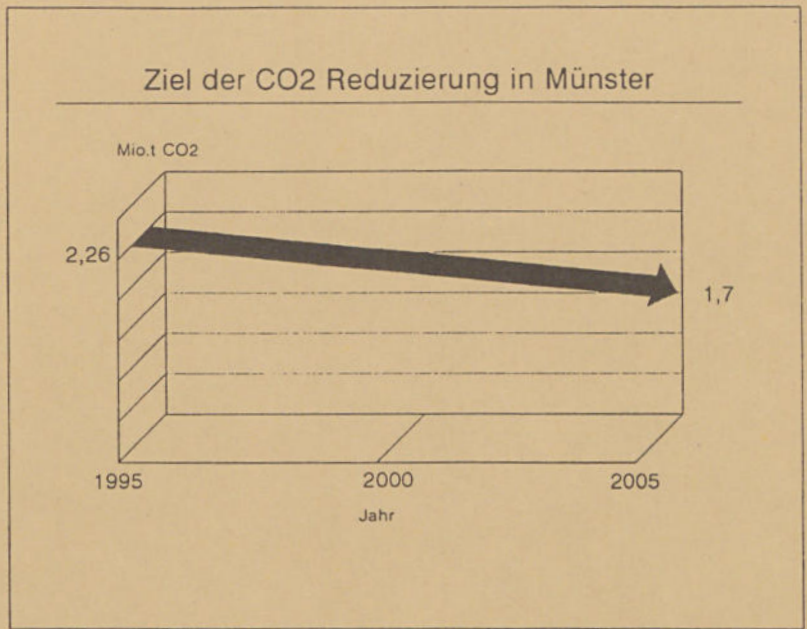


215 Bd. 2

3084730

STADT MÜNSTER

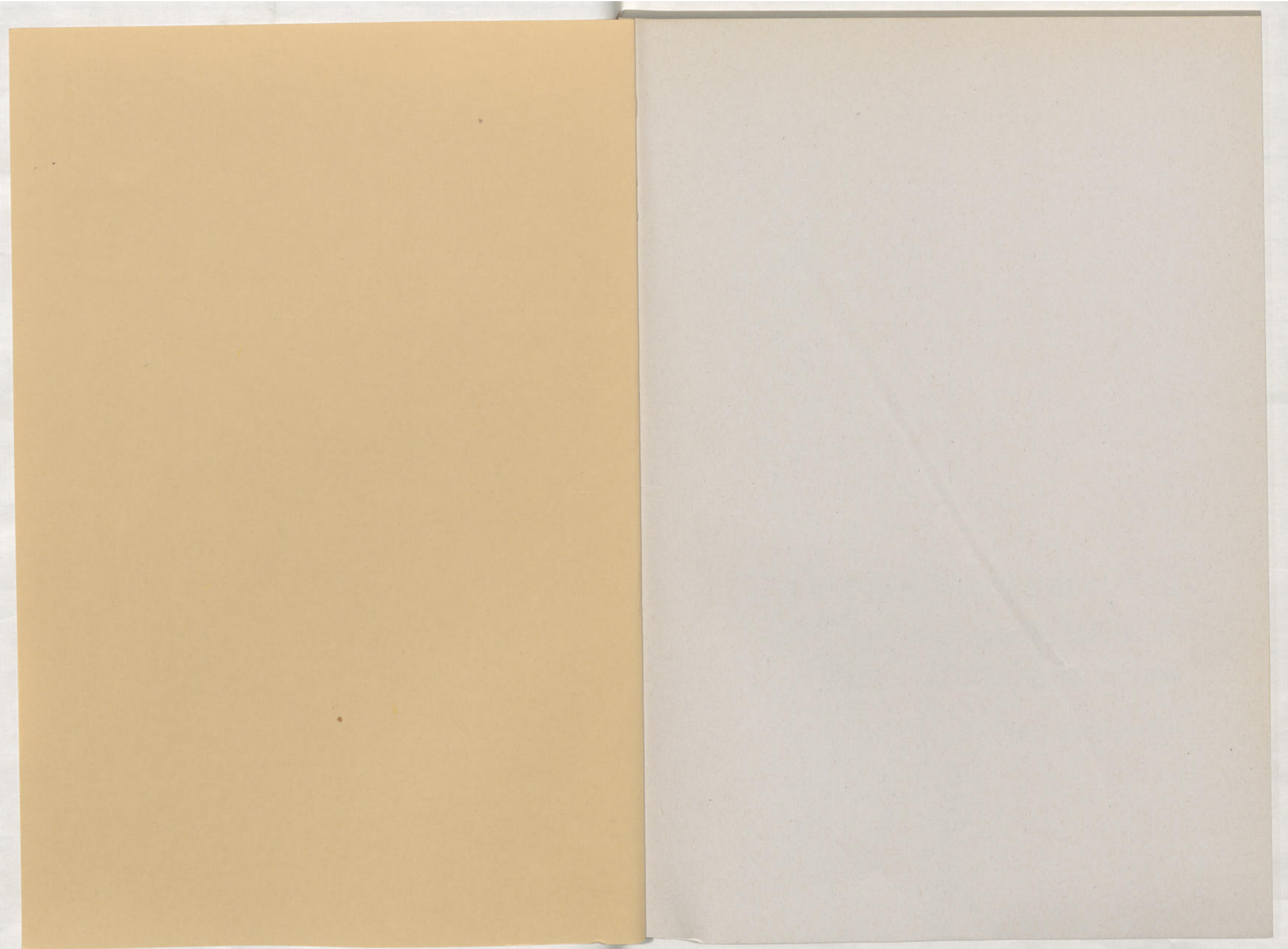


ENDBERICHT DES BEIRATES FÜR KLIMA UND ENERGIE DER STADT MÜNSTER 1995 Teil 2 Erläuterungen



Werkstattberichte
zum Umweltschutz

6/1995



ENDBERICHT DES BEIRATES
FÜR KLIMA UND ENERGIE
DER STADT MÜNSTER 1995

Teil 2 Erläuterungen

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: 1.000, November 1995
gedruckt auf Recyclingpapier

Gliederung

Verzeichnis der Abkürzungen und Einheiten	I
<u>1. Einleitung</u>	1
<u>2. Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich B, Haushalte und Wohnen/Bauen</u>	3
2.1 Ist-Zustand der CO ₂ -Emissionen in Münster 1990	3
2.2 Ansatzpunkte für CO ² -Reduktionen	4
2.2.1 Allgemeines	4
2.2.2 Ansatzpunkte für eine wirksame Energie- und CO ₂ -Reduktion	6
2.3 Wirkungsmechanismen und Begründung der Handlungsempfehlungen	7
2.3.1 Vorbemerkungen	7
2.3.2 CO ₂ -Minderungseffekte der einzelnen Handlungsempfehlungen	8
2.3.3 Wechselwirkungen und Synergie-Effekte	29
2.4 Zusammenfassung: CO ₂ -Szenarien und Ausblick	31
2.4.1 Basis CO ₂ -Szenarium	31
2.4.2 Klimaschutz-Szenarium	32
2.4.3 Grafische Darstellung der Szenarien	35
<u>3. Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich T, Stromeinsparungen im Tertiären Sektor (Kleinverbraucher)</u>	37
3.1 Bedeutung und Entwicklung des Sektors Kleinverbraucher	37
3.2 Der gegenwärtige Stand	38
3.3 Wirkungsmechanismen im Trend-Szenario	38

3.4	Maßnahmen zur Mobilisierung der Einspar- und Substitutionspotentiale in den einzelnen Branchen und Verwendungszwecken im Klimaschutz-Szenario	40
3.4.1	Gewerbe	40
3.4.2	Handel	42
3.4.3	Banken und Versicherungen	45
3.4.4	Dienstleistungen	48
3.4.5	Sonstige Einrichtungen	52
3.4.6	Mobilisierung der Stromsubstitutionspotentiale	60
3.4.7	Zusammenfassung der Potentiale zur Stromeinsparung, Stromsubstitution und CO ₂ -Vermeidung	62
3.5	Kosten und Kosteneinsparungen der Maßnahmen	66
3.5.1	Zusatzkosten für Stromeinsparung	66
3.5.2	Zusatzkosten durch Stromsubstitution	67
3.5.3	Bezugskosteneinsparung	68
3.5.4	Nettokosteneinsparung	68
3.6	Prioritäten und Umsetzung der Energieeinspar- und CO ₂ -Vermeidungspotentiale	69
3.7	Anhang - Tabellen 1 bis 15	71
4.	<u>Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich U, Energieumwandlung und Industrie</u>	85
4.1	Beschreibung des Arbeitsgebietes	85
4.2	Ist-Zustand der CO ₂ -Emissionen	86
4.2.1	Energieumwandlung	86
4.2.2	Industrie	89

4.3	Ansatzpunkte für CO ₂ -Reduktionen	91
4.3.1	Strategien	91
4.3.2	Schwerpunkte der Untersuchung	92
4.3.3	Akteure	94
4.4	Wirkungsmechanismen und Ableitung von Handlungsempfehlungen	97
4.4.1	Fortentwicklung des Heizkraftwerkes Hafen der Stadtwerke	97
4.4.2	Fortentwicklung des Heizkraftwerkes (der) Universität	108
4.4.3	Möglichkeiten des (verstärkten) Einsatzes von Kraft-Wärme-Kopplung in den beiden Großbetrieben der chemischen Industrie	117
4.4.4	Sonstiges	121
4.5	Szenarien	124
5.	<u>Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich V, Verkehr</u>	127
5.1	Einleitung	127
5.2	Verkehrsentwicklung, CO ₂ -Emissionen und Klimaschutz	132
5.2.1	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen des Verkehrs bis zum Jahr 2005	133
5.2.2	Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der verkehrlichen CO ₂ -Emissionen	135
5.2.3	Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik	140
5.3	Stadtverkehr Münster	142
5.3.1	Mobilität und Verkehr in Münster 1990-1994	143
5.3.2	CO ₂ -Emissionen des Verkehrs 1990 und 1994	152
5.3.3	Szenarien für die Entwicklung des Personenverkehrs der Stadt Münster bis 2005	155

5.3.4	Verkehrsentwicklung und CO ₂ -Emissionen unter Status-quo-Bedingungen: Das Basis-Szenario 2005	162
5.3.5	„ÖPNV-Offensive“ und die Entwicklung des Verkehrs sowie der CO ₂ -Emissionen bis 2005: Das Ziel-Szenario A	164
5.3.6	„ÖPNV-Offensive plus MIV-Restriktion“ -Verkehrsentwicklung und CO ₂ -Emissionen bis 2005: Das Ziel-Szenario B – Klimaschutz-Szenario –	166
5.3.7	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	168
5.4	Regionalverkehr im Münsterland	169
5.4.1	Ziel- und Quellverkehr 1990 und 1994 und dessen CO ₂ -Emissionen	170
5.4.2	Ziel- und Quellverkehr im Basis-Szenario und dessen CO ₂ -Emissionen	173
5.4.3	Szenario „ÖPNV-Offensive“ und dessen CO ₂ -Emissionen	175
5.4.4	Szenario „Klimaschutz“ und dessen CO ₂ -Emissionen	178
5.4.5	Zusammenfassung und Szenarienvergleich	180
5.5	Option Stadtbahn Münster	180
5.6	Flugverkehr	184
5.6.1	Zur Bedeutung des Luftverkehrs für die Klimabelastung	184
5.6.2	Die Bedeutung des Flughafens für das Fluggeschehen der Region	186
5.6.3	Fluggeschehen und CO ₂ -Emissionen 1990 und 1994	193
5.6.4	Fluggeschehen und CO ₂ -Emissionen in den Szenarien 2000 und 2005	196
5.6.5	Zusammenfassung	199
5.7	Anhang - Abbildungen V1 bis V8 und Tabellen V1 bis V5	203
5.8	Literatur	216

Verzeichnis der Abkürzungen und Einheiten

Abkürzungen:

BHKW	Blockheizkraftwerk
CH ₄	Methan
CKW	Chlorhaltige Kohlenwasserstoffe
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DV	Datenverarbeitung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe
FKW	Fluor-Kohlenwasserstoffe
GuD	Gas- und Dampfturbine
HFCKW	Wasserstoffhaltige FCKW
HKW	Heizkraftwerk
KLENKO	Koordinierungsstelle Klima und Energie
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCP	Least-Cost-Planning
NMVOG	Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NO _x	Stickoxide
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
SPNV	Schienen-Personennahverkehr
VEW	Vereinigte Elektrizitätswerke
VOF	Verdingungsordnung für freiberufliche Leistungen (im Entwurf)
WE	Wohneinheiten
WLE	Westfälische Landeseisenbahn
WSVO	Wärmeschutzverordnung

Einheiten:

°C	Grad Celsius
DM	Deutsche Mark
DM/t	DM pro Tonne
GWh	Gigawattstunde (= 1 Mio kWh)
kg	Kilogramm
kg CO ₂ /kWh _{therm}	kg Kohlendioxid pro Kilowattstunde thermische Leistung
kt	Kilotonne (= 1.000 Tonnen)
kt/a	kt pro Jahr
kW _{peak}	Photovoltaik Leistung bei 1 Kilowatt/m ² Sonneneinstrahlung
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	kWh pro Jahr
kWh/m ²	kWh pro Quadratmeter
kWh/m ² a	kWh pro Quadratmeter und Jahr
l	Liter
l/100 km	l auf 100 Kilometer
m ²	Quadratmeter
m ² /WE	m ² pro Wohneinheit
MW	Megawatt (= 1.000 kW)
MW _{el}	MW (elektrische Leistung)
MW _{peak}	1.000 kW _{peak}
MW _{th}	MW (thermische Leistung)
t	Tonne (= 1.000 kg)
t/a	t pro Jahr
tCO ₂ /a	t Kohlendioxid pro Jahr
Pfg/kWh	Pfennig pro Kilowattstunde
Pfg/m ²	Pfennig pro Quadratmeter
WE/a	Wohneinheiten pro Jahr

1. Einleitung

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 hier vorliegende 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.

