bei einer Taktverbesserung im Nahverkehr erreicht werden. Der mittags verdichtete Stundentakt sollte generell auf 30 Minuten verkürzt werden.

Als Rollmaterial kommen sowohl diesel- als auch elektrisch betriebene Wagen in Betracht. Der Vorteil der Dieselelekttriebzüge liegt in der Kompatibilität mit den Zügen der übrigen Strecken.

Eine Änderung der Linienführung erscheint nicht notwendig. In Münster sollte jedoch von den Regionalbahnen zusätzlich der Haltepunkt Preußenstadion bedient werden. Ob ein IR eingesetzt werden sollte, bleibt zu untersuchen, alternativ könnte auch der IC-Takt halbiert werden kann.

Strecke 9: Hamm - Drensteinfurt - Münster (KBS 410)

Die beiden auf dieser Strecke in unterschiedlichem Takt und mit Verstärkung verkehrenden StadtExpress-Linien sollten vereinheitlicht werden. Ein Regionalbahn-Zug, der alle Haltepunkte bedient und im 30-Minuten-Takt fährt, dürfte den Anforderungen gerecht werden.

Da in Münster-Hiltrup bereits ein Haltepunkt besteht, der eine Anbindung ans Stadtbahn-Netz sichert, sind innerhalb der Stadt keine zusätzlichen Halte notwendig. Durch bessere Anschlüsse und eine Takt-Halbierung des IR auf 60 Minuten könnte die Potentiale von mindestens 60000 Pkm ausschöpfen. Ein elektrischer Betrieb bietet sich auch für die Regionalbahnen an, ist aber nicht zwingend.

Strecke 10: Osnabrück - Lengerich - Münster (KBS 385)

Um die Potentiale von über 40000 Pkm zu aquirieren, sind mehrere Verbesserungen notwendig. Der Takt des IR sollte auf 60 oder besser 30 Minuten verkürzt werden, außerdem ein zusätzlicher Halt in Lengerich eingeführt werden. Der Takt der Regionalbahn sollte von 60 auf 30 Minuten halbiert werden. Für die RB bietet sich in Münster ein zusätzlicher Halt in Sudmühle an, um den Nordosten zu erschließen. Der Betrieb kann sowohl elektrisch als auch dieselbetrieben erfolgen.

Eine Anbindung Tecklenburgs an die KBS 385 erscheint untersuchenswert. Möglicherweise kann die vorhandene Strecke von Ibbenbüren nach Lengerich benutzt werden.

Strecke 11: Rheine - Greven - Münster (KBS 395)

Auf dieser Strecke bestehen mit 135000 Pkm die größten Potentiale des Untersuchungsgebiets. Ein verbessertes Angebot muß eine Regionalbahn-Verbindung mindestens im 30-Minuten-Takt beinhalten, die alle Bahnhöfe bedient. Am Hohen Heckenweg ist die Umsteigeanlage der Strecke 6 mitzubedenken. Eine Taktverkürzung auf 15 oder 10 Minuten erscheint sinnvoll, so daß ein S-Bahn-ähnlicher Betrieb entsteht, der dem Aufkommen gerecht wird.

Der IR-Takt sollte ebenfalls auf 30 Minuten verkürzt werden. Weitere Halte sollten die Mittelzentren Emsdetten und Greven sein.

Für alle Züge ist elektrische Traktion vorgesehen. Streckenverlegungen erscheinen nicht notwendig.

Linien

Unter der Prämisse einer auf die Streckenausrüstung ausgerichteten traktionspezifischen Betriebsweise bietet sich die Verbindung der einzelnen Äste entsprechend folgender Darstellung an. Die Linien A und B würden zwangsweise mit dieselgetriebenen Fahrzeugen befahren. Bei den Linien C, D und E ist ein elektrischer Betrieb möglich, jedoch nicht zwingend. Auch dort kann ein Regionalverkehr mit leichten Dieseltriebfahrzeugen kostensparender und emissionsgünstiger sein.

<u>Linie A:</u>	Gronau - Münster Hbf - Beckum
<u>Linie B:</u>	Coesfeld / Nottuln / Lüdinghausen - Münster Hbf- Rheda-Wiedenbrück
<u>Linie C:</u>	Osnabrück - Münster Hbf - Dortmund
<u>Linie D:</u>	Rheine - Münster Hbf - Hamm
<u>Linie E:</u>	Recklinghausen - Münster Hbf

Als Grundtakt ist ein 30-Minuten-Takt vorgesehen, der im Regionalbahn- bzw. Nahverkehr auf jeden Fall umgesetzt werden sollte. IR und IC können fallweise zunächst im Stundentakt gefahren werden.

Potentiale

Durch die intensive Förderung des ÖPNV soll der Autoverkehr reduziert werden. Die Änderung der Verkehrsmittelwahl wird in größerem Umfang nur dann erfolgen, wenn die Leistungssteigerung des Schienenverkehrs deutlich sichtbar wird.

Die in den vorhergehenden Abschnitten genannten Potentiale beziehen sich jeweils auf den auf Münster ausgerichteten Umlandverkehr, also Verkehr dessen Quelle oder Ziel innerhalb der Münsterschen Stadtgrenze liegt. Das Bahn-Potential liegt allein für diesen Verkehr bei fast 700000 Personenkilometern pro Werktag. Da durch die notwendigen Angebotsverbesserungen aber automatisch Verbesserungen für Fahrten innerhalb des Münsterschen Umlands eintreten, welche die Stadt selbst gar nicht erreichen, ist es realistisch zu sagen:

Wenn die oben skizzierten Angebotsverbesserungen der Bahn umgesetzt werden, können rund eine Million zusätzliche Personenkilometer per Bahn abgefahren werden.

Für derart weitreichende Angebotsverbesserungen sind etwa 25000 neue Zugkilometer (werktäglich) notwendig. Auf der anderen Seite können beim auf Münster ausgerichteten Verkehr damit über 500000 Kfz-Kilometer gegenüber heute eingespart werden, im gesamten Umlandverkehr sogar fast 800000. Gegenüber dem Trend für das Jahr 2010 sind es sogar weit über 900000 Kfz-Kilometer an jedem Werktag.

Der Regionalbusverkehr kann dann im wesentlichen als Zubringerverkehr zu den gut ausgebauten Bahnlinien erfolgen. Bei einem Busanteil von 20 Prozent am gesamten auf Münster ausgerichteten regionalen ÖPNV können ca. 1,4 Millionen Personenkilometer werktäglich von der Bahn übernommen werden.

Kosten

Die vorgesehenen Neubaustrecken und Streckenbegradigungen sind mit Kilometerkosten von 2 Mio. DM veranschlagt, da keine Elektrifizierung notwendig ist. Bei insgesamt 25 Kilometern ergeben sich demnach 50 Mio. DM für neue Strecken.

Insgesamt sollen 20 neue Haltepunkte eingerichtet werden - inklusive derjenigen auf Neubaustrecken und der zu reaktivierenden. Die Kosten pro Haltepunkt werden mit 1 Mio. DM angesetzt, so daß sich insgesamt 20 Mio. DM ergeben. Zusätzlich zu den Neubauten sind auf 184 Streckenkilometern Beschleunigungen durch Ausbaumaßnahmen angestrebt. Um ausreichende Geschwindigkeiten fahren zu können, sind Ausbaukosten von 400000 DM je Kilometer vorgesehen. In Summe liegen die Kosten für den Ausbau dann bei etwa 75 Mio. DM.

Für das Rollmaterial ist zwischen elektrisch- und dieselbetriebenen Fahrzeugen zu unterscheiden. Auf den Strecken ohne Oberleitung sind insgesamt ca. 40 Leichttriebwagen erforderlich, die zum Stückpreis von maximal 1,5 Mio. DM erhältlich sind. Für diese Strecken kommen somit 60 Mio. DM für neue Fahrzeuge hinzu.

Auf den elektrifizierten Strecken ist zumindest teilweise an Dieselbetrieb gedacht. Trotzdem sind je Fahrzeug 2 Mio. DM veranschlagt, was für elektrische Leichttriebwagen als ausreichend angesehen wird. Für die mit Oberleitung versehenen Strecken werden etwa 25 Einheiten benötigt, was zu Kosten von 50 Mio. DM führt.

Hinzu kommen die Kosten für den zu verstärkenden InterCity- und InterRegio-Betrieb. Diese sind hier nicht mit einbezogen worden.

Für den RegionalBahn-Verkehr entstehen folglich für die Herrichtung (Ausbau und Neubau) der Infrastruktur Kosten in Höhe von etwa 145 Mio. DM.

Für neues Rollmaterial entstehen zusätzliche Kosten in Höhe von etwa 110 Mio. DM.

Die gesamten Investitionskosten belaufen sich demnach auf etwa 255 Mio. DM.

Bei etwa 200 bis 250 Millionen neuen Personenkilometern für das Zieljahr wird folglich etwa eine Mark an Investitionskosten für Fahrzeugbeschaffung und Streckenherrichtung pro neuem Jahres-Personenkilometer fällig. Dieser Wert entspricht relativ genau den Überlegungen aus dem Konzept für eine Neue Bahn, das für eine Steigerung um 185,5 Mrd. Pkm einen Bedarf von 190 Mrd. DM veranschlagt.

5.2. Stadtbahn

Strecke 1: Zoo - Hüfferstr. - Ring (Hindenburgplatz, Münzstr., Mauritzstr., Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 2,8 km + Ring

Strecke 2: Albachten - Weseler Str. - Ring (Moltkestr., Hafenstr., Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 9,2 km + Ring

Strecke 3: Hilstrup (Rubensstr., Marktallee) - Hammer Str. - Ring (Hafenstr., Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 8,9 km + Ring

Strecke 4: Angelmodde Waldsiedlung - Gremmendorf - Albersloher Weg - Ring (Bahnhofstr.) - Hbf

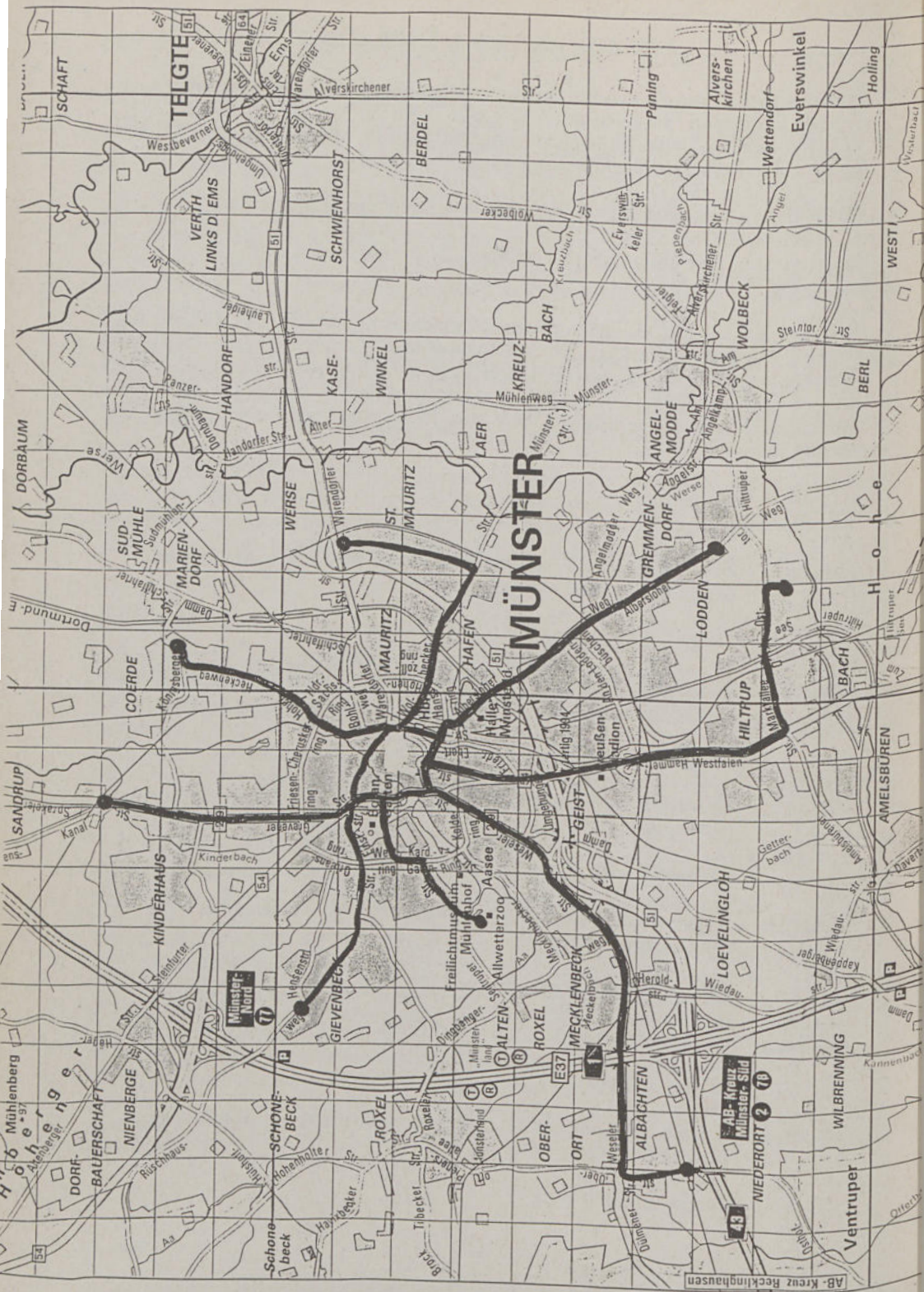
Länge: 5,6 km + Ring

Strecke 5: St. Mauritz (Mondstr.) - Wolbecker Str. - Ring (Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 5,4 km + Ring

Strecke 6: Coerde (Königsberger Str.) - Hoher Heckenweg - Fürstenbergstr. - Ring (Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 4,1 km + Ring



Strecke 7: Kinderhaus - Grevener Str. - Ring (Münzstr., Mauritzstr., Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 4,6 km + Ring

Strecke 8: Gievenbeck (Rüschhausweg) - Von-Esmarch-Str. - Einsteinstr. - Ring (Hindenburgplatz, Am Stadtgraben, Moltkestr., Hafenstr., Bahnhofstr.) - Hbf

Länge: 4,0 km + Ring

Die Gesamtlänge inklusive des 4,7 km langen Rings beträgt ca. 49,3 Kilometer, gerundet 50 Kilometer. Mit Ausnahme weniger Engpässe ist generell Zweigleisigkeit vorgesehen, um kurze Takte ohne Störungen durch Begegnungsverkehr realisieren zu können. Auf Straßenabschnitten mit mehr als vier Fahrspuren sollte die StadtBahn ungehindert vom Straßenverkehr fahren können - durch bauliche Abgrenzungen auch mit höherer Geschwindigkeit als 50 km/h.

Linien

Die Verknüpfung der StadtBahn-Strecken zu durchgehenden Linien sollte über den Hauptbahnhof erfolgen, der als zentraler Umsteigeplatz - auch zu den DB-Zügen - dienen kann. Die folgende Verbindung der Äste stellt eine Möglichkeit dar, die jederzeit geändert werden kann. Aufgrund von anders gelagerten Verkehrsströmen oder zur Erreichung kostensparender Umläufe sind genauso gut andere Verbindungen möglich.

In jedem Fall entstehen jedoch vier Linien, die alle den Hauptbahnhof (Bahnhofsvorplatz) anfahren sollten. Außerdem ist eine Führung anzustreben, die eine Nutzung des gesamten Rings möglich macht, um bei Bedarf durch frühzeitiges Umsteigen bei Erreichen des Ringes abkürzen zu können.

Linie F: Gievenbeck - Südring - Hbf - Nordring - St. Mauritz

Linie G: Albachten - Südring - Hbf - Nordring - Coerde

Linie H: Hiltrup - Südring - Hbf - Kinderhaus

Linie I: Angelmodde Wald/Gremmendorf - Südring - Hbf - Nordring - Zoo

Als Ring wird hier folgender Straßenverlauf bezeichnet: Hindenburgplatz - Münzstr. - Bergstr. - An der Apostelkirche - Voßgasse - Bült - Mauritzstr. - Mauritztor - Freiherr-vom-Stein-Platz - Eisenbahnstr. - Servatiplatz - Bahnhofstr. (=Nordring) - Hbf - Bahnhofstr. - Hafenstr. - Ludgeriplatz - Moltkestr. - Weseler Str. - Am Stadtgraben. Von diesem Ring aus kann die (autofreie) Altstadt pro-

blemlos zu Fuß erreicht werden. Trotzdem sollte sie mit Buslinien vom Ring aus angefahren werden.

Als Alternative besteht prinzipiell die Möglichkeit, als zentralen Umsteigepunkt nicht den Bahnhofsvorplatz, sondern den Hindenburgplatz am Schloß zu wählen. Diese Variante wird hier jedoch nicht weiter verfolgt, da dann alle Linien Schloß und Bahnhof bedienen müßten.

Anschlüsse RegionalBahn - StadtBahn

Die StadtBahn-Strecken sind so gelegt, daß sie die RegionalBahn-Strecken kreuzen oder berühren. An diesen Punkten sind Umsteigeeinrichtungen zu schaffen. Im einzelnen ist dies an folgenden Punkten vorgesehen:

1. Albachten:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 2 und RegionalBahn-Strecken 2, 3, 7
Standort Osthofstr./Bahnweg
2. Mecklenbeck:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 2 und RegionalBahn-Strecken 1, 2, 3, 7
Standort Weseler Str./öst. Heroldstr.
3. Preußenstadion:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 3 und RegionalBahn-Strecken 1, 2, 3, 7, 8
Standort Hammer Str./Am Berg
4. Hilstrup:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 3 und RegionalBahn-Strecke 9
Standort Marktallee
5. Gremmendorf:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 4 und RegionalBahn-Strecke 4
Standort Erbdrostenweg
6. St. Mauritz:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 5 und RegionalBahn-Strecke 5
Standort Osthofstr./Bahnweg
7. Hoher Heckenweg:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 6 und RegionalBahn-Strecken 6, 11
Standort Hoher Heckenweg

8. Sprakeler Straße:
Umsteiganlage zwischen StadtBahn-Strecke 7 und RegionalBahn-Strecke 6
Standort B219

Potentiale

Mit einem sehr guten Angebot können große Potentiale ausgeschöpft werden. Für den Binnenverkehr können pro Werktag etwa 120000 Personenkilometer aquiriert werden.

Erreichbar sind diese Werte mit den genannten 50 Kilometern neuer Strecke und einem Takt von mindestens 10 Minuten auf allen Linien. Das sind knapp 12000 Zugkilometer pro Tag.

Damit besteht die Möglichkeit, heute etwa 100000 Kfz-Kilometer einzusparen, gegenüber der Trendentwicklung bis 2010 sogar 120000.

Fahrzeuge

Um auf dem gesamten Netz einen 10-Minuten-Takt zu gewährleisten, müssen mindestens 25 Fahrzeuge eingesetzt werden, mit Reserve bis zu 30. Dies gilt für einen durchschnittlichen Haltestellenabstand von 400 Metern, maximalen Höchstgeschwindigkeiten von 80 km/h und einer durchschnittlichen Fahr- geschwindigkeit von 30 km/h.

Kosten

Bei effektiver Fertigungstechnik werden pro Fahrzeug Preise von 2 Mio. DM für erreichbar gehalten. Die Errichtung der zweigleisigen Strecken wird mit 4 Mio. DM pro Kilometer angesetzt, da keine aufwendigen Bauten geplant sind. Es ergeben sich demnach Investitionskosten von ca. 250 Mio. DM. Der Aufwand für die StadtBahn entspricht damit ungefähr dem für die RegionalBahn.

Die Betriebskosten werden mit 10 DM pro Fahrzeug-Kilometer angesetzt. Somit ergeben sich pro Jahr ca. 35 Mio. DM. Alle Kostenangaben sind als grobe Abschätzung zu verstehen.

5.3. Option Regio-StadtBahn

Wenn sowohl das RegionalBahn- als auch das StadtBahn-Netz fertiggestellt ist, kann in einem weiteren Optimierungsschritt eine Gleis-Verknüpfung zwischen beiden Systemen hergestellt werden. Dazu sind an einigen der genannten Umsteigeeinrichtungen Veränderungen durchzuführen: Die Gleise der Regional- Bahn müssen dann mit denen der StadtBahn verbunden werden.

Die Züge aus der Region können dann am Stadtrand auf das straßenorientierte System wechseln und somit direkt die Innenstadt erreichen. Oder - anders

herum ausgedrückt - die StadtBahnen können bis in die Region hinausfahren und müssen nicht an der Stadtgrenze umkehren.

Das Karlsruher Modell hat bewiesen, das eine derartige Verbindung nicht nur theoretisch funktioniert. Da in Münster bisher kein Straßenbahnnetz besteht, könnten die StadtBahnen direkt mit bahnüblichem Wechselstrom (15 kV, 16 2/3 Hz) versorgt werden, wodurch der Einbau eines Gleichstromsystems in den Fahrzeugen entfiel. Auf den elektrifizierten Eisenbahnstrecken könnten solche StadtBahn-Wagen dann mit speziellen Spurkränzen fahren.

Andererseits ist es möglich, die Regionalbahnen auf das StadtBahn-Netz zu führen. Deshalb sollte bei der Planung der StadtBahn-Strecken der Einsatz von drei Meter breiten Fahrzeugen berücksichtigt werden, was in Bezug auf das Lichtraumprofil und die Straßenverkehrsordnung wichtig ist. Zum Einsatz könnten neben den Diesel-Leichttriebwagen auch Hybridfahrzeuge kommen, die im Stadtgebiet über Oberleitung versorgt werden und außerhalb durch Dieseldieselkraftstoff.

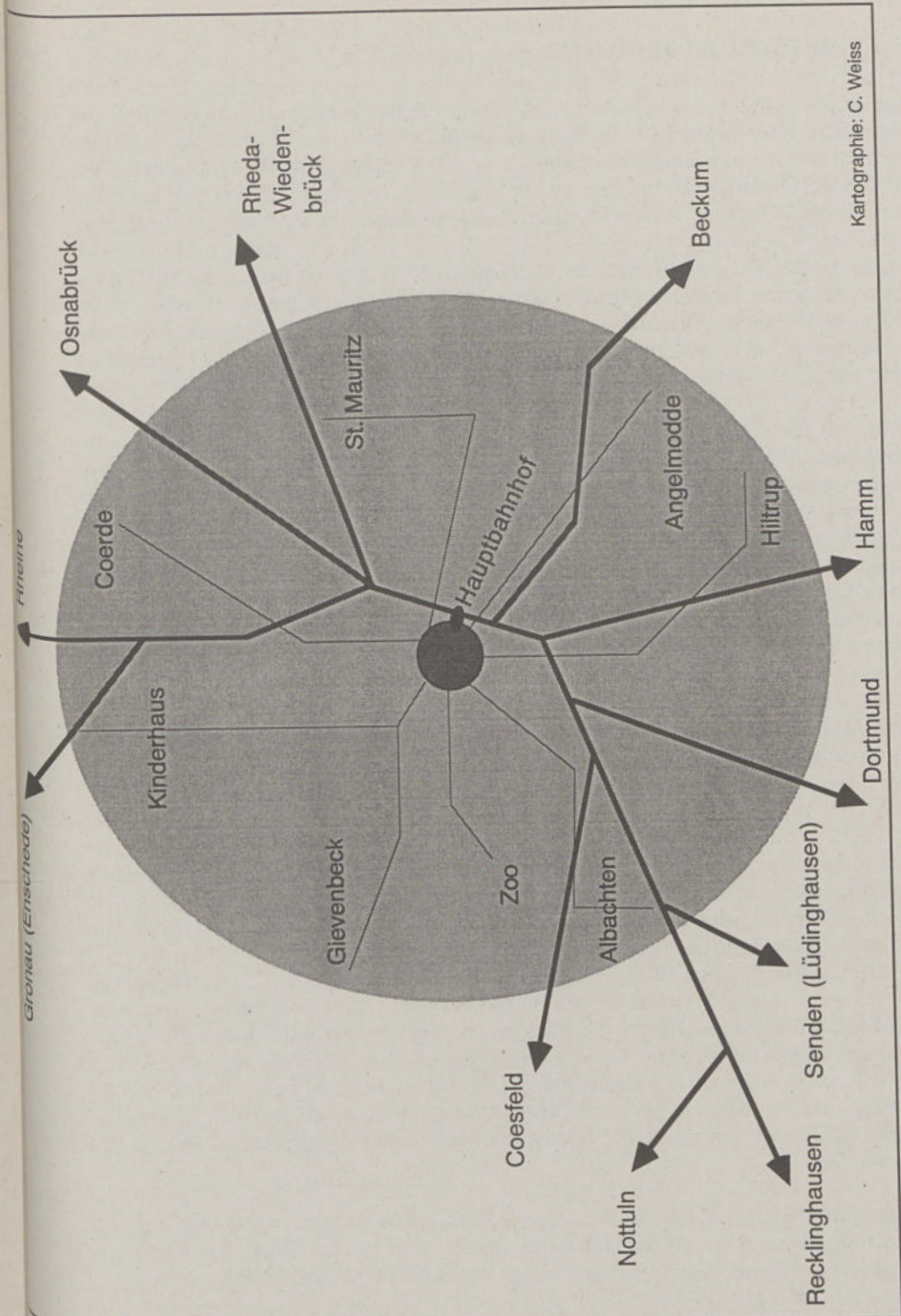
Die Streckenäste können bei einer Verbindung der beiden Systeme nach folgender Aufstellung modifiziert werden:

RB-Strecken 1 u. 2 - Verbindung Mecklenbeck - SB-Strecke 2

RB-Strecke 4 - Verbindung Umgehungsstraße - SB-Strecke 4

RB-Strecke 6 - Verbindung Sprakeler Straße - SB-Strecke 7

Ob diese Option wahrgenommen werden soll, ist in einem Untersuchungsprozeß zu prüfen, der während des Betriebs der getrennten Systeme stattfindet. Die Planung der nicht-verbundenen Systeme sollte jedoch auf der Wahrnehmung der Option zuwiderlaufende Maßnahmen verzichten.



Linienetzplan Münster: StadtBahn + RegionalBahn

6. Zusammenfassung

Das gesamte System des öffentlichen Verkehrs befindet sich - bedingt durch die Bahnreform, die Regionalisierung und grundsätzlich durch die Einsicht der Notwendigkeit einer besseren Umwelt- und Verkehrspolitik - in einer Umbruchphase. Die in solchen Phasen zwangsweise entstehenden Zustände von Orientierungslosigkeit, hervorgerufen durch fehlende bzw. unklare Vorgaben, sollten kreativ genutzt werden.

Die Gefahr des Scheiterns besteht sicherlich, doch der entfachte Kommunikationsprozeß sollte in erster Linie als eine große Chance begriffen werden; denn die Einigkeit über eine deutliche Effizienzsteigerung des (im Vergleich zu Auto und Flugzeug) umweltverträglicheren öffentlichen Verkehrs besteht derzeit über alle Parteigrenzen hinweg.

Im Einzugsgebiet von Münster bestehen große Potentiale für den schienengebundenen ÖPNV. Er kann mit relativ einfachen Mitteln auf eine höhere Qualitätsstufe gehoben werden, da Strecken in günstiger Lage vorhanden sind. Zudem wird der ÖPNV in diesem Raum seit längerem als prinzipiell förderungswürdig angesehen.

Das „Konzept für eine Neue Bahn“ - eine Studie des Wuppertal-Instituts und des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung - hat für den Schienenverkehr in Deutschland die Chancen für eine Verkehrswende hin zur Bahn für die nächsten 50 Jahre aufgezeigt. Für die Region Münster ergeben sich daraus interessante Perspektiven.

Für die Einführung eines S-Bahn-Netzes, wie es für andere Räume gleicher Bevölkerungsdichte vorgesehen ist, reicht die Ausdehnung der Stadt nicht aus. In Münster ist eher ein Stadtbahn-System angemessen. Ein solches Netz müßte allerdings neu aufgebaut werden.