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

Erläuterungen für den Bereich Haushalt und Wohnen/Bauen (B)

Prof. Dr. Helmut Weik

Erläuterungen für den Bereich Stromeinsparungen im Tertiären Sektor (T)

Prof. Dr. Wilfried Bach

Erläuterungen für den Bereich Energieumwandlung und Industrie (U)

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

Erläuterungen für den Bereich Verkehr (V)

Prof. Dr. Jürgen Deiters (Nahverkehr)

Dr. Karl-Otto Schallaböck (Regionalverkehr)

Die Beiträge wurden von den Verfassern inhaltlich bearbeitet, während das Umweltamt die einheitliche Gestaltung vorgenommen hat.

2. Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich B, Haushalte und Wohnen/Bauen

2.1 Ist-Zustand der CO₂-Emissionen in Münster 1990

Die Auswertung der statistischen Daten der Energieverbräuche der statistischen Bezirke in Münster von 1990 (Wärmeatlas 1992) und der Einwohnerzahlen aus demselben Jahr (Stadt Münster, Statistischer Jahresbericht 1992; Wohndaten jedoch aus Volkszählung 1987) ergab für die mittleren Flächen- bzw. Personen-bezogenen Jahres-Energieverbräuche und CO₂-Emissionen für Raumheizung und Brauchwasserversorgung (Details siehe Anhang W.2 in Teil 3) die folgenden Daten als Ist-Zustand 1990 im Bereich Haushalte und Wohnen für Münster:

Tabelle: Ist-Zustand im Bereich Haushalte und Wohnen in Münster

Gesamt-Endenergieverbrauch (inkl. Brachwasser)	2.186.228 MWh/a
Flächen-bezogener End-Wärmeenergieverbrauch	219,9 kWh/m ² a
Personen-bezogener End-Wärmeenergieverbrauch	7,95 MWh/P.a
Personen-bezogener Primär-Energieverbrauch	11,05 MWh/P.a
Gesamt-CO ₂ -Ausstoß für Niedertemperaturwärme	620.070 t/a
Flächen-bezogene CO ₂ -Emission	62,36 kg/m ² a
Personen-bezogene CO ₂ -Emission	2,25 t/P.a

Da die Gesamt-CO₂-Emission in Münster im Basis-Jahr 1990 2,260 Mio t/a betrug, d.h. pro Person 8,214 t/a, hatte der Bereich Haushalte/Wohnen einen Anteil von 27,4 %.

Rechnet man den Energie-Bedarf (und die CO₂-Belastung) für die Brauchwasserbereitung ab, wofür ein äquivalenter Flächenbedarf von 20,7 kWh/m²a angesetzt werden kann (Teil 3, W.1), und damit eine entsprechend anteilige CO₂-

Emission von 9,2 % der Gesamt-Emission, so ergeben sich die (mittleren) Verbrauchswerte für die Raumwärmeversorgung in Münster 1990 zu

Flächen-bezogener Raumwärme-Endenergieverbrauch	199,2 kWh/m ² a
Personen-bezogene CO ₂ -Emission für die Raumwärme	2,05 t/P.a

2.2 Ansatzpunkte für CO₂-Reduktionen

2.2.1 Allgemeines

Wie in einer speziellen Studie (Teil 3, W.3) detailliert gezeigt wird, ist es für eine Klima-verträgliche Energie-Verbrauchssituation in Münster erforderlich, den Primär-Energiebedarf für den Sektor ‚Wohnen‘ auf etwa ein Drittel des gegenwärtigen Standes herabzusetzen und für den Flächen-spezifischen (d. h. auf die Wohnfläche bezogenen) Raumwärmebedarf eine

End- (Nutz-) Wärmebedarfs-Kennzahl von 67 kWh/m²a

anzustreben (entsprechend 6,7 Liter leichtes Heizöl pro m² und Jahr), was jedoch nur durch Niedrigenergie-Bauweise und Nutzung der Solarenergie zu erreichen ist.

Wie aus Teil 3, W.2 zu ersehen (s. auch Ziffer 2.4), ist ein gewisser Trend zur Energieeinsparung zwischen 1990 und 1992 zu erkennen. So sind die flächen-bezogenen Werte für Wärmebedarf und personenbezogene Werte für CO₂-Emission zwar etwas zurückgegangen (um 0,7 bzw. 0,9 %); aber der Gesamt-wärmebedarf und der Gesamt-CO₂-Ausstoß im Bereich Wohnen haben leicht (um 0,9 bzw. 0,8 %) zugenommen. Auch hat eine gewisse Verschiebung der Energieträger-Anteile im Gesamt-Energieverbrauch stattgefunden (z. B. Zunahme des Stromanteils im Wärmesektor), die sich auf den Personenbezogenen CO₂-Ausstoß ausgewirkt hat.

Das Postulat „freiwilliges Energiesparen“, im Bausektor z. B. durch bessere Wärmedämmung der Gebäude, greift offenbar *allein* nicht richtig. Dafür sind mehrere Gründe denkbar. *Einer* ist wohl der, daß aufgrund des allgemein gestiegenen Wohlstands jeder einzelne – auch weil die Single-Haushalte zunehmen – mehr Wohnraum beansprucht als früher. Dadurch steigt der *Gesamt*-Wärmebedarf, obwohl die Wärmebedarfs-Kennzahl (in kWh/m²a), die den auf die *Wohnfläche* bezogenen Jahres-Energiebedarf angibt, sinken und vielleicht sogar der Wärmeschutzverordnung '95 genügen mag.

Zum andern hängt – und dies ist ein Hauptgrund für Münster – die Menge der CO₂-Emission von der benutzten Energieart ab: Eine „verbrauchte“ Strom-kWh verursacht *nahezu 5-mal so viel* CO₂ wie eine Erdgas-kWh (Tabelle 1). Daher muß, wenn es positiv auf den CO₂-Ausstoß wirken soll, das Werkzeug „Energiesparen“ *gezielt* eingesetzt werden, und vor allem dort, wo es aufgrund der großen Zahl einen wirklichen Beitrag leisten kann: im Altbaubestand.

Tabelle 1: CO₂-Emission pro kWh und pro Wohneinheit u. Jahr

Energieart	CO ₂ -Emissionen für die Wärmebereitstellung		
	kg/kWh	kg/WE.a	m ³ /WE.a
Erdgas	0,2	3.785,3	1,93
Heizöl, ex-leicht	0,27	5.110,2	2,60
Steinkohle	0,3296 ¹⁾	6.238,2	3,18
Fernwärme	0,35	6.624,3	3,37
Braunkohle	0,3995 ¹⁾	7.561,2	3,85
Strom (f. Wärme)	0,95	17.980,3	9,15

¹⁾ IZE-Stromdiskussion, Sonderheft „Weltklima in Gefahr?“, S.39-45, Frankfurt 1989

2.2.2 Ansatzpunkte für eine wirksame Energie- und CO₂-Reduktion

Aus den Erörterungen des vorigen Abschnitts und der Studie W.3 (Teil 3) folgt, daß eine wirksame CO₂-Reduzierung nur möglich ist, wenn

- die heute bevorzugte Methode, hohe Syntropie, d. h. große Mengen fossiler Energieträger, aus dem Energie-Reservoir der Erde zu holen und zwecks Energieerzeugung zu verbrennen drastisch verlangsamt wird;
- der Energieverbrauch merklich reduziert wird und die Energienutzung rationeller geschieht;
- die uns von der Sonne als Energie-„Zins“ von außen ständig zufließende solare Syntropie, also die regenerativen Energieträger Sonnenstrahlung, Wasser, Wind, Biomasse, – soweit irgend möglich – für terrestrische Zwecke eingesetzt werden, und so die durch oft unausweichliche Nutzung nicht-erneuerbarer Energieträger verursachte Entstehung von Abfallwärme und Kohlendioxid gebremst wird.

Nur auf diese Weise so ist das CO₂-Problem zu lösen, zumindest bezüglich der Energieversorgung im Bereich Bauen und Wohnen; und hier ist dies auch ohne allzu große Anstrengungen, und ohne Einbußen an Komfort und Bequemlichkeit, möglich. Für das Überleben der *Gattung Mensch*, die sich letztlich nur als Folge der Sonnen-Syntropie entwickelt hat, gibt es längerfristig keinen anderen Weg als *solares Bauen* und *solare Haustechnik*.

Relevant für die Nutzung der Sonnenenergie bei ökologisch sinnvoller Bauplanung und -ausführung ist vor allem die solarthermische Umwandlung von Strahlungsenergie in Sonnenkollektoren in warmes Wasser zum Waschen, Duschen und zum Heizen, daneben auch (in geringerem Umfang) die photovoltaische Direkt-Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie

mittels Solarzellen in Photovoltaikanlagen. Energieträger sind dabei die Solarstrahlung unmittelbar, sowie mittelbar auch (unter Verwendung der Wärmepumpentechnik) die Umgebungsluft.

Damit sind die für den Bereich Wohnen und Bauen/Haustechnik geeignet erscheinenden Ansatzpunkte für eine kommunale CO₂-Minderungsstrategie vorgegeben, die zu den Handlungsempfehlungen in Teil 1 geführt haben.

2.3 Wirkungsmechanismen und Begründung der Handlungsempfehlungen

2.3.1 Vorbemerkungen

Die in Teil 1 aufgeführten Handlungs-Empfehlungen für den Bereich Bauen/Wohnen (Kurzzeichen B; Abschnitt 2.1) wurden die beiden Gruppen:

1. Empfehlungen, die ohne Sachkosten für die Stadt zu merklichen CO₂-Reduktionen führen (Empfehlungen B1 bis B4)
2. Empfehlungen mit Kostenfolgen (Empfehlungen B5 bis B10)

eingeteilt. Dies geschah vor allem im Hinblick auf eine Kosten-Nutzen-Abschätzung der empfohlenen Maßnahmen und einer daraus abzuleitenden Dringlichkeit ihrer Realisierung.

Zur besseren finanziellen Beurteilung der empfohlenen Maßnahmen wurden im folgenden neben den entstehenden jährlichen Kosten für die Einleitung der Maßnahmen auch *CO₂-Vermeidungs-Kennzahlen* berechnet, definiert als die je Tonne vermiedener CO₂-Emission aufzuwendende Investition (in DM/t CO₂). Bei ihrer Bewertung ist jedoch zu bedenken, daß einzelne Handlungsempfehlungen neben dem CO₂-Vermeidungseffekt *zusätzlich auch* zur Gewinnung von

Nutzenergie führen. Dies ist der Fall bei den Handlungsempfehlungen B8 bis B10, die sich auf die Nutzung von regenerativen Energien beziehen.

Nachfolgend werden in Abschnitt 2.3.2 die Wirkungsmechanismen der CO₂-Reduzierungseffekte der einzelnen Maßnahmen erläutert und das Ausmaß der CO₂-Reduktion im Detail berechnet; soweit dies im Einzelfall möglich ist, werden auch die dafür aufzuwendenden Kosten abgeschätzt. Es wird sich zeigen, daß nicht alle Handlungsempfehlungen voneinander unabhängig sind; daher werden in Abschnitt 2.3.3 Wechselwirkungen der empfohlenen Maßnahmen erörtert.

2.3.2 CO₂-Minderungseffekte der einzelnen Handlungsempfehlungen

Die erste Gruppe der Empfehlungen (B1 bis B4) betreffen den Neubau von Wohnungen ebenso wie partiell auch den Altbau. Gemeinsam ist ihnen, daß sie auch ohne Sachkosten zu beträchtlichen CO₂-Reduzierungen führen können, sofern sie entsprechend angewendet werden; für ihre Umsetzung sind vor allem organisatorische Maßnahmen, aber auch entsprechender energiepolitischer Wille erforderlich. Die zweite Gruppe betrifft die energetische Altbauseanierung (Empfehlungen B5 bis B7), die nur mit z. T. erheblichen Investitionen zu merklichen CO₂-Reduzierungen führt, sowie Empfehlungen zum verstärkten Einsatz von regenerativen Energien (B8 bis B10).