Es sind acht Linienäste vorgesehen, die sich über einen Ring um die Altstadt alle am zentralen Verknüpfungspunkt Hauptbahnhof (Bahnhofsvorplatz) treffen. Sie erschließen in dichter Taktfolge (10 Minuten) das Stadtgebiet. Der in die Innenstadt einströmende Verkehr kann somit aussichtsreich auf den ÖPNV mit seinen radial angeordneten Strecken gelenkt werden.

Über ein solches Stadtbahn-Netz können pro Werktag rund 120000 Personenkilometer vom Auto auf den ÖPNV verlagert werden. Flankierend sind zeitgleich Restriktionsmaßnahmen für den motorisierten Individualverkehr zu ergreifen, um nicht die gesamte Verkehrsmenge weiter zu vergrößern.

Für den Betrieb auf dem konzipierten 50 Kilometer langen Netz sind 25 bis 30 Fahrzeuge erforderlich. Die Investitionskosten (Streckenbau und Fahrzeugbeschaffung) für ein solches Netz bewegen sich in einer Größenordnung von 250 Millionen DM.

Besonders erfolgreich kann ein Stadtbahn-Konzept verlaufen, wenn es sinnvoll auf den regionalen Nahverkehr der Bahn abgestimmt ist. Im Sinne des Konzepts für eine Neue Bahn wird für ein Regionalbahn-Netz mit 30-Minuten-Takt (mindestens) plädiert.

Ein solches Netz erschließt das Umland und kann ebenfalls erhebliche Anteile des Autoverkehrs auf die Bahn verlagern. Die Angebotsstandards der vorhandenen Bahnstrecken sind dazu zu vereinheitlichen. Außerdem sind einige neue Haltepunkte - gerade am Stadtrand als Umsteigepunkte zur Stadtbahn - zu errichten und einige Strecken durch geeignete bauliche Maßnahmen (Unterbau, z.T. Begradigungen) für höhere Geschwindigkeiten auszulagern.

Darüberhinaus ist für eine möglichst flächendeckende Erschließung die Reaktivierung der WLE-Strecke nach Beckum erforderlich und der Neubau zweier Strecken nach Nottuln und Senden.

Somit können Potentiale in einer Größenordnung von einer Million Personenkilometer pro Werktag zusätzlich für den ÖPNV gewonnen werden. Der gleiche Teil wird beim Auto eingespart. Diese Verlagerungen sind - flankierende Restriktionsmaßnahmen beim Auto vorausgesetzt - mit Investitionskosten (Streckenerrichtung und Fahrzeugbeschaffung) von rund 250 Millionen DM erreichbar.

Gemessen an den erzielbaren Personenkilometern sind die Investitionskosten für ein Stadtbahnssystem zwar deutlich höher als für ein Regionalbahnsystem, doch dies kann selbstverständlich nicht anders sein, da der Regionalverkehr auf bereits bestehende Strecken zurückgreifen kann. Für die Stadtbahn muß dagegen komplett neu gebaut werden. Die getrennt ausgewiesenen Potentiale sind nur erreichbar, wenn beide Systeme installiert werden, so daß im Resümee sowohl die Regionalbahn als auch die Stadtbahn empfohlen wird.

Die Regionalisierung sollte dementsprechend genutzt werden und zudem Dinge flankierend in Gang bringen, die für einen erfolgreichen ÖPNV unverzichtbar sind, wie zum Beispiel eine einheitliche und einfache Tarifgestaltung. Der Zugschnitt des Zweckverbands ist daher von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Anhang

Literaturverzeichnis

Akademie für Umweltforschung und -bildung in Europa (AUBE): Maßnahmenkonzept zur Förderung des Öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖPNV) im Münsterland. Münster. 1995 (3. Aufl.)

Bach, Wilfrid: Klimaschutzpolitik - Wie kann die Stadt Münster das Ziel der Bundesregierung einer 25-30%igen CO₂-Emissionsreduktion bis zum Jahre 2005 realisieren? (=ace-Bericht Nr. 67/1993). Münster. 1993

Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Raumordnungsbericht 1993. Bonn. 1994

Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster - Stadtplanungsamt / Abt. Verkehrsplanung (Hrsg.): Verkehrsbericht Münster 1993. Münster. 1993

Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster - Stadtplanungsamt / Abt. Verkehrsplanung (Hrsg.): Verkehrsmittelwahl und ÖPNV-Akzeptanz der Studierenden in Münster. Münster. 1994

Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster - Statistisches Amt (Hrsg.): Statistischer Jahresbericht 1992. Münster. 1993

Der Oberstadtdirektor der Stadt Münster - Umweltamt (Hrsg.): Zwischenbericht des Beirates für Klima und Energie der Stadt Münster 1993. Münster. 1993

Hamburg-Consult GmbH und Ingenieurgruppe IVV-Aachen: Die Regionalbahn Enschede - Münster - Bielefeld. O.O. 1991

Hauff, Thomas und Kreft-Kettermann, Helga (Hrsg.): Die Bedeutung der Vorortbahnhöfe und ausgewählter Regionalbahnhöfe im ÖPNV-Angebot Münsters. Münster. 1993

HHS Harloff Hensel Stadtplanung: Zeitbudget und Verkehrsteilnahme. Aachen. 1992

Hüsing, J. Martin: 15-Minuten-Takt ohne Streckenneubau - Mehrglied-Stadtbahn Essen-Mülheim-Ratingen-Düsseldorf. Bochum. 1994

Ingenieurgesellschaft für Verkehr und Umwelt mbH: Untersuchung des Schienenpersonennahverkehr Münster/-land. Köln, Münster. 1989

Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen: Grundlagen der Raumordnung und Landesplanung in Nordrhein-Westfalen. Dortmund. 1988

Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Regionalisierung des Schienenpersonennahverkehrs. Gesetzentwurf der Landesregierung. Düsseldorf. 1994

N.N.: Stadtbahn Münster - eine Überlegung wert !? - In: VCD-Info, 7. Ausg. / April 95. Münster. 1995

Schallaböck, Karl Otto / Hesse, Markus: Konzept für eine Neue Bahn - Schlußbericht. Wuppertal. 1995

Socialdata: Trendwende zum ÖPNV - Innenstadtmobilität. München. 1992

Stadtbahnforum Münster: Besser fahren mit der Stadtbahn in Münster und in der Region. Münster. O.J.

Stadtplanungsamt (Abt. Verkehrsplanung) der Stadt Münster: ÖPNV-Förderprogramm Münster 1991 - Teil A. Münster. 1991

Stadtwerke Münster: Nahverkehrs-Konzept 2000. Münster. O.J.

Statistisches Bundesamt: Amtliche Schlüsselnummern und Bevölkerungsdaten der Gemeinden und Verwaltungsbezirke in der Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden. 1993

Karl Otto Schallaböck

Luftverkehr und Klimaschutz - Optionen für Münster

Mehr noch als bei der regionalen Verkehrsverflechtung generell würde es sich bei einer örtlichen Betrachtung nach hergebrachten Ansätzen erwarten lassen, daß der Luftverkehr unbeachtet bleibt. Für Münster aber scheint dies wenig angemessen, da die Stadt selbst über ihre Stadtwerke größter Anteilseigner bei einem der wenigen internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland ist. Allerdings erfolgt die Darstellung hierzu in eher grob abschätzender, orientierender Weise; dies ist zum einen aus der vergleichsweise geringen fachlichen und politischen Aufarbeitung des Gegenstandsbereichs bedingt, zum anderen ermöglicht es doch eine Einschätzung der Größenordnungen der gegenwärtigen Bedeutung und deren künftiger Variationsbreite aus Sicht des Klimaschutzes.

Hier wird zunächst über die Entwicklung des Luftverkehrs in Deutschland/Alte Bundesländer berichtet; die Einbeziehung der Neuen Länder, die sich von erheblich niedrigeren Ausgangswerten mit deutlich höheren Zuwachsraten an die Verhältnisse im früheren Bundesgebiet annähern, könnte - abgesehen von Datenproblemen - auch in der Sache eher den Blick verzerren als schärfen. Im weiteren wird dann eine grobe globale Einordnung vorgenommen. Schließlich wird auf die regionale Ebene eingegangen; die dort entwickelten Ableitungen sind als erste Überlegungen zu verstehen, die den künftigen Diskussionsbedarf begründen könnten, keinesfalls aber das Ergebnis genauerer Betrachtungen und breiterer gesellschaftlicher Beratungen vorwegnehmen können.

In diesem Sinne weist die Überschrift auch mehr darauf hin, daß Optionen für Münster bestehen, als daß sie verspricht, diese Optionen auch in der nötigen Breite entwickeln zu können.

1. Einordnung in die deutsche Entwicklung

Wegen der durch vielfältige Aufladung und durch technische und tatsächliche Besonderheiten des Luftverkehrs gegebenen Möglichkeiten für Mißdeutungen und fehlerhafte Einschätzungen ist es besonders wichtig, mit klaren Begriffen und Definitionen zu arbeiten, sowie die unterschiedlichen Größen richtig auseinanderzuhalten.

1.1. Verkehrliche Bedeutung des Luftverkehrs

Zur Beschreibung von Verkehr werden als zentrale Begriffe zum einen der Begriff des Verkehrsaufkommens und zum anderen der Begriff des Verkehrsaufwands (tw. Verkehrsleistung genannt) verwandt. Das Verkehrsaufkommen beschreibt die Anzahl der Verkehrsaktivitäten, also der Wege. Diesbezüglich weist der Luftverkehr tatsächlich eine weitgehend marginale Rolle auf: Trotz enormer Steigerungen wird nur knapp jeder fünfhundertste Weg im motorisierten Verkehr mit dem Flugzeug erledigt; von allen Wegen - unter Einfluß des Verkehrs zu Fuß und per Rad - ist es sogar nur etwa jeder 1000. Weg. Bei einer ziemlich konstanten Zahl von 1000 Wegen je Einwohner und Jahr bedeutet dies etwa einen jährlichen Flug je Einwohner; da Flüge weitgehend paarig abgewickelt werden (hin und retour), handelt es sich nur um jährlich eine Flugreise auf je zwei Einwohner. In Wirklichkeit konzentriert sich das Fluggeschehen auf eine sehr viel kleinere Gruppe der Bevölkerung, man kann davon ausgehen, daß in Deutschland jährlich nur ein Viertel bis ein Sechstel der Bevölkerung überhaupt das Flugzeug benutzt, bei großen Unterschieden in der Nutzungshäufigkeit. Fliegen ist also in der Tat eine typischerweise recht seltene Geschichte, und nur für eine sehr kleine Bevölkerungsgruppe ist dies anders. Dies stimmt mit der verbreiteten Einstellung überein, daß Fliegen etwas Besonderes ist, es macht auch zum Teil die Erwartung verständlich, daß davon nur nachrangige Belastungen ausgehen.

Für die Belastungen von größerer Bedeutung als das Verkehrsaufkommen ist allerdings der Verkehrsaufwand, der die geflogenen Kilometer angibt - wie ja auch beispielsweise für die Belastung des Portemonnaies nicht maßgeblich ist, wie oft, sondern wie viel man einkauft. Und hier beginnen schon die Schwierigkeiten: Die

(nationale) Verkehrsstatistik¹ berichtet nach dem Territorialprinzip, wieviel Verkehr auf dem Territorium eines Landes an Verkehr abgewickelt wird. Außerhalb des Flugverkehrs ist dies wenig problematisch, weil der Verkehr der Bevölkerung eines Landes weitgehend mit dem Verkehr in diesem Land übereinstimmt. Beim Automobilverkehr kann man den geringen von Inländern im Ausland abgewickelten Verkehr praktisch gleichsetzen mit dem von Ausländern im Inland abgewickelten Verkehr; beim Bahnverkehr sind die Auslandsanteile praktisch vernachlässigbar, der Schiffsverkehr stellt (im Personenverkehr) sowohl im Inland als auch im Ausland eine vernachlässigbare Größe dar. Vor Jahrzehnten, als es noch kaum Luftverkehr gab, wurde das Gesamtbild kaum dadurch beeinflußt, daß auch der Luftverkehr nach dem Territorialprinzip abgegrenzt wurde, mit steigender Bedeutung des Luftverkehrs allerdings weist diese statistische Abgrenzung immer mehr in die Irre.

Herkömmlich nach dem Territorialprinzip abgegrenzt zeigt sich der Verkehrsaufwand zwar stark ansteigend, und die Bedeutung des Luftverkehrs im gesamten Verkehr liegt erheblich höher als beim Verkehrsaufkommen. Mit einem Anteil von knapp unter 3 % am inländischen Gesamtverkehrsaufwand tritt der Luftverkehr jedoch bei dieser Betrachtung auch heute noch als recht nachrangige Größe in Erscheinung. Dies umfaßt allerdings nur den innerdeutschen Luftverkehr, sowie den einkommenden und ausgehenden Luftverkehr ab bzw. bis zur deutschen Grenze; die erheblichen Verkehrsanteile über anderen Ländern und internationalen Gewässern bleiben unberücksichtigt. Kurioserweise werden auf diese Weise die durchschnittlichen Flugweiten immer kürzer, weil der grenzüberschreitende Luftverkehr stärker ansteigt als der innerdeutsche Luftverkehr: Die dabei berücksichtigte Distanz zur Landesgrenze ist typischerweise kürzer als ein innerdeutscher Flug. In Wirklichkeit beruht dieser Effekt natürlich darauf, daß immer größere Teile des Luftverkehrsgeschehens statistisch ausgeblendet werden.

Der Versuch einer sachgemäßen Abgrenzung erweist sich als schwierig, weil die statistischen Daten dies nicht ohne weiteres unterstützen und eine detaillierte Aufbereitung fehlt.² Gestützt auf die laufende Berichterstattung des Statistischen Bundesamtes³ kann man aktuell die mittlere Distanz der grenzüberschreitenden Abflüge in der Größenordnung relativ zuverlässig mit etwa 3000 km abschätzen; wegen der

¹ vgl. BM Verkehr (Hg.): Verkehr in Zahlen, jährlich, bearb. vom DIW, Berlin, letzte Ausgabe 1994

² eine entsprechende Untersuchung durch das IFEU-Institut, Heidelberg, ist noch nicht abgeschlossen bzw. publiziert.