Empfehlung B1 Energie-relevante und solar-gerechte Bebauungsplanung durch Südausrichtung der Gebäude und Ermöglichung von Nahwärmenetzen

Diese Handlungsempfehlung bezieht sich vor allem auf die Planung und Gestaltung von Neubaugebieten. Auf der kommunalen Planungsebene werden die

Weichen gestellt für einen späteren sparsamen – oder aber verschwenderischen – Verbrauch von Heizenergie und einen entsprechenden CO₂-Ausstoß.

Die Empfehlung ist daher als Grundvoraussetzung für Umwelt-schonendes Bauen anzusehen und führt – richtig angewandt – zu einer *signifikanten CO₂-Reduzierung*. Ihre Beachtung bzw. Durchführung erfordert lediglich eine „Energiesparende“ bzw. „solar-orientierte“ Planungsarbeit, die sich frei macht von (meist vom Bauträger bzw. Investor dagegen vorgebrachten und „verteidigten“) sog. „ökonomischen Zwängen“.

Auf Münster umgerechnete Strahlungs-Meßdaten belegen (Teil 3, W.4), daß die Drehung der Haupt-Nutzungsfassade einer Wohnung (mit 12 m² Fensterfläche) aus der Ost/West-Orientierung in die Südlage ein *Besonnungsplus der Wohnung während der Heizmonate von deutlich mehr als 30 %* bewirkt, was *per se* eine Wohnwertsteigerung bedeutet, bedenkt man die „antidepressive“ Wirkung der Sonne in der dunklen Jahreszeit. Der passiv-solare Heizenergie-Gewinn beträgt rund 6 kWh/m²a, relativ unabhängig vom Dämmstandard des Gebäudes (Raumwärmebedarfs-Kennzahlen von 75 bzw. 50 kWh/m²a wurden zugrundegelegt).

Da bei heutiger Planungspraxis die Gebäudeorientierung im B-Plan eher zufällig ist, greift die Empfehlung „nur“ zu 50 %. Bei einer mittleren WE-Größe in Münster von etwa 85 m² (Teil 3, W.1) kann *allein* durch die Festlegung im B-Plan, daß die Hauptnutzungsfassaden *aller* Wohngebäude eines neuen Siedlungsgebietes nach Süden zu orientieren sind, eine jährliche Energieeinsparung von etwa

$$6 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 85 \text{ m}^2/\text{WE} \times 0,5 = 255 \text{ kWh/WE}$$

erreicht werden.

Der Gesamt-CO₂-Effekt der Maßnahme hängt von der Neubaurate ab. Die mittlere Neubaurate der alten Bundesländer betrug 1993, auf die Einwohnerzahl von Münster umgerechnet, 1.655 WE/a (1994: 2.300 WE). Tatsächlich wurden gemäß Statist. Bericht der Stadt Münster 1/94 (S. 79) von März 1993 bis März 1994 insgesamt 1784 WE errichtet. Wird für die Abschätzungen zur Sicherheit eine Neubaurate von lediglich 1.600 WE/a angesetzt, so ergibt sich eine *Energieeinsparung von*

$$255 \text{ kWh/WE} \times 1600 \text{ WE/a} = 408.000 \text{ kWh/a.}$$

Für die Umrechnung in CO₂-Emissionsmengen werden die Daten aus Teil 3, W.1 und W.2 wie folgt benutzt:

Gemäß W.2 ergab die Auswertung der letzt-verfügbaren Einwohner- und Energiedaten für Münster (1992) einen Gesamt-Energiebedarf für den Niedertemperaturwärme-Bereich von 2.205.458 MWh/a (Flächen-bezogen: 218,3 kWh/m²a, inklusive Brauchwasserbereitung, für die – gemäß W.1 – 20,7 kWh/m²a anzusetzen sind). Die CO₂-Emissionen für Niedertemperaturwärme – berechnet mit den „harmonisierten Umrechnungsfaktoren“ – betragen 624.738 t/a (Personen-bezogen: 2,23 t/P.a; siehe W.2).

Der Raumwärme-anteilige Wärmebedarf betrug 1992 damit

$$(197,6 / 218,3) \times 2.205.458 \text{ Mwh/a} = 1.993.588 \text{ MWh/a,}$$

und die Raumwärme-anteiligen CO₂-Emissionen für dasselbe Jahr

$$(197,6 / 218,3) \times 624.738 \text{ t/a} = 565.500 \text{ t/a.}$$

Daraus resultiert die aufgrund des in Münster für die Wohnraumwärme eingesetzten Energiemixes die wichtige Umrechnung für die Energie-spezifische CO₂-Emission:

$$0,284 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}_{\text{therm}}$$

Demzufolge ergibt sich durch die „Sachkosten-freie“ Empfehlung eine jährliche CO₂-Vermeidung von rund 116 t/a, die sich solange akkumuliert (vergl. Abschnitt 2.4.2), wie sich das Stadtplanungsamt an die Empfehlung gebunden fühlt; so daß im Jahr 2005 insgesamt etwa 1.160 t/a CO₂ gegenüber heute vermieden werden können, sofern sofort, d.h. 1995, damit begonnen wird, die Empfehlung umzusetzen.

Zum Potential der Energieeinsparung durch Gebäudeorientierung nach Süden (= passiv-solarer Energiegewinn) kommt das *Potential* einer durch die dadurch günstigen bzw. erst sinnvoll möglichen *aktiven Solarnutzung*, z. B. für die solare Brauchwassererwärmung.

Gemäß Teil 3, W.5 erhöht sich durch Ausrichtung der Dach-Empfangsfläche von Ost/West nach Süden die *nutzbare Einstrahlung* um 250 bis 300 kWh/m²a; letzterer Wert war aus den Meßdaten der Winter- und Übergangsmonate 1994/95 auf das ganze Jahr hochgerechnet und in der Handlungsempfehlung B1 (Teil 1), zur Grundlage der Abschätzung der CO₂-Vermeidung gemacht worden. Nach den von August 1994 bis Juli 1995 (inklusive) in Lübeck durchgeführten und auf Münster umgerechneten Strahlungsmessungen betrug im Meßzeitraum das Plus an nutzbarer Einstrahlung durch Orientierungsänderung von Ost auf Süd rund 840 - 590 = 250 kWh/m²a (letztes Monatsviertel des Juli '95 geschätzt), so daß bei obiger Neubaurate, dem Gesamteffekt der Empfehlung von 50 % sowie bei 30 % Installationsrate (vergl. Empf. B8), 6 m² Kollektorfläche, und 35 % System-Wirkungsgrad

$$\text{eine Energieeinsparung von } 250 \times 0,3 \times 6 \times 0,35 \times 1.600 \times 0,5 = 126.000 \text{ kWh/a}$$

$$\text{und eine jährliche Kohlendioxid-Vermeidung von rund } 36 \text{ t/a}$$

resultieren, mit ebenfalls kumulativer Wirkung, solange die Empfehlung genutzt wird.

Angemerkt sei, daß auch eine Energie-relevante Bauleitplanung zur CO₂-Einsparung beiträgt, indem Feuchtgebiete oder Kuppenlagen, die sich durch niedrige Umgebungstemperaturen auszeichnen, vermieden werden. Eine möglichst kompakte Bebauung schafft außerdem die Voraussetzung für verkehrsvermeidende und damit CO₂-mindernde Nahwärmestrukturen.

Empfehlung B2 Schaffung von Energiespar-Bewußtsein durch Einführung eines Wärmepasses bei Altbauten

Ein Wärmepaß ist gleichsam die energetische „Erkennungsmarke“ eines Gebäudes und stellt zugleich seine Bewertung bezüglich des Wärmeverbrauchs und der CO₂-Emission dar. Er ist nach der Wärmeschutzverordnung '95 für Neubauten bindend vorgeschrieben und wird sich künftig beim Immobilienverkehr positiv auswirken.

Beim privaten Immobilien-*Altbauverkehr* werden die Wärmebedarfs-Kennzahlen vor allem an Bedeutung gewinnen, wenn durch Einführung einer Energie- oder CO₂-Steuer (woran längerfristig nicht zu zweifeln ist) die Energiepreise steigen, bzw. wenn die Sensibilität der Bürger bezüglich Klima- und Umweltschäden als Folge von steigenden, unnötigen Energieverbräuchen weiter zunimmt.

Das Ausmaß der durch diese Empfehlung initiierten Energieeinsparung und CO₂-Vermeidung ist nur schwer abzuschätzen. Nach vorsichtigen Annahmen kann der CO₂-Effekt bei 100 bis 5.000 t/a liegen, je nachdem, ob seitens der Stadt Münster die Empfehlung von entsprechenden Aufklärungs- und Informationskampagnen begleitet wird, so daß die Maßnahme eine „Eigendynamik“ entwickelt und zum „Selbstläufer“ wird.

Empfehlung B3 Festlegung des Dämmstandards von Neubau-Wohnungen auf Stadteigenem Baugelände und bei städtischen Gesellschaften auf Niedrigenergiehaus-Standard

Wird nach nach der WSVO 1995 gebaut, so ist (je nach AV-Verhältnis und Gebäudetypus) eine Wärmebedarfs-Kennzahl von 50 bis 100 kWh/m²a zulässig. Aus energetischer Sicht spricht nichts gegen einen höheren Wärmedämm-Standard, z. B. den von Niedrigenergie-Häusern. Pilotobjekte belegen, daß Wohngebäude mit einer Wärmebedarfs-Kennzahl von etwa 20 bis 50 kWh/m²a „risikolos“ realisierbar sind und sogar preisgünstiger sein können als herkömmliche Neubauten. Nach Untersuchungen an bisher gebauten, jedoch (noch) nicht Kosten-optimierten Niedrigenergiehäusern waren die Baukosten nur rund 3 bis 8 % bzw. ca. 15.000 DM für ein Einfamilienhaus höher als bei herkömmlich gedämmten Gebäuden. Dieser (sogar vermeidbare) Mehrpreis entspricht etwa den Kosten, die üblicherweise für die Garage aufgewendet werden.

Seitens der Kommune ist es ohne weiteres möglich, bei Siedlungen, die auf (vorher) Stadt-eigenem Gelände entstehen, diesen Dämmstandard im Kaufvertrag zu vereinbaren (und die Nichteinhaltung an eine Vertragsstrafe zu binden), um auf diese Weise eine erheblich höhere CO₂-Vermeidung zu bewirken, als es nach der WSVO '95 möglich ist.

Durch Festsetzung einer mittleren Raumwärmebedarfs-Kennzahl von 50 kWh/m²a reduziert sich der spezifische Jahreswärmebedarf gegenüber der WSVO '95 im Mittel um 40 kWh/m²a.

Werden von der insgesamt für Münster zugrundegelegten Neubaurate von 1.600 WE/a (siehe Empfehlung B1) etwa 800 Wohneinheiten auf städtischem Baugrund errichtet (Schätzung), so daß sie damit der Forderung eines gegenüber der WSVO '95 verminderten Wärmebedarfs unterliegen, so ergibt sich bei

Annahme einer in Anbetracht derallgemein steigenden Wohnraumsprüche relativ niedrig angesetzten mittleren Fläche der Wohnungseinheit von 85 m^2 (der Mittelwert betrug für Münster gem. Volkszählung 1987: $86,9 \text{ m}^2/\text{WE}$; vergl. Teil 3, W.1) eine

Energieeinsparung von $40 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 85 \text{ m}^2/\text{WE} \times 800 \text{ WE} = 2,72 \times 106 \text{ kWh/a}$
und eine jährliche Kohlendioxid-Vermeidung von 772 t/a .

Empfehlung B4 Administrative Maßnahmen zur Energiereduzierung durch Kontrolle der Wärmeschutzverordnung, Festsetzung von Mietobergrenzen und Besetzung von Preisgerichten mit Energiefachleuten

Die in dieser Empfehlung subsumierten Maßnahmen tragen zwar nur mittelbar zur Energieeinsparung bei, sind aber effizient, wenn sie konsequent angewandt werden.

Die Vorschriften der Wärmeschutzverordnung '95 werden (erfahrungsgemäß) nicht befolgt, wenn es keinerlei Kontrollen gibt. In Münster ist die Überwachung und Kontrolle derzeit nicht möglich und wird auch nicht praktiziert. Damit fehlt eine ganz wichtige Voraussetzung für ein energiesparendes Bauen, d.h. eine der WSVO entsprechende Gebäudedämmung und damit die Limitierung des CO_2 -Ausstoßes.

Es kann davon ausgegangen werden, daß eine Prüfung der eingereichten Wärmeschutzmaßnahmen und die – wenigstens stichprobenweise – Überwachung der Bauausführung sowie Belegung von Zuwiderhandlungen mit drastischen Strafen (wie es das Energie-Einsparungsgesetz vorsieht) eine deutliche „Ausstrahlungskraft“ haben wird, so daß es in kurzer Zeit in Münster keine Verstöße gegen die Vorschriften der geltenden WSVO mehr geben wird.

Die Wohnungsförderungsbestimmung zur Erhöhung der Kostenmiete im öffentlich geförderten Wohnungsbau läßt bei zusätzlichen Maßnahmen zur Energieeinsparung eine Erhöhung bis zu 50 Pfg/m^2 zu. Diese Möglichkeit wird in Münster bisher nicht genutzt. Darüber hinaus sollte sich die Stadt dafür einsetzen, daß die Vorschläge des Beirats, nach Energieverbrauchs-Kennwerten gestaffelte Mietobergrenzen vorzusehen, umgesetzt werden, um Bauherren zu zusätzlichen Wärmedämm-Maßnahmen zu bewegen und so zu einer CO_2 -Reduzierung beizutragen. Als Richtwerte für Mietobergrenzen im öffentlich geförderten Wohnungsbau durch das Land NRW sollten gelten: Mieterhöhung von 50 Pfg/m^2 bei Einhaltung der aktuellen Wärmeschutzverordnung; Erhöhung um 80 Pfg/m^2 bei einem Heizenergiebedarf von maximal $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; Mieterhöhung von 1 DM/m^2 bei weniger als $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Größere Neubauvorhaben gehen in der Regel aus Architektenwettbewerben hervor; den Preisgerichten gehören nach der gängigen Praxis keine Energietechniker oder Bauphysiker an. Dies führt im allgemeinen dazu, daß energetisch nicht optimale Bauentwürfe prämiert und ausgeführt werden, was sich in der Folge ungünstig auf den Energiebedarf der Objekte, im wesentlichen öffentliche Gebäude, also Verwaltungsgebäude, Schulen, Krankenhäuser, etc. (vergl. die Empf. B6) und die CO_2 -Emissionen auswirkt.

Es ist nicht ausreichend, daß ein Energietechniker oder Bauphysiker *lediglich beratend* und nur gelegentlich als Sachverständiger hinzugezogen wird; er muß Sitz und Stimme haben. Dies wird in der Novelle der VOF 1995 auch zwingend vorgeschrieben, wenn der Bauherr bei der Auslobung als wesentliches Ziel der Baumaßnahme die Energie-sparende Bauweise definiert hat. Die Sichtweise eines Stadtplaners oder/und Architekten ist eine ganz andere als die eines speziell auf Energie- und Klimabelange orientierten Fachmannes, der z. B. Gesichtspunkte wie Funktion oder Ästhetik eines Bauobjekts anders beurteilt als ein Stadtplaner, dem wiederum die Energiebelange oft nur zweitrangig sind

(wofür es bedauerlicherweise viele Beispiele aus der jüngeren Zeit in vergleichbaren Großstädten gibt). Nur die Synergie vieler Sachkompetenzen (von denen solares Bauen und solare Haustechnik nur Teilaspekte sind) kann eine in jeder Richtung optimal befriedigende Objektplanung bewirken.

Empfehlung B5 Energetische Sanierung von Altbau-Wohngebäuden durch ein Förderprogramm „Altbausanierung“

Es wird sich zeigen, daß die empfohlenen Maßnahmen zu energetischen Sanierung der Altbausubstanz der Stadt Münster wegen der großen Anzahl der zu sanierenden Gebäude das größte Kohlendioxid-Einsparpotential haben, und dies daher vorrangiges Ziel der Klima-relevanten städtischen Aktivitäten sein muß. Sie betreffen den privaten Wohnungssektor (Empfehlung B5) ebenso wie die öffentlichen Gebäude, also Verwaltungsgebäude und vor allem Schulen, für die in B6 spezielle Empfehlungen ausgesprochen wurden.

Eine merkliche CO₂-Effizienz ist jedoch nur durch Maßnahmen zu erreichen, die z. T. erhebliche Sachkosten verursachen. Bei den unten gemachten Kostenangaben ist anzumerken, daß Betriebskosteneinsparungen im Prinzip mitberücksichtigt sind, d. h. die angegebenen Kosten Netto-Investitionskosten darstellen.

Gemäß Anhang W.2 lagen die mittleren Flächen-spezifischen Raumwärme-Endenergieverbräuche (ohne Brauchwasseranteil) in Münster 1992 bei knapp unter 200 kWh/m²a, sind also im Vergleich zu anderen Städten mit etwa gleicher Jahres-Gradtagzahl als überdurchschnittlich einzustufen. Gemessen an dem von der WSVO '95 angegebenen Richtwert für den Geschoßwohnungsbau liegen sie um rund 150 kWh/m²a zu hoch. Hier ist ein immenses Energie-Einsparungs- bzw. CO₂-Vermeidungspotential vorhanden, das unbedingt genutzt werden sollte. Gezielte Maßnahmen bezüglich der Gebäudedämmung würden

den Jahreswärmebedarf senken und hätten den zusätzlichen Effekt der Steigerung der Wohnbehaglichkeit, weil die Innentemperaturen an gut gedämmten Außenflächen im Winter um bis zu 5 Grad höher sind als an den Wänden der allgemein schlecht gedämmten Bausubstanz der 50iger oder 60iger Jahre.

Es sollte unbedingt angestrebt werden, in einem absehbaren Zeitraum den mittleren Raumwärmebedarf aller Wohnungen in Münster durch „kleinere Sanierungsmaßnahmen“ wie Einbau besserer Fenster und/oder Dämmung im Dachbereich um etwa 50 kWh/m²a zu reduzieren, was rechnerisch etwa einer „energetischen Voll-Sanierung“ von 30 % der rund 111.700 WE (Wohneinheiten) gleichkäme. Durch flankierende Maßnahmen seitens der Stadt wie Informationskampagnen (z. B. über die erwähnte Steigerung der Wohnbehaglichkeit), die Einführung eines Wärmepasses (Empf. B2), ein gezieltes städtisches Förder- oder Sanierungsprogramm, o. ä., könnte auch eine entsprechende Verhaltensänderung der Bürger bewirkt werden, wozu auch Anreize durch Prämien, etc. als geeignete Mittel erscheinen.

Gelänge es, den mittleren End-Raumwärmebedarf in Münster von jetzt 200 kWh/m²a auf (zunächst „nur“) 150 kWh/m²a zu reduzieren, so ergäbe sich bei einem mittleren Flächenbedarf pro Person von 36,14 m²/P (Volkszählung 1987) und einer Einwohnerzahl (1992) von 279.593 (Anhang W.1 und W.2), also einer Gesamt-Wohnfläche in Münster rund 10,1 Mio m² nach Abschluß der Sanierung *gegenüber heute* eine

$$\text{Energieeinsparung von } 10,1 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 50 \text{ kWh/m}^2\text{a} = 505 \times 10^6 \text{ kWh/a,}$$

was bei dem jetzigen Endenergiemix (0,284 kg CO₂/kWh), s.o., eine jährliche Kohlendioxid-Vermeidung von 143.000 t/a. bewirkt. (Zusätzliche CO₂-Vermeidung ist durch Einsatz solarer Techniken, z. B. für die Brauchwasserbereitung, möglich und erstrebenswert (s. u., Empf. B8).

Die *Abschätzung der Kosten* ist aus mehreren Gründen sehr schwierig. Zunächst ist es sinnvoll, die energetische Sanierung dann durchzuführen, wenn ohnehin Fenster, Fassade und/oder Dach erneuert werden müssen. Hierdurch können etwa zwei Drittel der anfallenden Kosten der Erneuerung angerechnet werden.

Im Grunde können Kostenangaben für eine energetische Sanierung nur grobe Schätzwerte sein, weil zum einen jede Dämm-Maßnahme dem jeweiligen Objekt angepaßt und je nach Situation sehr unterschiedlich ausfallen wird. Zum andern sind bei einer systematischen Sanierung in erster Linie Außenwände und Fenster betroffen; Zweckmäßig sind aber Angaben, die auf die Wohnfläche bezogen werden können, weil diese auch für Wärmebedarfs-Kennzahl herangezogen wird.

Trotz dieser inhärenten Schwierigkeiten soll versucht werden, eine Größenordnung anzugeben, die dann in Beziehung zur CO₂-Vermeidung pro anno gesetzt werden kann. Man erhält auf diese Weise eine *CO₂-Vermeidungskennzahl* (Einheit DM pro Tonne CO₂; also gleich dem finanziellen Aufwand zur Vermeidung von einer Tonne CO₂. Vergl. H.Weik in „Solar-City“, S.183 - 223; Beltz, Weinheim, 1992).

Wir legen für die Dämmung der Außenwand Kosten von etwa 140 DM/m² zugrunde, und für die Fenster etwa 800 DM/m². Wird ein Fensterflächenanteil von 20 % angesetzt (bei Altbauten etwa die Regel), so ergibt sich ein effektiver Sanierungsaufwand von

$$800 \text{ DM/m}^2 \times 0,2 + 140 \text{ DM/m}^2 \times 0,8 = 280 \text{ DM pro m}^2 \text{ Außenwandfläche.}$$

Im Mittel dürfte bei Altbauten (z. B. Geschöß-Wohnungsbau hoher Dichte) ein Verhältnis von Außenwand : Wohnfläche von (2 bis 3) : 1 gelten. Wählen wir

2 : 1, (also $2 \text{ m}^2_{\text{Außenwand}} = 1 \text{ m}^2_{\text{Wohnfläche}}$), so ergeben sich energetische Sanierungskosten in Höhe von

$$280 \text{ DM/m}^2_{\text{Außenwand}} \times 2 (\text{m}^2_{\text{Außenwand}}/\text{m}^2_{\text{Wohnfl.}}) = 560 \text{ DM/m}^2_{\text{Wohnfl.}}$$

Die Reduzierung des Wärmebedarfs von 200 auf 150 kWh/m²a entspricht etwa 33 % des nach der WSV0 '95 anzustrebenden Wertes, so daß für die Gesamt-Wohnfläche von Münster ein Kostenaufwand entsteht von

$$10,1 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 0,33 \times 560 \text{ DM/m}^2 = 1.850 \text{ Millionen DM.}$$

Die Maßnahme bewirkt für mindestens 40 bis 50 Jahre (= Lebensdauer des sanierten Gebäudes) eine CO₂-Reduzierung gegenüber heute von 143.000 t/a. Erst danach ist (im Mittel) eine neue Investition für denselben CO₂-Effekt zu tätigen; die jetzige also sozusagen „aufgebraucht“. Daraus errechnet sich eine CO₂-Vermeidungs-Kennzahl zu

$$(1.850 \times 10^6 \text{ DM/50 a}) : 143.000 \text{ t/a} = 260 \text{ DM pro t CO}_2.$$

(bzw. 325 DM/t bei einer angenommenen Lebensdauer der Maßnahme von 40 Jahren.)

Wird für die Sanierung ein Zeitrahmen von 10 Jahren veranschlagt, also als Zieljahr 2005 angesetzt, so ergäben sich jährliche Gesamtkosten für die empfohlene Maßnahme von 185 Mio DM pro Jahr. Wenn die Stadt davon etwa 30 % als Förder-Maßnahme übernehme, d.h. die betroffenen Haus/Wohnungseigentümern mit den restlichen 70 % belastete (worin rein rechnerisch die dann resultierenden Energie/Kosteneinsparungen enthalten sind), würde die Sanierungs-Maßnahme den städtischen Etat für die nächsten 10 Jahre mit 55 Mio. DM pro Jahr belasten.

Empfehlung B6 Energetische Sanierung von öffentlichen Gebäuden und Einführung des Niedrigenergiehausstandards für städtische Neubauten

Diese Empfehlung berührt ein ebenfalls wichtiges Handlungsfeld, das vor allem wegen seiner Vorbildfunktion bedeutsam ist: Wenn die Stadt vom Bürger die Bereitschaft zum Energiesparen (und damit verbunden auch finanzielle Opfer) erwartet, muß sie mit gutem Beispiel vorangehen. Das betrifft die Verwaltungsgebäude ebenso wie andere öffentliche Gebäude, z. B. Schulen, Bäder, etc.

Im Teil 3, W.6 werden Energieverbrauchsdaten der Schulgebäude in Münster präsentiert, die in den letzten Jahren erhoben wurden. Die zur Verfügung gestellten Meßdaten waren z. T. allerdings recht lücken- und auch fehlerhaft, was wohl mit der Ungeübtheit mancher Hausmeister oder fehlerhaften Flächenangaben zusammenhängt.

In den letzten Jahren sind fast alle Schulen *technisch saniert* worden (Substitution von Elektro-Speicherheizungen durch Gasheizanlagen, z. T. mit Brennkessel; automatische Regelungen; hydraulischer Abgleich der Systeme), wodurch – im besonders günstigen Fall der Kard. v. Galen-Schule – der flächenspezifische Wärmebedarf über 50 % (im Mittel der Jahre 1992 bis 1994 auf 180 kWh/m²a) gesenkt werden konnte. Der mittlere Wärmebedarf der Schulen liegt (soweit verlässliche, d.h. auswertbare Daten vorlagen) bei nahezu 250 kWh/m²a.

Ziel der Bemühungen muß sein, zu einer weiteren Senkung zu gelangen, was aber nur durch – kostenintensive – *bauliche Sanierung* geschehen kann. Da es sich bei den öffentlichen Gebäuden um großflächige Bauobjekte handelt, erbringt schon eine geringe Reduzierung des spezifischen Wärmebedarfs eine signifikante CO₂-Vermeidung.