³ vgl. Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 6 Luftverkehr, letzte Jahresausgabe: 1993

hohen Paarigkeit des Flugbetriebs kann man auch für die Ankünfte von einer im Grundsatz gleichen Distanzstruktur ausgehen - ein offenbar bedeutender Unterschied zu den in der Verkehrsstatistik üblicherweise berücksichtigten etwa 250 km. Für eine überschlägige Betrachtung wird vereinfachend von einer im Zeitverlauf nicht veränderten Durchschnittsdistanz der grenzüberschreitenden Flüge ausgegangen⁴, damit läßt sich die Entwicklung des gesamten, Deutschland berührenden Luftverkehrs ermitteln. Zur Ableitung des Luftverkehrs der Inländer müssen noch die Anteile abgezogen werden, die auf Ausländer entfallen, deshalb werden die Inlandsflüge zu 95 %, die grenzüberschreitenden Flüge nur zu 80 % angerechnet.

Tabelle 1:

**Verkehrsaufkommen und Verkehrsaufwand in den Alten Bundesländern
(motorisierter Personenverkehr)**

Jahr	Verkehrsaufkommen (Mio. Wege)			Verkehrsaufwand (Mrd. Pkm)					
	gesamt	Luftverk.	Anteil in %	nach Territorialprinzip			nach Inländerprinzip (geschätzt)		
				gesamt	Luftverk.	Anteil in %	gesamt	Luftverk.	Anteil in %
1960	22984,0	4,9	0,02	253,5	1,6	0,63	259,2	7,3	2,83
1965	27068,0	10,4	0,04	363,7	3,3	0,91	376,5	16,1	4,28
1970	30654,0	21,3	0,07	456,5	6,6	1,45	485,0	35,1	7,23
1975	34231,0	27,7	0,08	522,5	8,4	1,61	566,6	52,5	9,26
1980	37228,0	35,9	0,10	598,6	11,0	1,84	656,7	69,1	10,52
1985	34924,0	41,7	0,12	602,1	12,7	2,11	671,2	81,8	12,19
1990	41031,0	62,6	0,15	724,5	18,4	2,54	830,8	124,7	15,01
1995s	47400,1	83,9	0,18	801,4	23,2	2,89	951,2	173,0	18,19

Quelle: DIW: Verkehr in Zahlen 1991 und 1994; eigene Berechnungen; 1995 geschätzt

Schätzung nach Inländerprinzip: Distanz der Auslandsflüge mit 3000 km angesetzt;

Zurechnung der Inlandsflüge zu 95 %, der Auslandsflüge zu 80 %

- die Genauigkeit der Angaben ist rechnerisch bedingt und entspricht nicht den Schätzunsicherheiten -

Im Ergebnis zeigt sich der Luftverkehr als in der absoluten Menge und im Anteil am gesamten Verkehrsaufwand durchaus bedeutend: Anders als die 3 % nach dem Territorialprinzip sind die etwa 18 % nach dem Inländerprinzip eine beachtliche

⁴ eine Detailanalyse müßte die sich ändernde Regionalstruktur der Flugziele im einzelnen betrachten; Grobbetrachtungen legen nahe, daß sich die Durchschnittsdistanz der grenzüberschreitenden Flüge im Zeitverlauf erhöht hat

Größe; im Vergleich mit den 0,18 % beim Verkehrsaufkommen zeigt sich die erhebliche Gefahr einer Unterschätzung der Umweltbedeutung des Luftverkehrs, wenn man über die geringe Anzahl der Flugreisen deren große Distanzen vergißt. In der absoluten Höhe des Verkehrsaufwands liegt der Luftverkehr heute etwa so hoch wie der gesamte motorisierte Verkehr Mitte der 50er Jahre, oder der Automobilverkehr zu Anfang der 60er Jahre; im heutigen Verkehrsgeschehen sind bezüglich der Anzahl der Personenkilometer der Luftverkehr (etwa zwei Drittel privat, ein Drittel geschäftlich) und der Arbeitsverkehr (Wege von und zur Arbeitsstelle) etwa gleich bedeutend.

Die enorme Dynamik der Entwicklung des Luftverkehrs begründet auch die Notwendigkeit, mit möglichst aktuellen Angaben zu rechnen: Die möglichen Schätzfehler einer Fortschreibung auf den aktuellen Stand sind geringer als die sicheren Fehler, wenn man in Wirklichkeit überholte Werte von 1992 oder 1993 als aktuell zugrundelegt. Tatsächlich läßt sich die Luftverkehrsentwicklung 1994 schon ganz gut beurteilen⁵; 1995 ist ebenfalls weitgehend gelaufen, ohne daß ein Trendbruch erkennbar gewesen wäre, sicherheitshalber wurden für 1995 etwas geringere Zuwachsraten unterstellt als für 1994.

1.2. Energieverbrauch und Klimabelastung

Hauptsächlicher Indikator für die Umwelt- und Klimabelastung ist auch im Luftverkehr zunächst der Energieverbrauch. Als statistische Basis hierfür steht die Entwicklung des Inlandsabsatzes von Energieträgern an die Luftfahrt zur Verfügung⁶; damit wird verständlicherweise ein anderer Teil des Luftverkehrs abgedeckt als beim oben angeführten Territorialprinzip, nämlich: einerseits der innerdeutsche Verkehr gesamt, andererseits beim grenzüberschreitenden Verkehr nur der Abgang, dieser jedoch nicht nur bis zur Landesgrenze, sondern bis zum ersten ausländischen Ziel. Nach dieser Abgrenzung nimmt der Luftverkehr inzwischen ungefähr 10 % des gesamten Endenergieverbrauchs des Verkehrs auf. Bei Betrachtung der Entwicklung im Zeitverlauf zeigt sich auch, wie problematisch die manchmal plakativ verbreitete Botschaft ist, die Flugzeuge würden heute nur halb so viel Treibstoff verbrauchen wie im Jahr 1960: Tatsächlich verbrauchen sie heute etwa das Fünfundzwanzigfache

⁵ vgl. Roland Fischer: Gewerblicher Luftverkehr 1994, in: Wirtschaft und Statistik 8/1995, S. 617-621

⁶ vgl. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, jährlich

der Verbrauchsmengen von 1960. Daß der Verbrauchsanstieg noch höher gewesen wäre, wären die Flugzeuge nicht gleichzeitig auch etwas effizienter geworden, kann wohl nicht billigerweise von der verbleibenden Dramatik der Entwicklung ablenken.

Nun ist diese Abgrenzung sicher eine mögliche, um den gesamten weltweiten Energieverbrauch des Luftverkehrs eindeutig auf einzelne Länder aufzuteilen, die Internationale Energie-Agentur (IEA) rechnet so, auch das Umweltbundesamt präferiert derzeit diese Zurechnung. Besonders verursachergerecht ist das allerdings nicht: Wenn jährlich 6 Mio. Deutsche nach Spanien fliegen und 6 Mio. Menschen von Spanien nach Deutschland, so sind es eben typischerweise keine Spanier, die in Deutschland ankommen, sondern die Deutschen auf dem Rückflug. Deswegen wurde in der Verkehrsuntersuchung für die 1. Klima-Enquete-Kommission - auf Anregung durch HÖPFNER⁷ - auch beim Energieverbrauch nach dem Inländerprinzip abgegrenzt.

In einer früheren Arbeit⁸ wurde dazu für Deutschland - als ausdrückliche Vereinfachung und mit dem Hinweis auf Präzisierungsbedarf - der Energieverbrauch des Luftverkehrs in doppelter Höhe der Inlandsabgabe angesetzt. Dieses Verfahren löste teilweise heftige Kritik aus, dahingehend, daß es zu einer weltweit doppelten Zählung des Energieverbrauchs im Luftverkehr führen würde. Dem ist natürlich nicht so, denn gerade in dieser Hinsicht kann man die deutschen Verhältnisse nicht weltweit übertragen:

Für Deutschland gilt, daß die Fluggäste an den inländischen Flughäfen vor allem Inländer sind. Dies ist zunächst für die Passagiere im Inlandsluftverkehr offensichtlich; beim grenzüberschreitenden Luftverkehr ist es auch für den - in der Bedeutung überwiegenden - Freizeit- und Urlaubsverkehr mühelos nachvollziehbar. Beim grenzüberschreitenden Geschäftsreiseverkehr kann bezüglich der Austauschverhältnisse mit anderen reichen Ländern von einer einigermaßen ausgeglichenen Beteiligung von Inländern und von Ausländern ausgegangen werden, bei den Beziehungen zu ärmeren Ländern dagegen wieder von einem überwiegend durch Inländer geprägten Luftverkehr. Einer dem Inländerprinzip folgenden erhöhten Energiezurechnung zum deutschen Luftverkehr steht deswegen eine entsprechend reduzierte Zurechnung bei anderen Ländern gegenüber: Palma de Mallorca (mit mehr Flug-

⁷ vgl. U. Höpfner, et al. (IFEU) / H. Waldeyer et al. (TÜV Rheinland): Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung und emissionsmindernde Maßnahmen im Verkehrssektor (Studien-schwerpunkt A.1.4): Bericht für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, 1989. In: Energie und Klima, Bd. 2, Bonn 1990

⁸ vgl. Karl Otto Schallaböck: Zur Bedeutung des Luftverkehrs im klimapolitischen Verkehrsdiskurs, Wuppertal 1993

gästen als Düsseldorf oder München), Gran Canaria (mit mehr Fluggästen als Hamburg) und Teneriffa (mit mehr Fluggästen als Berlin-Tegel) sind eben im Gegensatz zu den deutschen Flughäfen dadurch gekennzeichnet, daß dort hauptsächlich Ausländer ankommen und abfliegen.

Um für Deutschland vom Inlandsabgabekonzept auf das Inländerkonzept zu kommen, muß deshalb vor allem der Energieverbrauch für die Rückflüge aus dem Ausland dazugezählt werden. Im weiteren muß der Energieverbrauch der Ausländer abgezogen und der Energieverbrauch für Anschlußflüge ab ausländischen Umsteigeflughäfen (etwa beim Flug über London in die USA) ergänzt werden. Daneben gibt es noch andere Faktoren zu berücksichtigen, etwa daß Inländer auch von grenznahen Flugplätzen im Ausland abfliegen (vor allem Zürich, Basel, Luxemburg, Amsterdam). Da eine schlichte Verdoppelung der Inlandsabgabe wohl zu einer gewissen Überschätzung führt, wird hier lediglich ein Pauschalaufschlag von 80 % auf die Inlandsabgabe zugrundegelegt. Auch dies ist eine grobe Abschätzung, die der Korrektur durch detaillierte Untersuchung bedarf; mögliche Fehler werden jedoch in großem Umfang durch die hohen Zuwachsraten im Luftverkehr übertönt, so führt ein relativer Fehler von 15 % lediglich dazu, daß die zugehörige Jahreszahl um etwa zwei Jahre zu verschieben ist.

Der in dieser Weise abgeschätzte Energieverbrauch nach dem Inländerprinzip führt für Deutschland (Alte Bundesländer) gegenwärtig zu einem Anteil des Luftverkehrs von etwa einem Sechstel am gesamten Energieverbrauch des Verkehrs; dies ist offenbar keine vernachlässigbare Größe mehr, die Menge entspricht etwa dem Energieverbrauch der Automobile Mitte der 60er Jahre.

Vollends schwierig wird die Beurteilung des Luftverkehrs jedoch unter Klimas Gesichtspunkten wegen der Einbringung klimarelevanter Spurengase in Reiseflughöhe, deren Bewertung aus fachlicher Sicht derzeit nur zum Teil und keineswegs sicher möglich ist. Wenig Probleme bieten die mit dem Treibstoffverbrauch unmittelbar gekoppelten CO₂-Emissionen, die sich sowohl gut ermitteln als auch bewerten lassen, insofern hierfür allgemein angenommen wird, daß die Emissionshöhe keinen Einfluß auf die Wirkung hat; die Bewertungsprobleme beziehen sich auf die anderen emittierten klimarelevanten Spurengase. Für eine reine Modellrechnung hatte ich bereits in der Studie von 1993 vorgeschlagen⁹, zur Abbildung der zusätzlichen Effekte neben dem CO₂-Effekt den Energieverbrauch des Luftverkehrs gegenüber

⁹ vgl. Fußnote 9

dem des erdgebundenen Verkehrs doppelt zu gewichten. 1995 habe ich diesen Vorschlag wiederholt¹⁰ unter Hinweis auf Johnson, der den Erwärmungseffekt allein der Stickoxide in Flughöhe in gleicher Höhe ansetzt wie jenen der CO₂-Emissionen des Luftverkehrs¹¹.