Als Beispiel sei hier das *Schulzentrum Wolbeck* genannt; es ist Gas- und Heizölwärmeversorgt (73,5 % Gas; Rest Heizöl). Der spezifische Jahres-Wärmebedarf von 215,9 kWh/m²a führt bei 16.632 m² Gesamtfläche zu einem Jahresenergiebedarf von 3.590.900 kWh/a. Mit den Umrechnungen (für Münster) 200 t CO₂/10⁶ kWh (Gas) und 270 t CO₂/10⁶ kWh (Heizöl) ergibt dies eine jährliche CO₂-Emission von 777 t/a. Könnte durch die bauliche Sanierung der Wärmebedarf um lediglich 26 % eingespart werden (= Anteil des Heizöls), so würden mehr als 250 t CO₂ pro Jahr vermieden (= 33 %).

So gesehen, besteht bei den ca. 80 Schulgebäuden (mittlere Nutzfläche ca. 4.000 m²) ein beträchtliches CO₂-Vermeidungspotential durch bauliche Sanierung, das (bei nur 30 kWh/m²a Einsparung), – ganz grob – auf 2.000 t/a geschätzt wird. Es wäre in diesem Zusammenhang empfehlenswert – vielleicht als Studienarbeit im Rahmen der Fachhochschule Münster – die Energieverbräuche der Schulen und anderer öffentlicher Gebäude und die zugehörigen Nutzflächen genauer zu vermessen, um daraus die für jedes Objekt geeignete energetische Sanierungsmaßnahme (inklusive der baulichen, und dies auch unter Einschluß von Solartechniken) herauszufinden.

Im Bereich der Schulen sollten vor allem verhaltensbedingte Einsparpotentiale unter Einbeziehung der Schüler, Lehrer und Hausmeister weiter ausgeschöpft werden. Als Beispiel sollte ein Programm nach Muster des hamburgischen „fifty-fifty“-Modells erwogen und gegebenenfalls durchgeführt werden, bei dem die Schulen an der Energieeinsparung mitwirken und an den Einsparungen finanziell beteiligt werden. (In ähnlicher Form sind solche Aktionen auch für andere städtische Gebäude sinnvoll.)

Als vorteilhaft könnte sich erweisen, die Energie-Einsparmaßnahmen so an das spezielle Schulobjekt zu binden, daß auf diese Weise die Schüler „lernend“ an Energie- und Klimaprobleme herangeführt werden und sich der jeweiligen Schul-

leiter mit der erreichten CO₂-Vermeidung identifiziert. Ein fruchtbarer Wettstreit der Schulen wäre die Folge.

Da schon bei der Planung eines Neubaus dessen Energiebedarf und CO₂-Emission auf Jahre hinaus vorbestimmt wird (vergl. die Erläuterung zu Empfehlung B1), hat die Stadt die Möglichkeit, insbesondere im Bereich der kommunalen Gebäude frühzeitig darauf einzuwirken, daß die städtischen Neubauten ausschließlich energiegerecht geplant und nach Niedrigenergiehaus-Standard (30 bis 50 kWh/m²a) gebaut und mit möglichst geringen Stromverbräuchen angelegt werden. Auch die Nutzung der solarthermischen Techniken sollte in die Planungen einbezogen werden (vergl. Empf. B8 und B9).

Empfehlung B7 Demonstrationsobjekt zur Altbausanierung

Demonstrationsobjekte zur nachträglichen energetischen Verbesserung bestehender Altbausubstanz lösen erfahrungsgemäß bei den Bürgern ein lebhaftes Interesse aus und haben starke Vorbildwirkung. Insbesondere können sie deutlich machen, welchen Energie-Einspareffekt die jeweiligen Maßnahmen tatsächlich nach sich ziehen, und wie hoch die Kosten für die einzelnen Schritte der energetischen Sanierung sind. Für die vorgesehene Zielsetzung ist es zweckmäßig, ein Gebäude aus einer bezüglich des Gebäudebestandes in Münster „typischen“ Bauperiode (1950 bis 1970) auszuwählen und die Energieverbräuche *vor* und *nach* der Sanierung zu messen.

Auch bei dieser Maßnahme sind geeignete Informationsveranstaltungen seitens der städtischen Ämter unerlässlich, damit ein wirksamer Nachahme- („Sog-“) Effekt entstehen kann. Dafür sind nach Möglichkeit an dem Demonstrationsobjekt geeignete Räume für die Besichtigung vorzusehen.

Empfehlung B8 Förderprogramm für solare Brauchwasserbereitung: „200 Solardächer für Münster“

Wie in Teil 3, W.3 detailliert erörtert, ist die Nutzung von solarer Energie (thermisch wie photovoltaisch) das einzige „Werkzeug“, durch dessen Einsatz der Klima-Bedrohung durch Kohlendioxid ernsthaft begegnet werden kann und ihr Einsatz im Bau- und Wohnbereich (aber auch für die Wärmeversorgung der öffentlichen Gebäude, z. B. Schulen, öffentliche Bäder, Sportanstalten, etc.) sinnvoll ist.

Das Ausmaß der CO₂-Vermeidung durch solare Brauchwasserversorgung hängt (außer von der Effizienz der Komponenten) naturgemäß von der Anzahl der installierten Anlagen ab. In Teil 3, W.1 wurde mit Installationsdichten von 10 bis 30 % gerechnet, je nach statistischem Bezirk (entsprechend 23 % als gewichtetes Mittel).

Diese Installationsdichte (Installationswahrscheinlichkeit) kann als durchaus „realistisch“ angesehen werden: Nach einer Studie des Umweltamtes Rostock (240.000 Einwohner) wurden dort bei der Altbausubstanz: 62 % der Gebäude als *gut-* und weitere 14 % als *bedingt geeignet* für die Installation von Kollektoranlagen eingestuft (Information von der 3. Norddeutschen Klima-Konferenz Rostock, 24./25.02.1995).

Effiziente Kollektoren erbringen in der Bundesrepublik Deutschland heute im Mittel eine 55 bis 60 %ige solare Jahres-Deckungsrate des Brauchwasser-Wärmebedarfs (= solar erzeugter Anteil der pro Person erforderlichen Jahres-Wärmeenergie von 900 kWh/P.a für täglich 50 Liter 50 bis 55-gradigem Wasser pro Person). Daraus ergibt sich (mit den Einwohnerzahlen für 1992) bei einer mittleren Anlage-Dichte von 0,23 (= 23 %; s.o.) im Altbaubestand von Münster

eine jährliche solare Nutzenergie (= Energieeinsparung sonst fossil oder nuklear erzeugter Endenergie) von

$$900 \text{ kWh/P.a} \times 0,6 \times 279.593 \text{ P} \times 0,23 = 34.725.000 \text{ kWh/a,}$$

mit einer möglichen CO₂-Vermeidung von 9.860 t/a.

Bei Neubauwohnungen kann (bei entsprechenden Informationskampagnen) mit einer Installationsdichte von mindestens 30 % (= 0,3) gerechnet werden. Bei der angenommenen Neubaurate von 1600 WE/a ergibt sich damit (bei mittlerer Belegung der Wohneinheiten von 2,4 P/WE; siehe Anhang W.1, Teil 3), eine (zusätzliche) jährliche Endenergie-Einsparung von

$$900 \text{ kWh/P.a} \times 0,6 \times 2,4 \text{ P/WE} \times 1.600 \text{ WE} \times 0,3 = 622.000 \text{ kWh/a}$$

mit einer jährliche Kohlendioxid-Vermeidung von 177 t/a,

die sich über die Laufzeit der Neubauaktivitäten, z. B. bis 2005 (= 10 Jahre) auf 1.770 t/a akkumulieren (s. u. Abschn. 2.4.2).

Zusammen mit der CO₂-Vermeidung durch solare Brauchwasserbereitung beim Altbaubestand ergibt sich ab 2005 eine mögliche jährliche Gesamt-Kohlendioxid-Vermeidung von 11.600 t/a.

Würde die Stadt – zweckmäßigerweise in Kooperation mit den Stadtwerken (wozu sich diese durch die neuen Förderrichtlinien (1995) bereiterklärt haben) – ein kommunales Förderprogramm wenigstens für die solare Brauchwasserbereitung, d.h. für jeweils 6 m²-Kollektoranlagen (für je eine Vier-Personen-Wohneinheit) auflegen (etwa unter dem Slogan „200 Solardächer für Münster“), so führte dies zu einer jährlichen Energieeinsparung bzw. CO₂-Vermeidung von

$$900 \text{ kWh/P.a} \times 0,6 \times 4 \text{ P/WE} \times 200 \text{ WE} (= \text{Anlagen}) = 432.000 \text{ kWh/a}$$

und 123 t CO₂ pro Jahr.

Eine ausreichende Akzeptanz für solarthermische Anlagen wird nach Erfahrungen andernorts erreicht, wenn die Investitionskosten, die mit etwa 10.000 bis 12.000 DM anzusetzen sind (evtl auch weniger, sofern Eigenleistungen erbracht werden), mit etwa 50 % bezuschußt werden, also mit mindestens 5.000 DM für die 6-m²-Anlage. Insgesamt würden sich die Kosten für die Stadt damit auf 1 Mio DM belaufen.

Das Verhältnis von Förderung zur während der Netto-Lebensdauer der Solaranlage (20 a, minus 2 a „energy-pay-back-time“) vermiedenen Kohlendioxidmenge führt zur CO₂-Vermeidungs-Kennzahl, die sich für die solare Brauchwasserbereitung somit zu

$$1 \times 10^6 \text{ DM} / (123 \text{ t/a} \times 18 \text{ a}) = 450 \text{ DM/t CO}_2$$

ergibt. Sie ist zwar etwa doppelt so hoch wie durch Gebäudedämmung erzielbare CO₂-Vermeidungskennzahl (s. Erläuterungen zu Empf. B5); aber der Einsatz der Mittel bewirkt eine Einsparung von fossiler (oder nuklearer) Energie und erzeugt gleichzeitig (durch Energiesparen nicht gewinnbare) Nutzenergie, nämlich Brauchwasserwärme. (Die Investitionskosten der Betreiber der Solaranlage wurden gegen die Betriebskosten-Einsparung einer andernfalls konventionell betriebenen Brauchwasseranlage aufgerechnet.)

Empfehlung B9 Solare Nahwärmeversorgung als Pilot-Projekt umweltschonender Bauweise einer 60 WE-Neubausiedlung mit Wärmeservice der Stadtwerke

Die Machbarkeit solarer Nahwärmekonzepte ist inzwischen durch mehrere Pilotprojekte nachgewiesen, auch deren Betrieb als Serviceleistung („Dienstleistung“) der Energieversorgungsunternehmen, wodurch gleichzeitig Interessenskonflikte zwischen Vermieter und Mieter ausgeglichen werden. Auch das BMWI beurteilt solche Projekte positiv (Dok. Nr. 361, Dez. 1994). Bei den bisherigen

solaren Nahwärmeprojekten wurden jedoch auch Schwachstellen erkennbar, die die solare Bedarfsdeckung reduziert haben.

Es wäre sinnvoll (und würde der Stadt das Image einer ökologisch-fortschrittlichen Kommune auch auf dem Sektor Wohnen und Bauen geben), auch in Münster ein solches Vorhaben in Angriff zu nehmen, allerdings mit dem Ziel, die Fehler bisheriger Projekte zu vermeiden. Durch synergetischen Einsatz von kommunaler Planungsarbeit (Flächennutzungsplan, Bebauungspläne; s. Empf. B1), Solararchitektur und aktiv-solarer Technik könnte eine nahezu 100 %-ige solare Deckungsrate für Raumwärme- und Brauchwasserversorgung, erreicht werden, wie bereits bei Einzelobjekten erzielt und nachgewiesen.

Dadurch wäre garantiert, daß der Neubau von Wohnungen, der per se einen Eingriff in die Natur und Umwelt darstellt, lediglich durch die Herstellung der Baumaterialien und Aufrichtung der Gebäude die Energiebilanz belastet; daß dagegen die Bereitstellung des Wärmebedarfs für das Wohnen Energie- und CO₂-neutral geschieht.

Bei 50 kWh/m²a für die Raumwärme (Niedrigenergiehaus-Dämmstandard) und 20 kWh/m²a Wärmeäquivalent für die Brauchwasserversorgung (Teil 3, W.1), ergibt sich bei einer Wohnfläche von 85 m²/WE (s. o.) und den zunächst als Pilotprojekt empfohlenen 60 WE eines in sich geschlossenen Wohngebiets bei Komplett-Wärmeversorgung durch solare Nahwärme mittels passiver Bauweise und aktiv-thermischer sowie aktiv-photovoltaischer Solarnutzung gegenüber der Versorgung durch den derzeitigen Energiemix in Münster eine Einsparung von Wärmeenergie von

$$10 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 85 \text{ m}^2/\text{WE} \times 60 \text{ WE} = 357.000 \text{ kWh/a mit}$$

einer jährlichen Kohlendioxid-Vermeidung von 101 t/a.

Würden alle Neubauvorhaben (Neubaurate 1.600 WE/a) in dieser Weise wärmeversorgt, was als kommunales Ziel gelten sollte (und *muß*, soll die mit dem Beitritt zum Klimabündnis europäischer Städte eingegangene Verpflichtung erfüllt werden; s.u., Abschn. 2.4.2), so ergäbe sich gegenüber dem Ist-Zustand (1990)

eine jährliche Energie-Einsparung von 9.520.000 kWh/a und
eine jährliche CO₂-Vermeidung von 2.700 t/a.

Empfehlung B10 Kostendeckende Einspeisevergütung für PV-Strom und Prüfung einer Photovoltaik-Abdeckung der Südflanke der Zentraldeponie Coerde

Auch der Photovoltaik (Kürzel: PV) wird nach dem BMWI-Dokument Nr. 361 „sehr großes technisches Potential (18 bis 302 TWh/a)“ zugeschrieben, wobei unter „technischem Potential“ das „technisch Machbare“ verstanden wird.

Nach den Erfahrungen aus anderen Regionen liegt die finanzielle Hemmschwelle für die Bereitschaft privater Bauherren, in Solaranlagen – und speziell in Photovoltaik-Anlagen – zu investieren, bei etwa 50 % staatlicher/kommunaler Zuschüsse. Da eine 1 kW-PV-Anlage etwa DM 24.000 kostet und in Münster etwa 760 kWh/a Solarstrom erbringt (s.u.), ist – inklusive Diskontierung – die kWh PV-Strom mit etwa 4 DM zu bewerten, so daß die „kostendeckende“ Vergütung von 2 DM/kWh gerade einer 50 %-igen Förderung entspricht.

Ob eine finanzielle Unterstützung bei den Investitionskosten (= Förderung im üblichen Sinn) oder die „kostendeckende Einspeisevergütung“ das geeignete Werkzeug zur größeren Marktdurchdringung der Photovoltaik ist, scheint eine offene Frage zu sein. Auf dem diesjährigen Symposium „Photovoltaische Solarenergie“ (Koster Banz bei Regensburg, März 1995) waren sich Betreiber und

Stromversorger im großen und ganzen einig, daß die Vergütung des eingespeisten Solarstroms sinnvoller sei als Investitionszuschüsse (wie sie die Stadtwerke Münster in ihrem Förderprogramm 1995 vorsehen).

Es ist zu erwarten, daß der Anreiz einer „kostendeckenden Einspeisevergütung“ zu mehr als 30 % Installations-Wahrscheinlichkeit führt, zumal eine PV-Anlage unproblematischer zu montieren ist als eine solarthermische Anlage (ein Stromkabel ist einfacher zu verlegen als eine Rohrleitung). Werden als Mindestleistung einer für eine kostendeckende Einspeisevergütung qualifizierten Anlage $0,5 \text{ kW}_{\text{peak}}$ gefordert, was als technische Randbedingung für sinnvolle Netzeinspeisung gelten kann, so könnten in Münster theoretisch $16,7 \text{ MW}_{\text{peak}}$ -Leistung installiert werden.

Entsprechend dem Aachener Modell, auf dem die Rahmenbedingungen des Landes basieren (Erlaß NRW-Wirtschaftsministerium vom 07.06.1994: „Grundsätze der Strompreisaufsicht zur Förderung der Stromerzeugung aus unerschöpflichen Energien“), sollten – aus Gründen der Netz-Stabilität – von dieser maximal möglichen PV-Leistung jedoch nur für Anlagen bis zu $1 \text{ MW}_{\text{peak}}$ Gesamtleistung die kostengerechte Einspeisevergütung gezahlt werden (was einer Installations-Dichte von nur 1,8 % entspricht).

Nach Messungen in Lübeck (die mit Berechnungen in Karlsruhe sehr gut übereinstimmen) sind bei Kleinanlagen pro kW_{peak} und $1030 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ Einstrahlung (= Jahres-Globalstrahlung in Münster) etwa 760 kWh/a elektrische Energie zu ernten. Das führt bei $0,636 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}_{\text{elektr}}$ (harmonisierte Daten für Münster) zu einer

Einsparung von elektrischer Energie von 760.000 kWh/a

und zur jährlichen Kohlendioxid-Vermeidung von $483,4 \text{ t/a}$.

Setzt man eine Netto-Lebens-(Ertrags-)dauer eines PV-Generators von mindestens 15 Jahren an ($> 20 \text{ a}$ Lebensdauer minus 5 a energy-pay-back-time), so sind für 1 MW PV-Anlagen an Aufwendungen (Stadtwerke) zu leisten:

$$15 \text{ a} \times 760 \text{ kWh/kW.a} \times 1000 \text{ kW} \times 2 \text{ DM/kWh} = 22,8 \times 10^6 \text{ DM.}$$

Dafür entsteht eine Netto- CO_2 -Vermeidung von ($483,4 \text{ t/a} \times 15 \text{ a}$), woraus sich die CO_2 -Vermeidungs-Kennzahl für die solare, CO_2 -freie Erzeugung von (hochwertiger) elektrischer Energie von rund 3.000 DM/t CO_2 resultiert.

Bei Ausschöpfung der möglichen Installationen (30 statt 1,8 %) ergäbe sich eine jährliche Kohlendioxid-Vermeidung von $> 8.000 \text{ t/a}$ (was 1,3 % der CO_2 -Emission entspricht, die vom Gesamt-Stromverbrauch in Münster verursacht wird).

2.3.3 Wechselwirkungen und Synergie-Effekte

Wie unmittelbar einleuchtet, sind die in Abschnitt 2.3.2 im Detail erörterten Empfehlungen von Einzelmaßnahmen zur Energieeinsparung und CO_2 -Reduzierung in ihrer CO_2 -Wirkung nicht voneinander unabhängig,

So schließt z. B. die Empfehlung B9 (solare Nahwärmeversorgung), wenn sie konsequent, wie angegeben, durchgeführt wird, die Empfehlungen B1 (Energierelevante und solar-gerechte Bebauungsplanung), B3 (Festlegung des Heizenergiebedarfs von Neubau-Wohnungen auf Stadt-eigenem Baugelände auf Niedrigenergie-Standard), B8, zweiter Teil (Förderprogramm für solare Brauchwasserbereitung; Anlagen im Neubaubereich) und z. T. auch B10 (kostendeckende Einspeisevergütung für PV-Strom) ein.

Unabhängig bleiben dann nur noch die Empfehlungen zur energetischen Altbausanierung (Empf. B5; B6 und z. T. B10) sowie die Empfehlung, die Nieder-

temperaturwärme für alle Neubauwohnungen und -häuser (möglichst vollständig) solar bereitzustellen (solare Nahwärmeversorgung; Empf. B9). Ferner natürlich die im zweiten Teil von B6 explizit ausgesprochene (ganz dringende) Empfehlung, dies auch für Industrie-, Verwaltungs- wie sonstige kommunale Gebäude und Einrichtungen (z. B. öffentliche Bäder) anzustreben.

Beschränkt man sich auf den Wohnsektor, weil die statistischen Daten für diesen Energiebereich am vollständigsten vorliegen und ausgewertet wurden, so ergibt sich folgende Gesamt-CO₂-Vermeidungsbilanz:

Altbaubereich:	
für die energetische Altbausanierung (Empf. B5) gegenüber dem Ist-Zustand	143.000 t/a;
die mit 23 % als realisierbar anzusehenden solaren Brauchwasseranlagen (Empf. B8) mit rund	10.000 t/a
die mit 30 % anzusetzenden PV-Kleinanlagen (im Mittel zu je 0,5 kWpeak; Empf. B10) mit rund	8.000 t/a.
Ferner im Neubaubereich: die durch konsequente Anwendung solarer Techniken herbeizuführende CO ₂ -Vermeidung (Empf. B9); Richtwert der Neubau-Aktivitäten in Münster: 1.600 WE/a (s.o.). Damit: CO ₂ -Vermeidung pro Jahr (bei 80 % Realisierung) ca. 2.160 t/a, kumulierend (s.u., Abschnitt 2.4.2) für jedes Jahr der Neubau-Aktivität von 1.600 WE/a.	

Mit dieser Aufzählung ist gleichzeitig auch der energetische Umfang eines Klimaschutz-Szenariums im Energie-Bereich „Haushalte und Wohnen/Bauen“ abgesteckt, der unten (Ziffer 2.4) für die beiden Fälle „Klimaschutz gemäß Richtlinie Bundesregierung“ sowie „Klimaschutz gemäß Klimabündnis Europäischer Städte“ diskutiert wird.

2.4 Zusammenfassung: CO₂-Szenarien und Ausblick

2.4.1 Basis CO₂-Szenarium

Wie in Teil 3, W.2 dargestellt, haben sich die Flächen- und Personen-bezogene Niedertemperatur-Wärmeverbräuche (Raumwärme und Brauchwasserbereitung) in Münster in 1992 gegenüber 1990 um 1,56 kWh/m²a (= 0,71 %) bzw. 58 kWh/P.a (= 0,73 %) verringert. Infolge der eingetretenen Verschiebung der Energieträgeranteile an der Gesamt-Wärmeenergie hat der Personen-bezogene CO₂-Ausstoß mit 0,02 t/P.a (= 0,85 %) etwas stärker abgenommen. Berücksichtigt man, daß es 1992 etwas kälter war als 1990 (Gradtagzahl 1992: 3.427 Kd gegenüber 3.332 Kd in 1990), so ist die Einsparung im spezifischen Wärmebedarf und CO₂-Ausstoß noch höher zu bewerten, als die reinen Verbrauchsdaten suggerieren.

Angestiegen sind jedoch, wie in W.2 (Teil 3) im Detail erläutert wird, der Gesamt-Endenergiebedarf im Niedertemperaturbereich (Haushalte und Wohnen) um 19.230 MWh/a (= +0,88 %) und ebenso der Gesamt-CO₂-Ausstoß für diesen Bereich um 4.668 t/a (= +0,75 %), also um 2,3 kt/a pro Jahr.

Da mit einer leichten Reduzierung des Energieverbrauchs auch weiterhin, d.h. ohne besondere Energie-Einsparanstrengungen zu rechnen ist, allein schon aufgrund des allgemein wachsenden Umweltbewußtseins beim Wärmeschutz, können diese Daten für die weiteren, von der Stadt umzusetzenden Klimaschutz-Aktivitäten als Basis-Szenarium interpretiert werden. Als Energiepolitische Zielmarkierung reicht das Basis-Szenarium, insbesondere hinsichtlich der CO₂-Bilanz, jedoch bei weitem nicht aus, sondern muß ganz wesentlich nach unten korrigiert werden, wenn die Stadt auch nur ansatzweise den gestellten Klimaschutz-Anforderungen entsprechen will.

2.4.2 Klimaschutz-Szenarium

Die mit Kosten verbundenen Empfehlungen B5 (und B6) sowie B10 beziehen sich in ihrer CO₂-Wirkung auf den gesamten Sanierungs- bzw. Umstellungszeitraum. Das bedeutet, wenn sie durchgeführt sein werden, wird die Jahres-Energieeinsparung bzw. die jährliche CO₂-Vermeidung (mindestens) so hoch sein, wie oben angegeben.

Wenn dies beispielsweise in 10 Jahren erreicht werden kann (d. h. bis zum Ziel-Jahr 2005), reduziert sich die CO₂-Vermeidungs-Rate um 1/10 des angegebenen Betrags pro anno.

Beim CO₂-Effekt der solaren Nahwärmeversorgung (Empf. B9) wird dagegen von der *jährlichen* Neubau-Rate ausgegangen, so daß die berechnete CO₂-Vermeidung sich nur auf die Anzahl der in *einem Jahr* errichteten Wohneinheiten und die durch die solare Maßnahme erzielbare CO₂-Vermeidung bezieht. Wird bis zum Jahr 2005 bilanziert, so ist der Effekt entsprechend des 10-Jahres-Zeitraumes zu erhöhen, d.h. mit 10 zu multiplizieren.

Damit ist – wenn die voneinander unabhängigen Empfehlungen in der beschriebenen Weise durchgeführt würden – im Jahr 2005 mit der folgenden Reduzierung des CO₂-Ausstoßes gegenüber heute zu rechnen:

Empfehlung B5	143.000 t/a
Empfehlung B6	2.000 t/a
Empfehlung B8	10.000 t/a
Empfehlung B10	8.000 t/a
zusammen:	163.000 t/a
Empfehlung B9 (Realisierung 80 % und 10 x CO ₂ -Vermeidung)	22.000 t/a
Gesamt-Summe:	185.000 t/a

Hiervon sind rein baulichen „Ursprungs“ 145.000 t/a (= 78 %) und solaren Ursprungs 40.000 t/a (= 22 %).

Dies ist in Beziehung zu setzen zum Jahres-CO₂-Ausstoß, der vom Wärmemarkt 1990 hervorgerufen wurde, nämlich 620.070 t/a (siehe Teil 3, W.2). Da in dieser Zahl die CO₂-Emissionen der in Empfehlung B6 angesprochenen öffentlichen Gebäude und Einrichtungen nicht enthalten sind, werden die 2.000 t/a bei dem Vergleich unberücksichtigt gelassen.