Tabelle 2:

Energieverbrauch und Klimabelastung durch den Verkehr
- Alte Bundesländer -

Jahr	Energieverbrauch (PJ)						Klimabelastung (Energiegleichwerte)		
	nach Inlandsabgabeprinzip			nach Inländerprinzip (geschätzt)			- Modellrechnung -		
	gesamt	Luftverk.	Anteil in %	gesamt	Luftverk.	Anteil in %	gesamt	Luftverk.	Anteil in %
1960	662,0	10,0	1,51	670,0	18,0	2,69	688,0	36,0	5,23
1965	884,0	30,0	3,39	908,0	54,0	5,95	962,0	108,0	11,23
1970	1158,0	67,0	5,79	1211,6	120,6	9,95	1332,2	241,2	18,11
1975	1355,0	85,0	6,27	1423,0	153,0	10,75	1576,0	306,0	19,42
1980	1666,0	109,0	6,54	1753,2	196,2	11,19	1949,4	392,4	20,13
1985	1712,0	124,0	7,24	1811,2	223,2	12,32	2034,4	446,4	21,94
1990	2091,0	187,0	8,94	2240,6	336,6	15,02	2577,2	673,2	26,12
1995s	2403,6	247,3	10,29	2601,5	445,1	17,11	3046,6	890,3	29,22

Quelle: DIW: Verkehr in Zahlen 1991 und 1994; eigene Berechnungen; 1995 geschätzt

Schätzung nach Inländerprinzip: Inlandsabgabe an Luftverkehr um 80 % erhöht;

Modellrechnung zur Klimabelastung: Energieverbrauch des Luftverkehrs doppelt gewichtet

- die Genauigkeit der Angaben ist rechnerisch bedingt und entspricht nicht den Schätzunsicherheiten -

Dieser Vorschlag wurde in mehreren Zuschriften teils heftig angegriffen. Da aber sowohl das IPCC¹² (Intergovernmental Panel on Climate Change) als auch die WMO¹³ diese Möglichkeit ausdrücklich in Betracht ziehen, gibt es wenig Grund, von diesem Vorschlag abzugehen. Allerdings bleibt zu beachten, daß es sich um eine modellhafte Betrachtung handelt, keineswegs um die Mitteilung einer gesicherten

¹⁰ vgl. Karl Otto Schallaböck: Luftverkehr und Klima - Ein Problemfall, Wuppertal 1995

¹¹ vgl. C. E. Johnson: Impact of Emissions from Aircraft and Spacecraft Upon the Atmosphere, DLR, Mitteilung 94-06, sowie weitere Arbeiten dieses Autors

¹² vgl. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 1994; Cambridge Univ. Press 1995, p. 30

¹³ vgl. World Meteorological Organisation (WMO): Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994; Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37; für diesen Hinweis habe ich Herrn Egli, Schaffhausen, zu danken

Tatsache¹⁴. Der tatsächliche Effekt könnte zu groß oder zu klein dargestellt sein, man weiß es heute nicht; wenn entsprechende Kenntnisse vorliegen, sollte man selbstverständlich die Modellbetrachtung durch eine Realbetrachtung ersetzen.

Im Ergebnis erhöht dies im Modellfall die luftverkehrsbedingte Klimabelastung, sowie deren Anteil an der gesamten verkehrsbedingten Klimabelastung auf aktuell annähernd 30 % - ein sicherlich in Anbetracht der geringen Häufigkeit des Fliegens erstaunlich hoher Wert.

1.3. Entwicklungsperspektiven und Klimaziele

Aus Klimaschutzgründen ist bekanntlich angezeigt, die Belastungen nicht bloß nicht weiter zu erhöhen, sondern schrittweise zu senken. Die 1. Klima-Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages hat hierzu einstimmig ein zeitlich fixiertes Zahlengerüst von Zielwerten festgelegt, das in der Sache zwischenzeitlich nicht durch bessere Erkenntnisse als überholt gelten kann. Für das Leitgas CO₂ lauten die bekannten Absenkungsziele, jeweils verglichen mit dem Basisjahr 1987: bis 2005 minus 30 %, bis 2020 minus 50 %, sowie bis 2050 minus 80 %; dies entspricht (degressiven) Abnahmeraten von rund 2 % jährlich bis 2005, anschließend 2,2 % jährlich bis 2020, sowie anschließend 3 % jährlich bis 2050. Für Stickoxide wurden übrigens noch schärfere Zielwerte formuliert, nämlich Halbierung schon bis 2005 und Reduktion um 90 % bis 2050.¹⁵ Da eine Aufteilung der erforderlichen Zielbeiträge auf einzelne Sektoren nicht vorgenommen wurde und auch nicht erkennbar ist, daß in irgendwelchen Bereichen durch Übererfüllung der Zielquoten nennenswerte Freiräume für andere Bereiche entstehen würden, erscheint es angemessen, auch den Verkehr insgesamt und den Luftverkehr im besonderen zunächst mit diesen Zielwerten zu konfrontieren.

Beim Luftverkehr selbst ist die Zielverfehlung offensichtlich: Bei weitgehend glattem exponentiellem Zuwachs um rund 7,5 % pro Jahr gegenüber einer Soll-Abnahme um 2 % pro Jahr öffnet sich eine Schere zunehmender Zielverfehlung jährlich um zusätzliche etwa 10 %. Interpoliert man - etwas leichter zu erfüllen - zwischen dem Basisjahr 1987 und dem Zieljahr 2005 die einzelnen Zielwerte linear und nicht degressiv,

¹⁴ auf diesen von mir regelmäßig betonten Sachverhalt hat auch Herr Schumann in einem Schreiben v. 15.03.1995 ausdrücklich hingewiesen

¹⁵ vgl. Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" (Hg.): Schutz der Erde. Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik. 2 Bde, Bonn 1990

so hätte 1993 eine Abnahme um 10 % realisiert sein sollen. Tatsächlich war ein Anstieg um rd. 54 % zu beobachten, 70 % mehr als die Zielgröße; bis 1995 ist ein Anstieg um etwa 78 % gegenüber 1987 zu erwarten, auf etwa den doppelten Wert der fortgeschriebenen Zielgröße.

Mißt man die Entwicklung im Luftverkehr an den für den Verkehr insgesamt abzuleitenden Zielwerten, so zeigt sich naturgemäß, daß der Luftverkehr einen zunehmenden Anteil der gesamten für den Verkehr vorzusehenden Belastungen ausmacht. Da im Luftverkehr keine Trendveränderung erkennbar ist, wird diese Entwicklung auch künftig andauern. In der Studie für die "Aktion Ökologischer Marshallplan"¹⁶ war für die künftige Entwicklung eine durchschnittliche Wachstumsrate im Energieverbrauch des Luftverkehrs von 5 % jährlich bis 2005 angesetzt worden; dies erscheint auch heute recht zurückhaltend, weil eine solche Rate deutlich unterhalb des laufenden Trends von + 7,5 % p.a. liegt; das Endergebnis wäre beispielsweise zu erreichen durch einen schrittweisen Übergang vom gegenwärtigen starken Wachstumspfad auf nur mehr etwa 2 % Jahreszuwachs innerhalb von zehn Jahren.

Gleichwohl gab es diesbezüglich erkennbar verärgerte Reaktionen aus beteiligten Kreisen, die diese Zuwachsraten als böswillig hohe Unterstellung ansahen; teilweise wurde auch die historische Entwicklung als unglaubliche Unterstellung gebrandmarkt. Hingewiesen wurde auf Spekulationen und internationale Prognosen, wonach nur eine Verbrauchszunahme um etwa 3 % pro Jahr zu erwarten wäre - allerdings war aus den Darstellungen keine Bereitschaft abzulesen, sich etwa auf eine Kontingentierung der Flugkraftstoffe in entsprechender Höhe einzulassen. Um meinerseits nicht unfreundlich zu erscheinen, stelle ich hier zwei Entwicklungen dar, einmal mit 3 % Verbrauchszunahme pro Jahr, andererseits mit 7 %, etwa im bisherigen Trend.

Unterstellt man wunschgemäß künftig 3 %, so steigt der Energieverbrauch des Luftverkehrs gegenüber 1987 „nur“ um 140 %, das knapp Dreieinhalbfache gegenüber einem Zielwert 30 % unterhalb des Werts von 1987; bei Trendfortsetzung wird dagegen ein Anstieg um 250 % über den Wert von 1987 erreicht, das Fünffache der beschriebenen Zielgröße von 70 % des Werts von 1987. Der Unterschied beider Pfade ist zwar deutlich, eben so deutlich ist, daß in jedem Fall das Ziel einer Vermin-

¹⁶ vgl. Fußnote 10

derung der Klimabelastung innerhalb des Luftverkehrs massiv und zunehmend verfehlt wird.

Mißt man die Entwicklung beim Luftverkehr an den für den gesamten Verkehr zu bildenden sektoralen Zielwerten, so zeigt sich, daß im 3%-Fall der Anteil des Luftverkehrs an den Sollkontingenten des Verkehrs gegenüber 1993 bis 2005 verdoppelt, im 7%-Fall verdreifacht. Selbst bei Zugrundelegung des Inlandsabgabekonzepts, also der engsten Abgrenzung des Energieverbrauchs und der Klimabelastung, und der niedrigen Zuwachsraten steigt der Luftverkehrsanteil am Zielverbrauch des Verkehrs von einem Achtel (1993) auf ein Viertel (2005); der übrige Verkehr müßte seinen Energieverbrauch unter die Hälfte des gegenwärtigen Umfangs drücken, um auch sektoral das 30%-Ziel der Enquete-Kommission zu realisieren - eine eher wenig wahrscheinliche Perspektive. Höhere Zuwachsraten und weitere Abgrenzungen von Energieverbrauch und Klimabelastung des Luftverkehrs dramatisieren das Ergebnis naturgemäß; so erscheint aus heutiger Sicht nicht definitiv ausgeschlossen, daß im Jahr 2005 allein aus dem Luftverkehr eine höhere Klimabelastung entsteht, als sie bei gleichmäßiger Zuteilung der Zielbeiträge für den Verkehr insgesamt für zulässig anzusehen wäre.

Tabelle 3:

Sollentwicklung von Energieverbrauch und Klimabelastung durch den Verkehr und tatsächliche bzw. erwartete Entwicklung im Luftverkehr

- Alte Bundesländer -

Jahr	Energieverbrauch (PJ)						Klimabelastung (Energiegleichwerte)		
	nach Inlandsabgabeprinzip			nach Inländerprinzip (geschätzt)			- Modellrechnung -		
	Gesamtsoll	Luftverk.	Anteil in %	Gesamtsoll	Luftverk.	Anteil in %	Gesamtsoll	Luftverk.	Anteil in %
1987	1869,0	139,0	7,4	1980,2	250,2	12,6	2230,4	500,4	22,4
1993	1682,1	214,0	12,7	1782,2	385,2	21,6	2007,4	770,4	38,4
2005l	1308,3	332,3	25,4	1386,1	598,2	43,2	1561,3	1196,5	76,6
2005h	1308,3	486,5	37,2	1386,1	875,7	63,2	1561,3	1751,3	112,2

Quelle: DIW: Verkehr in Zahlen 1991 und 1994; eigene Berechnungen;

Schätzung nach Inländerprinzip und Modellrechnung zur Klimabelastung vgl. oben Tab. 2;

Sollwerte: 1993: - 10 % gegenüber 1987; 2005: - 30 % gegenüber 1987;

Erwartungswerte im Luftverkehr: 2005 l: + 3 % p.a. ab 1995; 2005 h: + 7 % p.a. ab 1995

- die Genauigkeit der Angaben ist rechnerisch bedingt und entspricht nicht den Schätzunsicherheiten -

Daß sich der übrige, bodengebundene Verkehr ebenfalls, wenngleich nicht so stark wie der Luftverkehr, abweichend von den klimadienlichen Zielkorridoren entwickelt, und daß für den Zeitraum nach 2005 weitere Reduktionen der Klimabelastungen erfolgen müssen, entlastet naturgemäß den Luftverkehr nicht; vielmehr verschärft dies die Gesamtsituation. Insgesamt zeigt sich schon für die bisherige Entwicklung, daß der Luftverkehr maßgeblich dazu beiträgt, daß im Verkehrsbereich die Klimaschutzziele der 1. Klima-Enquete-Kommission verfehlt werden, und daß der Verkehrsbereich maßgeblich zur Gesamtverfehlung dieser Ziele beiträgt. Für die künftige Entwicklung muß aus gegenwärtiger Sicht von einer weiteren Zunahme dieser Schief lagen ausgegangen werden.

2. Globale Einordnung

Prozentangaben sind davon abhängig, worauf man sie bezieht. Nachdem die erhebliche Bedeutung des Luftverkehrs und der davon ausgehenden Belastungen verglichen mit dem gesamten Verkehr Deutschlands deutlich geworden sind, ist auf deren beschränkte Bedeutung für die globale Belastungssituation hinzuweisen. Grobe Abschätzungen ergeben, daß der deutsche Luftverkehr an der weltweiten anthropogenen Klimabelastung derzeit mit einem Anteil in der Größenordnung von etwa 2 - 3 Promille beteiligt ist. Es wäre deswegen unangemessen, genau darin das Hauptelement der Bedrohung des Weltklimas zu sehen.

Allerdings macht die Bevölkerung Deutschlands (Alte Bundesländer) auch nur kaum über 1 % der Weltbevölkerung aus. Wenn wir die aus dem Luftverkehr herrührende Belastung auf jenes Viertel bis Sechstel der Bevölkerung beziehen, das auch tatsächlich fliegt, so sehen wir: Wer fliegt, hat sich im Durchschnitt allein damit schon seinen kindlichen Anteil an der globalen Klimabelastung geleistet.

Außerdem ist natürlich auch ein Anteil von wenigen Promille an schwerwiegenden Schäden eine absolut gesehen große Belastung: Wer beispielsweise 2 - 3 Promille der jährlichen Straßenverkehrstoten in Deutschland verursacht, bringt dabei jährlich etwa 20 - 25 Leute um, eine enorme Belastung, auch wenn dadurch das gesamte Unfallgeschehen nur recht nachrangig mitbestimmt wird.

Insgesamt ist der Weltluftverkehr mit etwa 3 % an den anthropogenen CO₂-Emissionen beteiligt¹⁷, die Beteiligung an der globalen Klimabelastung könnte vielleicht bei 5 % liegen, dabei ist jedoch die Unsicherheit einer solchen Angabe herauszuheben. Damit liegt der Luftverkehr zwar oberhalb der Marginalitätsschwelle, kann aber wohl auch insgesamt nicht als die hervorragende Belastung erachtet werden. Bezogen auf die Angabe von 5 % würde er sich als eines von 20 gleich starken Elementen erweisen; damit ist es weder gerechtfertigt, den Luftverkehr zu vernachlässigen, noch die anderen Belastungsgrößen unbeachtet zu lassen. Der Beitrag des Luftverkehrs zu den globalen anthropogenen CO₂-Emissionen entspricht ungefähr

¹⁷ so die 2. Klima-Enquete-Kommission 1994 unter Berufung auf Schumann, wie auch Schumann selbst bei der DLR-Tagung zu Schadstoffen in der Luftfahrt am 01.03.1995

jenem von Indien, allerdings nehmen wohl deutlich weniger Menschen am Luftverkehr teil, als in Indien leben.

Tatsächlich ist die Beteiligung am Luftverkehr weltweit sehr ungleichmäßig und im wesentlichen auf wenige Gebiete konzentriert. Eine Analyse der 50 Flugplätze mit dem höchsten Passagieraufkommen zeigt, daß die Hälfte dieser Flugplätze in den USA liegt; zusammen mit Toronto und Mexico-City macht Nordamerika mehr als die Hälfte aus. Dreizehn weitere dieser Flugplätze liegen in Europa, außer Zürich alle in der erweiterten Europäischen Union (EU 15). Die restlichen 10 Flugplätze befinden sich alle im (süd)ostasiatisch-pazifischen Raum, davon die Hälfte in Japan, dazu von den „Kleinen Tigern“ Seoul, Hongkong und Singapur (Taipeh folgt bald hinter der Rangziffer 50), sowie Sydney; als einziger Flughafen in einem typischen Entwicklungsland ist Bangkok vertreten - bekanntlich weniger wegen der großen Reise- freudigkeit der thailändischen Bevölkerung, sondern weil Bangkok/Thailand ein attraktives Reiseziel insbesondere für Japaner, aber auch für Angehörige anderer reicherer Länder darstellt.

Diese 50 Flugplätze repräsentieren mit 1,3 Mrd. ein- und aussteigenden Fluggästen schon rund die Hälfte der Passagierluftfahrt; da auch die in der Bedeutung nachfolgenden Flugplätze die Struktur im wesentlichen bestätigen, ist es offensichtlich, daß sich die Teilnahme am Flugverkehr weitgehend auf die reichen Länder konzentriert bzw. beschränkt, mit einem besonderen Schwergewicht bei den USA. Gut bestätigt wird dieses Bild durch eine Darstellung von Schumann¹⁸, die zu der Punktstruktur der Flughafenstandorte die Flächenstruktur einer Emissionsverteilung ergänzt.

Selbst in den USA allerdings fliegt nur ein Teil der Bevölkerung, in einem Jahr etwa ein Drittel; dabei sind erhebliche Unterschiede nach dem Haushaltseinkommen zu beobachten: Nach Angaben von Boeing flog im Jahr 1990 die oberste Gruppe mit Einkommen ab 100.000 \$ pro Jahr zu 75%, die unterste Gruppe mit Einkommen bis 10.000 \$ nur zu 18 %.¹⁹ Für die übrigen Industrieländer läßt sich eine ähnliche Struktur bei zumeist niedrigerem Gesamtniveau vermuten. Daraus läßt sich ableiten, daß in einem Jahr weltweit nur etwa 5 % der Bevölkerung fliegen, auch weltweit

¹⁸ vgl. Ulrich Schumann: On the Effect of Emissions from Aircraft Engines On the State of the Atmosphere, Oberpfaffenhofen 1993; DLR, Institut für Physik der Atmosphäre, Report No. 1, Titelblatt und S. 11

¹⁹ Boeing: Current Market Outlook 1992 und 1993, nach: Anu Vedantham / Michael Oppenheimer: Aircraft Emissions and the Global Atmosphere - Long term Scenarios, New York 1994, p. 26

kann also gelten: wer fliegt, belastet damit allein schon das Weltklima typischerweise so stark, wie ein Durchschnittsmensch insgesamt.

Für die künftige Entwicklung streuen die Annahmen verständlicherweise erheblich, so sind die von der 2. Klima-Enquete-Kommission mitgeteilten Spekulationen²⁰ erheblich optimistischer bezüglich der künftigen technologischen Fortschritte und der Emissionsentwicklung als die Studie des Environment Defense Fund in New York, die ihre Annahmen auch schon als recht optimistisch einstuft.²¹ An dieser Stelle soll nur eine mehr qualitative Überlegung verständlich machen, um welche grundsätzlichen Optionen und Größenordnungen es geht:

Ohne weiteres vorstellbar erscheint es, daß die klimarelevanten Emissionen des Luftverkehrs in den nächsten 30 - 40 Jahren auf das Vierfache des heutigen Wertes ansteigen könnten; die dabei auftretenden Zuwachsraten wären nur etwa halb so hoch wie derzeit im deutschen Luftverkehr, die meisten Gebiete der Welt sind aber noch vor dem Start der wirklich massiven Ausweitung des Luftverkehrs. Dies könnte bedeuten, daß die Klimabelastung eines so erweiterten Luftverkehr den Umfang von 20 % der gesamten heutigen Klimabelastung ausmacht.

Verdoppelt sich bis dahin die gesamte Klimabelastung, könnte der Luftverkehrsanteil auf 10 % ansteigen. Dies wäre nicht unbeachtlich, vor allem aber wäre eine solche Entwicklung klimatisch mehr als abenteuerlich. Peilt man dagegen in dieser Zeit aus Gründen des Klimaschutzes eine Halbierung der Klimabelastung an, so würde dieses reduzierte Belastungskontingent bereits zu 40 % von dem angenommenen erweiterten Luftverkehr ausgeschöpft werden - davon, daß ein weiterhin sehr geringer Teil der Weltbevölkerung einen weiterhin fast verschwindenden Teil der Wege mit schnellen Flugzeugen über große Distanzen abwickelt. Da sich dies einer vernünftigen Rechtfertigung weitgehend entziehen dürfte, kann hier ein erheblicher Diskussions- und Umorientierungsbedarf erwartet werden.

²⁰ vgl. Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Hg.: Mobilität und Klima - Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik, Bonn 1994, besonders S. 176

²¹ Vedantham/Oppenheimer, a.a.O., p. xii

3. Regionale Einordnung

3.1 Die Bedeutung des Flughafens für das Fluggeschehen der Region

Entsprechend dem Ansatz für Deutschland, das Verursacherprinzip durch das Wohnsitz- bzw. Inländerprinzip bei der Zurechnung abzubilden, wird auch für die regionale Stufe vorgeschlagen, bei der Beurteilung des Flugverkehrs sich auf den Flugverkehr der Bevölkerung dieser Region zu beziehen. Aus der kürzlich vorgelegten Darstellung der Verkehrsverflechtung 1991²² lassen sich Erkenntnisse über die Reiseintensität der Bevölkerung nach Art und Umfang, sowie nach Herkunfts- und Zielgebieten gewinnen. Bezüglich des Flugverkehrs ergibt sich in auffälliger Form, daß typischerweise die Flugreiseintensität der Bevölkerung erheblich höher ist, wenn ein internationaler Verkehrsflughafen in der Region vorhanden ist.

Tabelle 4:

Flugreiseintensität in Regionen mit und ohne Verkehrsflughäfen 1991

Gebiet	Bevölkerung in Mio.	Fluggäste ¹⁾ in Mio.	Flüge ¹⁾ je Einwohner
14 Planungsregionen mit Verkehrsflughäfen ²⁾	24,515	20,401	0,83
übrige Planungsregionen	55,514	12,666	0,23
Deutschland gesamt	80,029	33,067	0,41

1) nur Abflug

2) Hamburg, Bremen, Hannover, Münster, Düsseldorf, Köln, Frankfurt am Main, Saarland, Stuttgärt, Nürnberg, München, Berlin, Dresden, Leipzig

Quelle: INTRAPLAN (Hg.): Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991, München 1995; eigene Berechnungen

²² vgl. INTRAPLAN CONSULT GMBH u.a. (1995): Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991, München 1995, i.A. des BM für Verkehr, Forschungsbericht FE-Nr. 90 375/92

Wichtig erscheint der nochmalige Hinweis, daß sich die hier dargestellten Flugreiseintensitäten auf die Reisetätigkeit der Bevölkerung bezieht, unabhängig von der Frage, welche (deutschen) Flughäfen hierbei tatsächlich genutzt wurden; Abflüge aus der Planungsregion Münster wurden somit dieser Planungsregion²³ zugerechnet, egal ob tatsächlich von FMO aus geflogen wurde, oder nach einer Bahn- oder PKW-Anreise erst ab z.B. Düsseldorf.

Die quantitative Ausprägung dieses - im Grundsatz auch aus anderen Untersuchungen wie z.B. der KONTIV bekannten - Sachverhalts mag denn doch erstaunen: Die Flugreiseintensität ist doppelt so hoch wie in Deutschland insgesamt, wenn ein entsprechender Verkehrsflughafen in der Region vorgefunden wird; dagegen fliegt die Bevölkerung ohne Verkehrsflughafen in der Region nur halb so oft wie der Durchschnitt. Insgesamt ist damit die Flugreiseintensität in den Regionen mit Verkehrsflughäfen etwa viermal so hoch wie in den Regionen ohne Verkehrsflughafen.

Bei genauerer Betrachtung werden allerdings auch zwischen den Regionen mit Verkehrsflughäfen große Unterschiede deutlich; wir können dann dort in drei Gruppen gliedern:

- Metropolitane Standorte mit großen Verkehrsflughäfen und einer Flugreiseintensität der Bevölkerung mit rd. 1 - 2 Abflügen je Einwohner und Jahr;
- submetropolitane Standorte mit mittleren Verkehrsflughäfen und einer Flugreiseintensität der Bevölkerung mit etwa 0,5 - 0,7 Abflügen je Einwohner und Jahr, und
- Standorte mit weniger bedeutenden Verkehrsflughäfen und einer Flugreiseintensität der Bevölkerung um 0,2 Abflüge je Einwohner und Jahr.

Für die letzte Gruppe der Regionen, zu der auch Münster zählt, läßt sich behaupten, daß der Flughafen in der Region insoweit ohne Auswirkung auf die Flugreishäufigkeit der Bevölkerung ist, als trotz vorhandenem Verkehrsflughafen nur die Flugreiseintensität erreicht wird, wie sie auch in den Regionen ohne Verkehrsflughafen anzutreffen ist. Tatsächlich ist bislang die Bedeutung des Flughafens Münster/Osnabrück (FMO) gering, wie ein Vergleich mit Frankfurt (FRA), dem zentralen Hub in Deutschland, und mit Köln-Bonn (CGN), einem typischen Vertreter der Flughäfen mittlerer Bedeutung, zeigt.

²³ die Abgrenzung der Planungsregionen folgt jener für die Bundesverkehrswegeplanung; zur Planungsregion Münster gehören dabei auch die Kreise Borken, Coesfeld, Steinfurt und Warendorf

Tabelle 5:

Flugreiseintensität in den 14 Regionen mit Verkehrsflughäfen 1991

Planungsregion	Bevölkerung in Mio.	Fluggäste ¹⁾ in Mio.	Flüge ¹⁾ je Einwohner
605 Frankfurt am Main	2,571	4,416	1,72
1014 München	2,319	3,064	1,32
201 Hamburg	1,652	2,153	1,30
1201 Berlin	3,434	3,227	0,94
509 Düsseldorf	1,754	1,641	0,94
512 Köln	2,881	1,901	0,66
408 Hannover	1,075	0,708	0,66
301 Bremen	0,682	0,407	0,60
906 Stuttgart	2,528	1,348	0,53
1007 Nürnberg	1,216	0,645	0,53
1605 Leipzig	0,756	0,182	0,24
801 Saarland	1,077	0,218	0,20
501 Münster	1,437	0,282	0,20
1603 Dresden	1,132	0,209	0,18

¹⁾ nur Abflug

Quelle: INTRAPLAN (Hg.): Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991, München 1995; eigene Berechnungen

Ein Vergleich der Verhältnisse in der Planungsregion Münster mit jenen der angrenzenden Planungsregionen gibt weitere Aufschlüsse. Die Planungsregion Osnabrück, die ja dem Flughafen Münster-Osnabrück in ähnlicher Weise verbunden ist wie Münster selbst, weist eine geringfügig niedrigere Flugreiseintensität auf; dies ist insofern von Bedeutung, als die Planungsregion Osnabrück bevölkerungsmäßig viel stärker durch die Stadt Osnabrück geprägt ist als die Planungsregion Münster durch die Stadt Münster. Daraus läßt sich die Vermutung ableiten, daß die Mitberücksichtigung der umgebenden Landkreise nicht zu einer vergleichsweise verfälschend niedrigen Ausweisung der Münsteraner Flugreiseintensität führt. Die Planungsregion Bielefeld als im Grundsatz ähnlich strukturierter Raum zeigt eine ähnlich hohe Flugreiseintensität, ohne eigenen internationalen Verkehrsflughafen. Die Planungs-

regionen Lingen und Arnsberg als ländliche, flughafenfernere Regionen weisen dagegen niedrigere Werte auf.

Für die angrenzenden Planungsregionen Dortmund, Essen und Duisburg im Ballungsraum Rhein-Ruhr sind demgegenüber höhere Werte festzustellen. Die dabei festgestellten Zahlen liegen allerdings sämtlich noch unterhalb des Mittelwertes für Regionen mit internationalen Verkehrsflughäfen; diese Regionen verfügen auch über keine solchen Flughäfen (Dortmund hat einen Regionalflughafen), liegen jedoch näher an dem bedeutenden Flughafen Düsseldorf. Insgesamt ergibt sich eine etwas paradoxe Situation: Einerseits weisen insgesamt die Planungsregionen mit internationalen Verkehrsflughäfen signifikant höhere Flugreiseintensitäten auf; andererseits zeigt die Planungsregion Münster - mit einem solchen Flughafen - eine geringere Flugreiseintensität als die Gesamtheit der umgebenden Planungsregionen ohne einen solchen Flughafen.

Tabelle 6:

Flugreiseintensität in der Planungsregion Münster und in den umgebenden Planungsregionen 1991

Planungsregion	Bevölkerung in Mio.	Fluggäste ¹⁾ in Mio.	Flüge ¹⁾ je Einwohner
303 Lingen	0,383	0,036	0,09
304 Osnabrück	0,578	0,097	0,17
502 Bielefeld	1,520	0,324	0,21
504 Arnsberg	0,553	0,083	0,15
505 Dortmund	1,191	0,412	0,35
506 Essen	2,674	0,849	0,32
507 Duisburg	1,261	0,330	0,26
501 Münster	1,437	0,282	0,20
zusammen	9,599	2,413	0,25

¹⁾ nur Abflug

Quelle: INTRAPLAN (Hg.): Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991, München 1995; eigene Berechnungen

Daraus läßt sich ersehen, daß der Flughafen Münster-Osnabrück jedenfalls de facto nicht so wirkt, wie typischerweise internationale Verkehrsflughäfen. Ein Vergleich der Flugtätigkeit am Platz Münster, in Köln-Bonn und in Frankfurt zeigt die tatsächlich unterschiedliche Angebotsmenge und -struktur.