Fazit: Im Bereich „Haushalte und Wohnen/Bauen“ kann gegenüber heute (d.h. gegenüber dem Ist-Zustand 1990) die CO₂-Rate um etwa 29 % reduziert werden. (Bezogen auf den Gesamt-CO₂-Ausstoß in Münster: 8 %)

(Genau genommen ist aber vom Trend ohne CO₂-Reduzierungsmaßnahmen auszugehen, nach Teil 3 W.2 also von einer jährlichen Zunahme des CO₂-Ausstoßes um 2,3 kt/a, was die CO₂-Emissionen im Jahr 2005 auf 634 kt/a ansteigen läßt, wenn die Stadt nicht handelt; vergl. auch die Grafik in 2.4.3)

Damit sind die Vorgaben der Bundesregierung (25 bis 30 % CO₂-Reduzierung bis zum Jahr 2005) im Bereich Haushalte/Wohnen gut bis sehr gut erfüllt.

Nicht erfüllt ist damit jedoch die durch die Mitgliedschaft Münsters im Klimabündnis Europäischer Städte eingegangene Verpflichtung, bis zum Jahr 2010 den CO₂-Ausstoß um 50 % zu reduzieren. Um dies zu erreichen, müssen noch weit größere Anstrengungen unternommen werden.

Zum Beispiel würde sich der Prozentsatz um fast einen Prozent-Punkt erhöhen, wenn die Neubaugebiete *vollständig* (und nicht nur zu 80 %) mit solarer Niedertemperaturwärme versorgt würden. Wird daneben durch Empf. B10 nicht nur 0,5 kW, sondern 1 kW Photovoltaik pro Wohneinheit installiert (was ohnehin ein Richtwert sein sollte und etwa 8 m² Fläche beansprucht, wozu im allgemeinen ausreichend Dachfläche vorhanden ist), so betrüge die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes (= CO₂-Vermeidungsrate) fast 32 %.

Eine weitergehende Erhöhung der CO₂-Vermeidung könnte allerdings nur durch noch größere Energieeinsparungen bei der energetischen Altbausanierung erreicht werden: So brächte eine (*neben* den anderen angeführten Maßnahmen vorgenommene) mittlere Minderung des Flächen-spezifischen Wärmebedarfs um 60 kWh/m²a (anstelle der im Empfehlung B5 angesetzten 50 kWh/m²a) eine Gesamt-CO₂-Reduzierung um 36 % gegenüber heute.

Reichlich „ernüchternd“ ist die Rechnung, die nun *fast* die *Bedingung einer 50 %-igen CO₂-Reduzierung* erfüllt. Dazu müßte erreicht werden:

Minderung des mittleren Wärmebedarfs-Kennwertes um 80 kWh/m ² a	228.800 t/a
Nahwärme zu 100 % solar (15 Jahre à 1600 WE/a)	40.000 t/a
Altbau mit solarem Brauchwasser (23 % Anlage-Rate)	9.800 t/a
Photovoltaik (Anlage-Rate 30 % zu 1,5 kW/WE)	24.000 t/a
zusammen	302.600 t/a,

was nun 48,8 % Reduzierung des CO₂-Ausstoßes im Bereich Wohnen/Bauen im Jahr 2010 ergibt (Solaranteil 24,4 %), wenn die heutigen (d.h.1990) Emissionen in Münster als Bezugsmaßstab zugrundegelegt werden bzw. 48,4 %, wenn auf 1992 bezogen wird (= 13,4 % vom derzeitigen Gesamt-CO₂-Ausstoß).

Dies stellt eine *außergewöhnliche Herausforderung* für Münster dar, die nur mit äußerstem politischen Willen und einer Kooperation aller Beteiligten zu erfüllen ist – städtische Ämter sowie Stadtwerke, aber auch der Bevölkerung (die entsprechend motiviert und finanziell unterstützt werden muß).

2.4.3 Grafische Darstellung der Szenarien

Die Grafik veranschaulicht verschiedene Optionen bzw. Szenarien:

jetzige, leicht ansteigende CO₂-Emissionsrate;

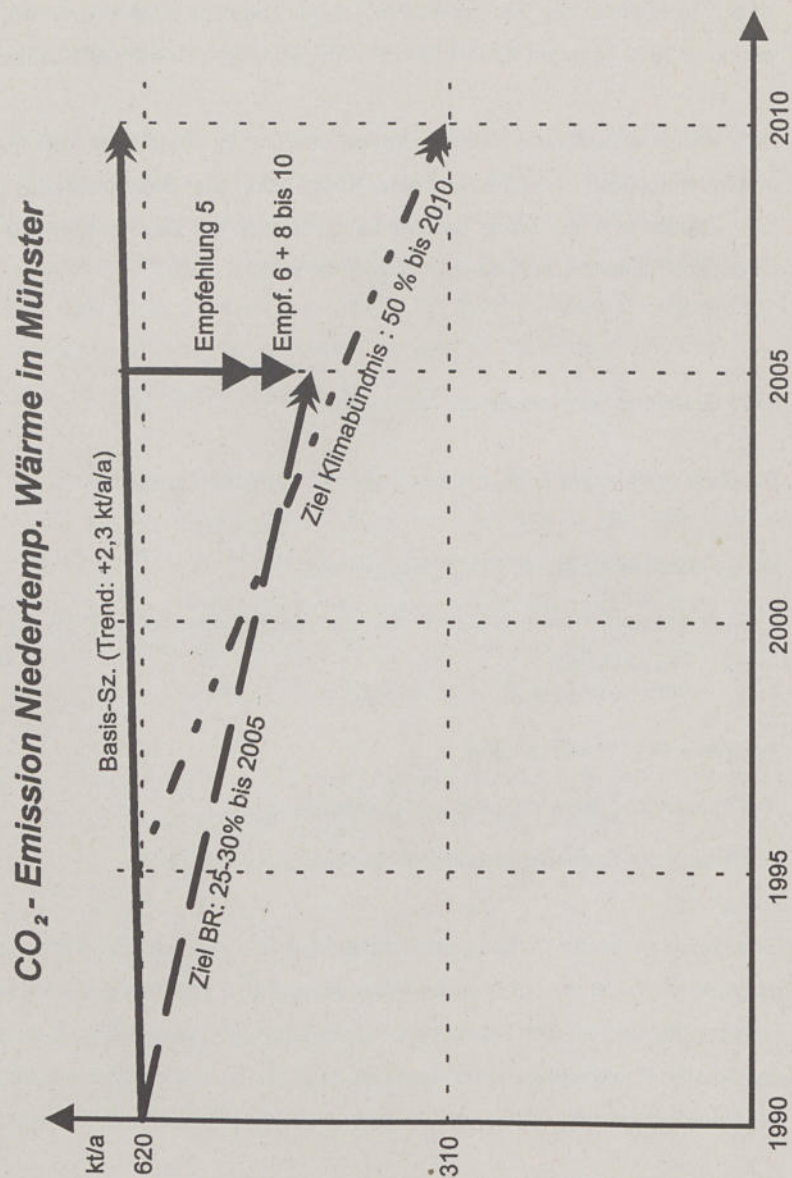
- Basis-Szenarium, wie es sich aus den Daten des Teiles 3, W.2 ergibt (+2,3 kt/a pro anno)

reduzierte CO₂-Emissionsraten:

- Klimaschutz-Szenarium nach Bundesregierung bzw.
- Klimaschutz-Szenarium nach Klimabündnis-Verpflichtung.

Eingezeichnet ist die Wirkung der Empfehlung B5 (energetische Altbausanierung) sowie zusammengefaßt die Auswirkung der Empfehlungen B6 (Sanierung der öffentlichen Gebäude) und der Empfehlungen zur vermehrten Nutzung von solaren Energiegewinnungs-Techniken (B8 bis B10), die das gesteckte Ziel der Bundesregierung relativ gut annähern, aber die Verpflichtung aus dem Bei-

tritt zum Klimabündnis zur 50 %-igen Minderung des CO₂-Ausstoßes bis zum Jahr 2010 deutlich verfehlen.



3. Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich T, Stromeinsparungen im Tertiären Sektor (Kleinverbraucher)

3.1 Bedeutung und Entwicklung des Sektors Kleinverbraucher

Im allgemeinen wird diesem Sektor all das zugeordnet, was nicht in die Bereiche Haushalte, Industrie und Verkehr fällt. Die Stadtwerke Münster (SWM) unterscheiden 5 Haupt- und 21 Unterbranchen in den Bereichen Gewerbe, Handel, Banken und Versicherungen, Dienstleistungen und sonstige Einrichtungen. Der „Kleinverbrauch“ muß keineswegs klein sein. Zum Versorgungsgebiet der SWM gehörten 1991 fast 600 Sondervertragskunden, mehr als 7.000 Tarifkunden und insgesamt fast 8.000 Kunden, die ca. 50 % des münsterschen Stromverbrauchs, auf den wir uns in diesem Kapitel konzentrieren, nachfragten. Die folgenden Erläuterungen basieren auf dem Wissenschaftlichen Anhang in Teil III. Von 1980 bis 1991 nahm der Stromeinsatz der Kleinverbraucher von 395 auf mehr als 539 GWh um fast 37 % zu. Damit übertraf das Wachstum Münsters sogar noch die hohen Zuwächse Westdeutschlands von etwa 34 %. Die Bedeutung dieses Wachstums erhöhte sich noch dadurch, daß der Anteil des Stroms an Münsters Kleinverbrauchssektor mit rd. 48 % etwa doppelt so hoch wie der Westdeutschlands war. Auf den Dienstleistungssektor mit 76 % der Beschäftigten entfiel 1990 etwa 50 % des Stromeinsatzes, während sich Gewerbe und Industrie die andere Hälfte teilten. Der Stromeinsatz pro Beschäftigten nahm in den vergangenen 10 Jahren stark zu. Sollten die spezifischen Stromverbräuche sowie die Beschäftigten-, Produktions- und Umsatzzahlen weiter zunehmen, so wären auch in Zukunft beträchtliche Stromverbrauchsanstiege zu erwarten. Bei der Energienutzung fallen große Mengen an CO₂ und anderen Treibhausgasen an, die das Klima und die Ökosysteme irreversibel schädigen können. Der CO₂-Ausstoß Münsters betrug 1990 2,260 Mio t. Daran waren der Stromverbrauch mit 27 % sowie die Sektoren Verkehr und Kleinverbraucher mit je 28 % beteiligt. Mit rd. 15 % oder 343.000 t CO₂-Ausstoß ist der Strombereich des Sektors Kleinverbraucher ganz wesentlich an der Klimabeeinflussung be-

teilt. Im folgenden werden ausgehend vom gegenwärtigen Stand anhand der jeweiligen Annahmen mit Hilfe von Szenarien mögliche zukünftige Entwicklungen und konkrete Ansatzpunkte zur Modifizierung der Einspar- und Substitutionspotentiale erläutert. Darüberhinaus werden in einer Grobabschätzung die sich daraus ergebenden Zusatzkosten für die marktbeste Technik den eingesparten Strombezugskosten gegenübergestellt.

3.2 Der gegenwärtige Stand

Als Basis- bzw. Bezugsjahr wurde 1991 gewählt, weil nur dafür die branchen- und verwendungsspezifischen Stromverbrauchsdaten zur Verfügung standen. Tabelle 1 (Anhang) zeigt, daß bei den Branchen die sonstigen Einrichtungen mit rd. 44 % den höchsten Stromeinsatz haben, gefolgt von Handel und Dienstleistungen sowie Banken und Versicherungen. Zu den größten Einzelstromverbrauchern zählen die Krankenhäuser mit 17 %, die Gebietskörperschaften mit rd. 15 % und der Einzelhandel (nonfood) mit ca. 14 %. Bei den Verwendungszwecken dominiert die Beleuchtung mit mehr als 150 GWh oder 30 % gefolgt von Lüftung mit 21 %, Kraft und Motoren mit 12 %, Kühlung und Klimatisierung mit 11 % sowie EDV mit rd. 7 %. Prozeßwärme, Kochen, Warmwasser und Raumwärme spielen im Kleinverbrauchssektor nur eine untergeordnete Rolle.

3.3 Wirkungsmechanismen im Trend-Szenario

Das Trend-Szenario geht von den Basisdaten aus und liefert eine Projektion für den Stromverbrauch in 2005 bei weitgehend unveränderten Rahmenbedingungen. Ein wichtiger Einflußfaktor auf den Stromverbrauch ist die wirtschaftliche Entwicklung. Sie läßt sich an den Umsätzen, Beschäftigungszahlen und Pro-

duktionswerten ablesen. Je nach Verwendungszweck ist die Treibergröße die Beschäftigtenzahl oder der Umsatz. So ist die Klimatisierung in den Banken von der Zahl der Beschäftigten, beim Handel dagegen vom Umsatz abhängig. Die Beleuchtung hängt in den meisten Branchen von der Beschäftigtenzahl ab. Ein weiterer Wirkungsfaktor ist die Stromeinsatzintensität. Sie besteht aus zwei gegenläufigen Wirkungen. Der eine Effekt ist der nutzungsbedingte Mehrverbrauch pro Beschäftigten oder pro Produktionseinheit für Licht und Raumwärme, für mehr Klimatisierung und Lüftungstechnik, für eine steigende Anwendung von Büroelektronik und Telekommunikation sowie der Trend zur Tiefkühlkost etc. Der andere, gegenläufige Effekt mit der Tendenz zu effizienteren Geräten ist aber nur schwach ausgebildet, weil es für den Einsatz der effizientesten, am Markt erhältlichen Techniken nur geringe Anreize gibt.