Tabelle 7:

Gliederung der Starts

von den Flughäfen Münster-Osnabrück, Köln und Frankfurt

Starts nach Flugart bzw. Streckenzielkategorien	FMO 1990	FMO 1992	CGN 1992	FRA 1992
Starts insgesamt	27510	26241	62787	167316
nicht gewerblich	13523	14842	8698	3312
Rundflüge (Startort = Zielort)	6642	2510	5181	8
nach dt. Regionalflughäfen	1215	1677	6186	2214
nach dt. intern. Flughäfen	4255	5259	20955	38230
ins europäische Ausland	1826	1897	20527	90851
nach der übrigen Welt	49	56	1240	32701

Quelle: Stat. Bundesamt Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr 1990 und 1992; eigene Berechnungen

Mehr noch als die Absolutzahlen der Starts zeigt die Struktur die unterschiedliche Bedeutung der Flughäfen an; während in Münster/Osnabrück die nichtgewerblichen Starts, die Rundflüge und die Flüge nach Flugplätzen mit niedrigerem Rang etwa 70-75 % aller Starts ausmachen, sind es in Köln-Bonn nur mehr etwa ein Drittel, sowie in Frankfurt eher vernachlässigbare 3,3 %. Dagegen werden die Relationen zwischen Münster, Köln und Frankfurt umso dramatischer, je weiter die Streckenziele entfernt sind: Bei den Verflechtungen mit den anderen deutschen internationalen Verkehrsflughäfen sind die Proportionen etwa 1 : 4 : 7,5; bei Flügen ins europäische Ausland etwa 1 : 11 : 48, sowie bei Flügen in die übrige Welt etwa 1 : 22 : 584. Die Gegenüberstellung der Passagierzahlen bestätigt diesen Eindruck in weiter verschärfte Form: nach anderen deutschen internationalen Verkehrsflughäfen etwa 1 : 8 : 29, ins europäische Ausland etwa 1 : 8,5 : 77, sowie nach der übrigen Welt etwa 1 : 13 : 1104.

Tabelle 8:

Gliederung der Einsteiger

an den Flughäfen Münster-Osnabrück, Köln und Frankfurt

gewerbliche Einsteiger nach Streckenzielkategorien	FMO 1990	FMO 1992	CGN 1992	FRA 1992
gew. Einsteiger insgesamt	132042	199858	1683545	14993475
Rundflüge (Startort = Zielort)	-	-	-	128
nach dt. Regionalflughäfen	178	766	22219	43202
nach dt. intern. Flughäfen	84114	111126	884460	3203132
ins europäische Ausland	44552	83130	715858	6406728
nach der übrigen Welt	3198	4836	61008	5340285

Quelle: Stat. Bundesamt Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr 1990 und 1992; eigene Berechnungen

3.2 Fluggeschehen und CO₂-Emissionen 1990 und 1994

Das Jahr 1991, für das die unterschiedlichen Flughäufigkeiten dargestellt wurden, weist im Rahmen der zeitlichen Entwicklung des Luftverkehrs insofern eine Besonderheit auf, als - bedingt durch den Golfkrieg - der Luftverkehr und sein Energieverbrauch in diesem Jahr stagniert haben. Die für 1991 gezeigten Reisehäufigkeiten können demnach vereinfacht auch für 1990 angesetzt werden. Des weiteren bezieht sich die dargestellte Häufigkeit von 0,2 Abflügen je Einwohner und Jahr auf die gesamte Planungsregion Münster, also die Stadt Münster und die umgebenden Landkreise Steinfurt, Borken, Coesfeld und Warendorf. Nun ist zwar in der Tendenz davon auszugehen, daß die Flugreiseintensität in den Landkreisen geringer und in der Stadt Münster höher ist, Daten hierzu liegen jedoch aus der INTRAPLAN-Darstellung nicht vor; deshalb wird hier auch für die Stadt Münster der für die Planungsregion Münster ermittelte Wert eingesetzt. Aus dem Vergleich mit der Planungsregion Osnabrück konnte abgeleitet werden, daß der dabei eintretende Fehler gering sein würde.

Die Reiseweite im Luftverkehr kann für Deutschland insgesamt mit durchschnittlich etwa 2500 km abgeschätzt werden; dieser Wert ergibt sich aus einem 80 %igen Anteil grenzüberschreitender Flüge mit einer mittleren Reiseweite von etwa 3000 km und einem 20 %igen Anteil der Inlandsflüge mit eingestellten 500 km mittlerer Distanz.

Bei Bezugnahme auf die Beteiligung einer bestimmten Region bzw. eines bestimmten Flugplatzes ist generell davon auszugehen, daß wegen der hohen Paarigkeit im Luftverkehr je Abflug auch eine Ankunft entfällt, somit jeder Abflug für eine Flugreise von durchschnittlich 5000 km hin und retour steht. Für Münster ergibt sich bei Übertragung dieser Größen eine Flugkilometerleistung von rd. 1000 km je Einwohner im Jahr 1990. Eine Detaildurbanbeitung der regionalen Verflechtungsstruktur in dem von der Planungsregion Münster ausgehenden Flugverkehr könnte besser gesicherte Werte ergeben, die allerdings nicht maßgeblich von dem durch einfache Übertragung gebildeten Wert abweichen dürfte.

Tabelle 9:

Kenngrößen des Flugverkehrs der Münsteraner Bevölkerung 1990

Gegenstand	Einheit	Größe
Bevölkerung 1990		271943
Flugreiseintensität 1990	Abflüge / Einwohner	0,20
Gesamtzahl der Abflüge 1990		54389
Reiseweite je Abflug 1990	km	5000
Gesamte Flugdistanz 1990	Mio. Pkm	271,943
spezifischer Energieverbrauch 1990	kg Kerosin /Pkm	0,047
gesamter Energieverbrauch 1990	kt Kerosin	12,668
spezifische CO ₂ -Emissionen 1990	kg CO ₂ /kg Kerosin	3,16
gesamte CO ₂ -Emissionen 1990	kt CO ₂	40,030

Erläuterungen im Text

– die Genauigkeit der Angaben ist rechnerisch bedingt und entspricht nicht den Schätzunsicherheiten –

Der spezifische Energieverbrauch je Flugkilometer einer Person läßt sich nur etwas unscharf angeben, da im Luftverkehr der Personen- und der Gütertransport in erheblichem Umfang Koppelprodukte sind, und deswegen eine eindeutige Zuordnung der verbrauchten Energie nicht ohne weiteres möglich ist. Hier werden zunächst die Inlandsmarktabgabe an Kerosin (also die übliche Abgrenzung nach der Energiebilanz) und als zugehörige Verkehrsleistung die sogenannten Teilstreckenleistungen (also bis zur nächsten Landung und nicht bis zum endgültigen Bestimmungsort) zugrundegelegt. Je nach Gewichtung der Verkehrsleistungen im Güter-

transport mit 8 - 10 Pkm je tkm ergeben sich im Bezugsjahr 1990 Verbrauchswerte von 5,5 - 5,8 l Kerosin je 100 Personenkilometer, entsprechend etwa 5,7 - 6,0 l Benzinäquivalent. Über den treibstoffbezogenen Emissionsfaktor für CO₂, der nach Umweltbundesamt mit 3,16 kg CO₂ / kg Kerosin angesetzt wird, läßt sich der verkehrsbezogene Emissionsfaktor mit 0,14 - 0,15 kg CO₂ / Pkm bilden, zugrundegelegt werden hier 0,15.

Damit läßt sich - unter Einbeziehung der Bevölkerungszahl - die quantitative Situation 1990 beschreiben. Für 1994 wird zunächst vereinfachend angenommen, daß die Veränderungen in Münster den in Westdeutschland insgesamt zu beobachtenden entsprechen. Als vergleichsweise am besten abgesicherte Datenbasis wird direkt auf den Energieverbrauch in der Abgrenzung der Energiebilanz zurückgegriffen. Hierbei zeigt sich - mit der genannten Ausnahme des Jahres 1991 - eine systematische Verbrauchszunahme bei Luftfahrttreibstoffen, typischerweise mit 7 - 8 % pro Jahr (Alte Bundesländer, Inlandsmarktabgabe). Für 1994 zeigen vorläufige Angaben für Westdeutschland wieder eine Zunahme um etwa 8 % an, für ganz Deutschland um etwa 9 %; hier werden 8 % angesetzt. Insgesamt ergibt sich daraus für 1994 eine Anhebung um 23,6 % gegenüber 1990; ohne Golfkrieg wäre vermutlich eine noch stärkere Erhöhung zu erwarten gewesen.

Tabelle 10:

Fortschreibung der Kenngrößen des Flugverkehrs für 1994

Gegenstand	Einheit	Größe
gesamter Energieverbrauch 1990	kt Kerosin	12,668
Energieverbrauchszunahme 1990 - 1994	Prozent	23,6
gesamter Energieverbrauch 1994	kt Kerosin	15,656
spezifische CO ₂ -Emissionen 1994	kg CO ₂ /kg Kerosin	3,16
gesamte CO ₂ -Emissionen 1994	kt CO ₂	49,474

Erläuterungen im Text

– die Genauigkeit der Angaben ist rechnerisch bedingt und entspricht nicht den Schätzunsicherheiten –

Der vereinfachende Charakter einer Reihe von Einzelansätzen in dieser Betrachtung dürfte offensichtlich sein. Gleichwohl kann eine gute Plausibilität für die abgeleiteten

Größenordnungen der CO₂-Emissionen behauptet werden, die für den die Einwohner der Stadt Münster betreffenden Luftziel- und -quellverkehr im Jahr 1990 mit etwa 40 kt CO₂, sowie im Jahr 1994 mit etwa 50 kt CO₂ ermittelt wurden.

3.3 Fluggeschehen und CO₂-Emissionen in den Szenarien 2000 und 2005

Für die zukünftige Entwicklung können zwei mögliche Fälle gegeneinander konturiert werden: Zum einen wird von verschiedenen Seiten ein Ausbau des Flughafens Münster/Osnabrück propagiert; bei einem entsprechenden Ausbau auch des Verkehrsangebots kann eine Ausweitung der Flugreiseintensität auf Größen erwartet werden, wie sie auch in Regionen mit Verkehrsflughäfen mittlerer Bedeutung angetroffen werden. In einem anderen Fall kann als möglich unterstellt werden, daß der Flughafen Münster/Osnabrück weiterhin ohne nennenswerte Verkehrsbedeutung bleibt und entsprechend auch weiterhin zu keiner Erhöhung der Flugreiseintensität im Vergleich zu Regionen ohne Verkehrsflughafen führt.

Für den Fall ohne Angebotserhöhung am regionalen Verkehrsflughafen kann angenommen werden, daß sich die Intensität der Luftverkehrsnutzung durch die Münstersche Bevölkerung entsprechend den allgemeinen Zuwachsraten im Luftverkehr entwickelt, daß jedoch die relativen Unterschiede zu Regionen mit bedeutenderen Flughäfen erhalten bleiben. Ausgehend von dem Trendwert einer jährlichen Zunahme des Energieverbrauchs im Luftverkehr von 7,5 % wurde für die künftige Entwicklung bis zum Jahr 2005 eine mittlere Zuwachsrate von 5 % abgeleitet. Dieser um ein Drittel unter den Vergangenheitswerten liegende mittlere Wachstumspfad ist etwa gleichbedeutend mit einer gleichmäßigen Abnahme der jährlichen Zuwachsraten von aktuell 7,5 % auf 2,5 % im Jahr 2005.

Bedenkt man die gegebenen geringen Nutzungshäufigkeiten und die Distanzstruktur im Luftverkehr, so gibt es allerdings wenig Grund, eine künftige Erweiterung der Flugwünsche - in Anzahl und Entfernung - nur mit deutlich geringeren Raten als in der Vergangenheit anzunehmen; auch die gegebenen und absehbaren Preise im Luftverkehr machen im Vergleich zur erwartbaren Kaufkraftentwicklung eine künftig geringere Zuwachsrate kaum notwendig. Auf der anderen Seite ist für die nächsten 10 Jahre auch nicht erkennbar, daß die jährliche Effizienzsteigerung über das aus der Vergangenheit bekannte Maß von etwa 2 - 3 % pro Jahr hinausgehen würde; unter Einschluß dieser Effizienzsteigerungen aber war bislang eine Verbrauchsstei-

gerung von 7 - 8 % pro Jahr zu beobachten. Der angesetzte Wachstumspfad beim Energieverbrauch des Luftverkehrs von im Mittel 5 % ist daher als eher zurückhaltend gewählt einzustufen. Schon diese Wachstumsannahme führt allerdings - verglichen mit 1994 - im Jahr 2000 zu einem um etwa 34 % erhöhten Verbrauchswert, im Jahr 2005 zu einer Erhöhung um rd. 71 %; im Vergleich zu 1990 betragen die Erhöhungen etwa 66 % (2000) bzw. 111 % (2005). Für Wachstumspfade, die sich aus einer 2 % höheren bzw. niedrigeren jährlichen Wachstumsrate ergeben, wurden oben für Deutschland Ergebnisse dargestellt.

Im Falle einer Anhebung des Angebotsstandards des Flughafens Münster/Osnabrück auf das untere Niveau der Beeinflussung der Nutzungsintensität kann über die allgemeine Entwicklung hinaus eine Erhöhung der Flugreisehäufigkeit der Bevölkerung erwartet werden. Entsprechend der gegebenen Stufung der Reiseintensitäten im Jahr 1991 kann angesetzt werden, daß dann ein Erhöhung vom aktuellen Wert - der mit 0,2 Abflügen je Einwohner so ist, als gäbe es in der Region keinen Flughafen - um jenen Betrag erfolgt, daß die höheren Intensitäten der Regionen mit etwas bedeutenderen Flughäfen erreicht werden. Diese höheren Flugreiseintensitäten liegen derzeit mit 0,5 oder mehr Abflügen je Einwohner und Jahr mindestens auf dem zweieinhalbfachen Niveau der für Münster ermittelten Zahl.

Für den Ausbaufall wird deshalb eine über die allgemeine Steigerung hinausgehende Anhebung der Flugreiseintensität und des damit in Verbindung stehenden Energieeinsatzes um den Faktor 2,5 angesetzt. Damit wird der Rückstand gegenüber den Regionen mit Verkehrsflughäfen insgesamt nur zum Teil ausgeglichen, für einen vollen Ausgleich wäre eine Anhebung um den Faktor 4 erforderlich, was allerdings als etwas überzogene Erwartung gelten könnte. Zusammen mit dem allgemeinen Wachstum der Luftverkehrsintensität ergibt allerdings bereits der Angleichungsfaktor 2,5 - um an die Intensitäten von Regionen mit mäßig bedeutenden Flughäfen heranzukommen - mehr als eine Verfünfachung der Energieeinsätze von 1990 für den Luftverkehr.

Von einer Analyse der wechselseitigen Beeinflussung beider Fälle (also konkret der Beeinflussung der allgemeinen Wachstumsrate im deutschen Luftverkehr durch das Eintreten oder Nichteintreten der Bedeutungserhöhung des Flughafens Münster/Osnabrück) kann in der vorliegenden, allein Münster betreffenden Darstellung abgesehen werden.

Tabelle 11:

**CO₂-Emissionen aus dem Luftverkehr der Münsteraner Bevölkerung
in den beiden Szenariofällen und für die Jahre 2000 und 2005**

Gegenstand	Einheit	Szenario "allgemeiner Zuwachs"	Szenario "zusätzlicher Ausbau"
CO ₂ -Emissionen 1994	kt CO ₂	49,5	49,5
jährliche Zuwachsraten	Prozent	5,0	14,1
Gesamtzuwachs 1994 - 2000	Prozent	34,0	110,9
CO ₂ -Emissionen 2000	kt CO ₂	66,3	109,3
Gesamtzuwachs 2000 - 2005	Prozent	27,6	93,6
CO ₂ -Emissionen 2005	kt CO ₂	84,6	211,5

Erläuterungen im Text

– die Genauigkeit der Angaben ist rechnerisch bedingt und entspricht nicht den Schätzunsicherheiten –

4. Zusammenfassung

Insgesamt ist nach dieser Darstellung auch ohne Bedeutungsanhebung von FMO bis zum Jahr 2005 eine Erhöhung der jährlichen luftfahrtbedingten CO₂-Emissionen um 45 kt gegenüber 1990, bzw. um 35 kt gegenüber 1994 zu erwarten. Bei Anhebung der Flugreiseintensitäten an die Untergrenze der Regionen mit mäßig bedeutenden internationalen Verkehrsflughäfen, was insbesondere bei Anhebung des Angebots an das Niveau dieser mäßig bedeutenden Flughäfen zu erwarten sein könnte, erhöht sich der Erwartungswert für die zusätzlichen CO₂-Emissionen weiter ganz erheblich. Hier konnte nicht untersucht werden, ob eine derartige Angebotsverbesserung am Platz Münster tatsächlich erzielt werden kann; lediglich für den Fall, daß dies erreicht wird, kann abgeleitet werden, daß über den Fall ohne Angebotsverbesserung hinaus weitere rd. 125 kt CO₂-Emissionen aus dem Luftverkehr entstehen. Gegenüber dem Stand von 1990 wäre dies eine Anhebung um rd. 170 kt CO₂, gegenüber 1994 auch noch eine Erhöhung um etwa 160 kt CO₂ pro Jahr.

Auch für diese Zahlen ist zu berücksichtigen, daß es sich nicht um die CO₂-Emissionen des von FMO ausgehenden Luftverkehrs handelt, sondern um die Emissionen des Luftverkehrs der Münsteraner Bevölkerung. Wie BROCKHAGEN in detaillierter Form für Köln gezeigt hat²⁴, ergibt sich auch für diese Stadt mit einem vergleichsweise bedeutenderen Flughafen, daß der Großteil der vom Luftverkehr der Kölner ausgehenden Belastungen nicht aus dem Flugbetrieb im direkten Zusammenhang mit dem örtlichen Flughafen entsteht, sondern aus Flügen, die an anderer Stelle - in diesem Fall Frankfurt und Düsseldorf - beginnen.

Bedingt durch die sehr einfache Hypothesenbildung können die abgeleiteten Zahlen naturgemäß nur einen Anhalt für die in Rede stehenden Größenordnungen der Belastungsentwicklung abgeben. Verfeinerungen wären an vielen Stellen möglich und würden zu modifizierten Ergebnissen führen. So würden sich beispielsweise die CO₂-Werte für das Jahr 2000 signifikant erhöhen, würde man nicht konstant mit der mittleren Zuwachsrate rechnen, sondern - bei gleichem Mittelwert - mit schrittweise reduzierten Zuwachsraten. Vor allem aber würde sich das Gewicht der Problematik

²⁴ Dietrich Brockhagen: Der Flugverkehr der Stadt Köln und das Klimabündnis. Eine Konfliktanalyse, Wuppertal 1995

nachhaltig erhöhen, würde man nicht nur die CO₂-Emissionen betrachten, wie dies für Münster ausschließlich erfolgt ist, sondern die weiteren klimabelastenden Emissionen des Luftverkehrs, etwa entsprechend der oben entwickelten Modellbildung, mit berücksichtigen

Aufgrund der in allen Fällen weiterhin geringen Anzahl von Flugreisen je Einwohner und weiterhin geringen Zeitaufwände für den Luftverkehr erübrigt sich weiters für die vorliegende überschlägige Darstellung eine Gegenrechnung mit Entlastungen durch geringere Verwendung anderer Verkehrsträger: Auch die erheblichen mit der vermehrten Luftfahrt zusätzlich zurückgelegten Kilometer pro Person können als im wesentlichen erhöhter und nicht substituierter Verkehrsaufwand erwartet werden. Die Nachrangigkeit der verhältnismäßig kurzen bislang mit anderen Verkehrsmitteln zurückgelegten Wege zu außerhalb der Region liegenden Startflugplätzen liegt im übrigen auf der Hand; Klimaentlastungen infolge eines erhöhten Anteils kürzerer Anfahrten zum Startflughafen können die Belastungserhöhungen durch die Ausweitung des Luftverkehrs nicht nennenswert dämpfen.

Die großen hier in Rede stehenden CO₂-Mengen und die mögliche Entwicklungsdynamik begründen die Empfehlung V6 im Teil 1 des Endberichts; es schiene widersinnig, in einigen Sachbereichen mit großen Anstrengungen Einsparungen der CO₂-Emissionen durchzusetzen, wenn diese Anstrengungen durch Unachtsamkeit in anderen Bereichen wieder kompensiert würden.

Wegen der maßgeblichen Mitbeteiligung der außerhalb der Region Münster liegenden Flughäfen an der Klimabelastung durch den Flugverkehr der Münsteraner Bevölkerung und wegen der oben dargestellten insgesamt mit dem Flugverkehr verbundenen Probleme kann von einer vertieften Diskussion dieses Gegenstands in der Region Münster auch ein hilfreicher Beitrag zur generellen Problemlösung erwartet werden.

Literatur:

ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN: Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, jährlich

BOEING: Current Market Outlook 1992 und 1993; zitiert in: VEDANTHAM / OPPENHEIMER (1994)

BROCKHAGEN, Dietrich (1995): Der Flugverkehr der Stadt Köln und das Klimabündnis. Eine Konfliktanalyse, Wuppertal 1995

BM für Verkehr (Hg.): Verkehr in Zahlen, bearb. durch das DIW, Berlin, jährlich

DIW 1994: Personenverkehrsprognose für die Bundesrepublik Deutschland (Bearb.: Kloas / Kuhfeld), in: DIW-Wochenbericht 22/1994

ENQUETE-KOMMISSION "SCHUTZ DER ERDATMOSPHERE" (Hg.) (1994): Mobilität und Klima - Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik, Bonn 1994,

ENQUETE-KOMMISSION "VORSORGE ZUM SCHUTZ DER ERDATMOSPHERE" (Hg.) (1990): Schutz der Erde. Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik. 2 Bde, Bonn 1990

FISCHER, Roland (1995): Gewerblicher Luftverkehr 1994, in: Wirtschaft und Statistik 8/1995, S. 617 - 621

HÖPFNER, U. et al. (IFEU); WALDEYER, H. et al. (TÜV Rheinland) (1990): Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung und emissionsmindernde Maßnahmen im Verkehrssektor (Studienschwerpunkt A.1.4): Bericht für die Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, 1989. In: Energie und Klima, Bd. 2, Bonn 1990

IFEU-Institut: Verkehrsleistung und Luftschadstoffemissionen des Personenflugverkehrs in Deutschland von 1980 bis 2010; in Bearbeitung (Bearb.: Knisch / Reichmuth)

INTRAPLAN CONSULT GMBH u.a. (1995): Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991, München 1995, i.A. des BM für Verkehr, Forschungsbericht FE-Nr. 90 375/92

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1995): Climate Change 1994; Cambridge Univ. Press 1995, p. 30

JOHNSON, C. E. (1994): Global Warming from Aircraft NOx Emissions, in: Impact of Emissions from Aircraft and Spacecraft upon the Atmosphere, DLR-Mitteilung 94-06

KNISCH, Harald (1995): Verkehrsvermeidung, Projektarbeit Univ.-GH. Kassel, Fachbereich Stadtplanung/Landschaftsplanung, 1995, in Bearbeitung

SCHALLABÖCK, Karl Otto (1993): Zur Bedeutung des Luftverkehrs im klimapolitischen Verkehrsdiskurs, Wuppertal 1993

SCHALLABÖCK, Karl Otto (1995): Luftverkehr und Klima - ein Problemfall, Wuppertal 1995

SCHUMANN, U. (1993): On the Effect of Emissions From Aircraft Engines on the State of the Atmosphere, Oberpfaffenhofen 1993

SCHUMANN, Ulrich (1995) Schreiben an Schallaböck v. 15.03.95, zitiert in Schallaböck 1995

STATISTISCHES BUNDESAMT: Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr, jährlich

VEDANTHAM, Anu / OPPENHEIMER, Michael (1994): Aircraft Emissions and the Global Atmosphere - Long term Scenarios, New York 1994,

WMO (World Meteorological Organisation) (1995): Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994; Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37

In der Reihe "Werkstattberichte zum Umweltschutz" sind bisher folgende Titel erschienen:

Luftmeßkonzept	1/1988 (vergriffen)
Altlastenbericht, 1. Fortschreibung	1/1989
Luftqualität in Münster - April 1988 - März 1989 -	2/1989 (vergriffen)
Bodenbelastungsbericht - Schwermetalle	
und pH-Werte -	3/1989 (vergriffen)
Möglichkeiten zur Bewertung von Wasserschutzgebieten	
in Verdichtungsräumen	4/1989
Gewässeruntersuchung Meckelbach	5/1989 (vergriffen)
Grundwassergütebericht - Zwischenbericht	6/1989 (vergriffen)
Gewässeruntersuchung Edelbach	1/1990 (vergriffen)
Gewässeruntersuchung Gievenbach	2/1990
Luftqualität in Münster - April 1989 - März 1990 -	3/1990
Umwelterziehung	4/1990 (vergriffen)
Gewässerschutzprogramme für landwirtschaftliche	
Intensivgebiete	5/1990
Gewässerunterhaltung im Spannungsfeld zwischen	
Landwirtschaft, Wasserwirtschaft und Naturschutz	6/1990
Der Schutz des Hiltuper Sees	7/1990
Umwelterheblichkeitsstudie Preussen-Stadion	8/1990
Umweltpädagogik	Sonderheft '91
Kleinkläranlagen in Münster	1/1991
Bodenschutzkonzept	2/1991
Local solutions to global pollution - global denken,	
lokal handeln	3/1991
Gewässerbericht 1991	4/1991
Luftqualität in Münster - April 1990 - März 1991 -	5/1991
Stadtklima Münster	1/1992
Umweltverträgliche Landwirtschaft	2/1992
Gewässeruntersuchung Getterbach	3/1992
Grundwassergütebericht	4/1992
Benzoluntersuchung in Münster	1/1993
Zwischenbericht des Beirats für Klima und Energie	
der Stadt Münster	2/1993
Verkehrsbeschränkungen bei hoher Luftbelastung	
- Rechtsgutachten zu § 40 Abs. 2 BImSchG -	3/1993
Umweltbericht 1993	
Gewässergütebericht 1992	1/1994
DV-Grobkonzept	2/1994
Verzicht auf FCKW- und HFCKW-haltige Baustoffe	
in Münster	3/1994
Gewässeruntersuchung Nienberger Bach	4/1994
Umwelterziehung (Aktual. Nachdruck v. 4/1990)	1/1995
Aa-Konferenz -Dokumentation-	2/1995
Endbericht des Beirates für Klima und Energie der	
Stadt Münster 1995 Teil 1	3/1995
Bodenschutz - Dokumentation -	4/1995
Stillegewässer - Lebensräume für Pflanzen und Tiere	5/1995
Endbericht des Beirates für Klima und Energie der	
Stadt Münster Teil 2 - Erläuterungen	6/1995
Endbericht des Beirates für Klima und Energie der	
Stadt Münster Teil 3 - Dokumente	7/1995

Die vergriffenen Werkstattberichte können im Umweltbüro, Heinrich-Brüning-Str. 8, eingesehen werden

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Stadt Münster herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt für für Kommunal-, Landtags- und Bundestagswahlen sowie auch für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments.

Mißbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Eine Verwendung dieser Druckschrift durch Parteien oder sie unterstützende Organisationen ausschließlich zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder bleibt hiervon unberührt. Unabhängig davon, wann, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Stadtverwaltung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.