Der Stromeinsatz im Trend bis 2005 läßt sich für das Beispiel Banken und Versicherungen und den Verwendungszweck Licht wie folgt berechnen: Das Wirtschaftswachstum für 2005 bezogen auf 1991 (= 1) ist 1,43 (Teil 3, Tab. 8), der nutzungsbedingte Mehrverbrauch ist 4 % und das Sparpotential im Trend ist -0,8 % und per Saldo +3,2 % oder 1,032 (Teil 3, Tab. 9). Der Zuwachs ist dann $1,43 \times 1,032 = 1,475$. Folglich erhöht sich der Stromeinsatz von 15,84 GWh (1991) in Tabelle 1 um 47,5 % auf 23,36 GWh in Tabelle 3. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Annahmen zur Entwicklung im Trend-Szenario auch für die anderen Branchen und Verwendungszwecke. Insgesamt wächst der Stromeinsatz von etwa 500 GWh (ohne die nicht erklärbare Restgröße von 33 GWh) in 1991 auf 630 GWh in 2005 um ca. 24 % im Trend-Szenario (Tabelle 3). Die größten relativen Anstiege finden wir mit rd. 52 % bei der EDV und mit 45 % bei der Kühlung. In absoluten Zahlen sind allerdings die Zuwächse mit rd. 30 GWh im Bereich Licht am größten. Bei den Branchen werden die größten Zunahmen mit 43 % im Handel erwartet, und hier wiederum mit fast 50 % sowohl im Einzel- als auch im Großhandel (Food).

Als **Fazit** ergibt sich für die Trendentwicklung des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher ein erheblicher Handlungsbedarf, wenn die Zuwächse in diesem Sektor die Einsparbemühungen in anderen Sektoren nicht zunichte machen sollen. Bisher werden die erheblichen Einsparpotentiale nicht ausgeschöpft, obwohl sie zum größten Teil am Markt verfügbar und in der Regel auch kosteneffizient sind. Im folgenden werden die zusätzlichen Einspar- und Substitutionspotentiale gegenüber der Trendentwicklung erfaßt und für jede Branche und jeden Verwendungszweck für das Klimaschutz-Szenario dargestellt.

3.4 Maßnahmen zur Mobilisierung der Einspar- und Substitutionspotentiale in den einzelnen Branchen und Verwendungszwecken im Klimaschutz-Szenario

3.4.1 Gewerbe

A) Verbrauchsstruktur

Zum Gewerbe gehören (Anzahl der Betriebe und Stromeinsatz in Klammern) Land- und Forstwirtschaft (646; 12,5 GWh), Gartenbau (87; 1,8 GWh), Handwerk und Kleinindustrie (399; 7,1 GWh), Wäschereien und Reinigungen (76; 1,8 GWh) sowie Baugewerbe (399; 4,6 GWh). Der Stromeinsatz in 1991 von 27,7 GWh oder 5,5 % des Gesamtstrombedarfs der Kleinverbraucher spiegelt die relativ geringe Bedeutung des gewerblichen Sektors innerhalb der Wirtschaftsstruktur Münsters wider (Tabelle 1). Im Gewerbebereich dominieren die Kraftanwendungen mit etwa 33 % Stromanteil, wobei das Baugewerbe mit 56 %, das Handwerk mit 44 % und die Landwirtschaft mit 24 % an der Spitze liegen. An zweiter Stelle folgt mit rd. 15 % die Prozeßwärme, die vor allem in der Landwirtschaft, in den Wäschereien und im Handwerk eingesetzt wird. An dritter Stelle folgt die Beleuchtung mit fast 14 %, die vor allem im Gartenbau und in den Wäschereien benötigt wird.

B) Einsparmaßnahmen

Erhebliche ungenutzte Einsparpotentiale liegen im Bereich der Umwälzpumpen. Durch bessere Auslegung, zeitgesteuerte bzw. bedarfsorientierte Regelung, Entfernung unnötiger Drossel- und Bypassventile sowie lastabhängig geregelte Pumpentechniken lassen sich Einsparmöglichkeiten von 66 % gegenüber dem Trend realisieren. Weitere Einsparmöglichkeiten ergeben sich durch eine verbesserte Steuerung und Regelung sowie eine bessere Auslegung meist ungünstiger Universalmaschinen. Darüberhinaus lassen sich Einsparpotentiale von 25 - 30 % durch Asynchronmotoren, die mit elektronischen Frequenzumrichtern geregelt sind, auch für kleinere Leistungsbereiche wirtschaftlich erschließen. Zu den wichtigsten Anwendungsbereichen für elektrische Prozeßwärme gehören Trocknungsanlagen und Wärmeleuchten in der Landwirtschaft und die Wäschetrocknung in Wäschereien und Reinigungen. Einsparungen im Bereich Wäschetrocknung ergeben sich indirekt durch den Einsatz moderner Waschmaschinen mit hohen Schleuderzahlen, im handwerklich-industriellen Bereich durch optimierte Prozeßsteuerungen und durch den Ersatz von Schweiß- durch Klebeverfahren. Schließlich können durch Verhaltensänderungen sowie planerische und organisatorische Maßnahmen erhebliche Stromersparungen im Bereich Beleuchtung erzielt werden.

Fazit: Durch die starken Strommehrverbräuche vor allem im Handwerk und der Kleinindustrie wird im Trend-Szenario von 1991 - 2005 mit einem Stromanstieg von 22 % gerechnet (Tabelle 3). Durch die o. a. Maßnahmen können Einsparpotentiale mobilisiert werden, die im Klimaschutz-Szenario zu einer Reduktion des Stromverbrauchs im Gewerbebereich von 9 % führen (Tabelle 4). Das Einsparpotential unter Berücksichtigung der Trendentwicklung ist in Tabelle 4 in Fußnote 2) für die einzelnen Verwendungszwecke angegeben.

3.4.2 Handel

A1) Verbrauchsstruktur im Handel mit Lebensmitteln

Der Handel ist ein wichtiger Arbeitgeber. Mit etwa 10 000 Beschäftigten war 1991 fast jeder 11. Beschäftigte in den ca. 2.000 Einzelhandelsbetrieben tätig. Auf den Lebensmitteleinzelhandel entfielen etwa 20 % oder 428 Betriebe. Der Stromverbrauch betrug 1991 rd. 22 GWh oder 4,4 % des gesamten Stromeinsatzes im Kleinverbraucherbereich (Tabelle 1). Der wichtigste Verwendungszweck des Stroms war mit 40 % die Kühlung, gefolgt von Beleuchtung mit 23 % und Lüftung mit 20 %. Auf den Lebensmittelgroßhandel entfielen mit 7 % etwa 163 Betriebe. 1991 betrug der Strombedarf 11,6 GWh oder 2,3 % des Bedarfs aller Kleinverbraucher (Tabelle 1). Der Löwenanteil des Strombedarfs ging mit 50 % auf das Konto der Kühlung von Lebensmitteln vorwiegend in Kühlhäusern und Kühltheken. Mit Abstand folgten Beleuchtung und Lüftung mit einem Strombedarfsanteil von 18 bzw. 15 %. Der enorme Strombedarfsanstieg in der Lebensmittelbranche war vor allem auf die starke Ausbreitung der Tiefkühlkost zurückzuführen.

A2) Verbrauchsstruktur im Handel ohne Lebensmittel

Dazu gehörten die Kaufhäuser und Fachmärkte, deren 69 Betriebe 1991 rd. 42 GWh Strom benötigten. Hinzu kommt der sonstige Einzelhandel, worunter alle Einzelhandelsbetriebe zu verstehen sind, die weder Großkunden sind, noch mit Lebensmitteln handeln. Diese sehr heterogene Gruppe hatte mit rd. 1.600 Betrieben einen Strombedarf von mehr als 30 GWh, so daß diese beiden Gruppen 1991 insgesamt auf einen Strombedarf von fast 73 GWh oder 14,4 % des Stromeinsatzes im Kleinverbraucherbereich kamen (Tabelle 1). Die Hauptstromnachfrage lag im Bereich der Beleuchtung. Zum Großhandel ohne Lebensmittel gehörten 136 Betriebe. Die wichtigste Branche war der Möbelgroß-

handel, gefolgt vom Metall- und Fahrzeuggroßhandel. Der Gesamtstrombedarf war 1991 8,5 GWh, woran die Beleuchtung mit fast 60 % beteiligt war (Tabelle 1).

B) Einsparmaßnahmen

Die Strombedarfszuwächse im Bereich gewerblicher Kälteanlagen und Kühlmöbel ließen sich eindämmen, wenn die heute schon vorhandenen wirtschaftlichen Einsparpotentiale von ca. 60 % erschlossen würden. Zu den technischen Reduktionsmaßnahmen gehören: Bessere Strömungsverhältnisse im Kühlmöbel und eine direktere Kühlgutanströmung durch die Kaltluft, Kaltluftvorhänge vor der Öffnung, Nachtdeckungen, Reflexfolien auf den Glasuren, außenliegende Infrarot-Reflektoren, Wärmestrahlung absorbierendes Glas, höhere Wärmedämmung, horizontale Unterteilung des Kühlmöbels, kompaktere Form, größere Verdampferoberfläche, besserer Ventilatorwirkungsgrad, effektivere Leuchtstofflampen im Gerät und Vorschaltgerätenbringung außerhalb, Verbundanlagen, d. h. mehrere Kühlgeräte mit einem gemeinsamen Kälteaggregat, drehzahlregulierte Verdichter, optimierte Regelung und Dimensionierung, Ausgliederung interner Wärmeerzeuger, Nutzung der Abwärme. Weitere Reduktionen lassen sich erreichen durch folgende organisatorische Maßnahmen: Lagerung des Kühlguts nicht im Bereich der Absauggitter, Kontrolle der Raumtemperatur in den Verkaufsräumen und Nachtabenkung, Lüftungsreduktion außerhalb der Stoßzeiten, Abschaltung der Innenbeleuchtung der Geräte außerhalb der Öffnungszeiten, regelmäßige Wartung der Kühlgeräte, Abschirmung von und Distanz der Geräte zu Wärmequellen, Vermeidung von direkter Sonnenstrahlung sowie Bevorzugung von Truhen und geschlossenen Schränken mit Glasuren. Im Bereich der Klimatisierung ergeben sich durch die Reduktion interner Wärmelasten Einsparungen von ca. 30 %. Bei der Kälteerzeugung für Klimaanlage gibt es außerdem eine Reihe von Möglichkeiten, den Stromein-

satz zu vermeiden, z. B. durch Verdunstungskühlung oder das sog. free cooling durch kühle Außenluft. Hinzu kommen erhebliche Einsparpotentiale durch den Einsatz von Absorptionskälteanlagen in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Derzeit besteht durch das stufenweise Verbot FCKW-haltiger Kältemittel in Kompressionskälteanlagen ein erheblicher Investitions- und Sanierungsbedarf. Hier können große Stromsparpotentiale erschlossen werden, die den nutzungsbedingten Mehrbedarf nicht nur ausgleichen, sondern darüberhinaus beträchtliche Investitionsgelder einsparen.

Zum Verwendungszweck Lüftung gehört der Betrieb von Be- und Entlüftungsanlagen sowie Ventilatoren und Regelungen. Hier bestehen erhebliche technische Einsparpotentiale. Durch bedarfsabhängige Regelung kann die Betriebszeit und damit der Stromverbrauch um ca. 30 % verringert werden. Regelmäßige Wartung bringt noch einmal eine Reduktion von 10 %. Am meisten kann aber durch die Reduktion der internen Wärmelasten und den Einsatz von fassaden- bzw. fensterorientierten Sonnenschutzsystemen erreicht werden. Weitere Einsparungen ergeben sich durch eine optimierte Luftführung sowie durch Quelllüftung in Bodennähe, die wirksamer als die konventionelle Deckenlüftung ist. Die technischen Möglichkeiten lassen sich durch solche bei der Planung und beim Betrieb der Lüftungsanlagen ergänzen. Dazu gehören: Die Reduktion der Betriebszeiten, die optimale Gebäudeorientierung und -ausführung, die günstige Platzierung der Wärmelasten, die Vermeidung von Überdimensionierung, die Nutzung der Nachtkühle sowie die Möglichkeit der Fensterlüftung. Dies führt zu einer geringeren Dimensionierung und kann in vielen Fällen sogar die Lüftungs- bzw. Kühlungsanlagen überflüssig machen.

Der Beleuchtungsbereich weist erhebliche ungenutzte wirtschaftliche Einsparpotentiale auf. Sie liegen sowohl im technischen und organisatorisch-planerischen Bereich, als auch im Bereich von Verbrauchs- und Verhaltensgewohnheiten. Im Bereich der Leuchtstoffröhren kann durch Einsatz von Dreiband-

lampen ca. 10 % Strom eingespart werden. Eine weitere Reduktion von etwa 15 % läßt sich erzielen, wenn diese in verspiegelten Lampen eingesetzt werden. Der Austausch konventioneller durch elektronische Vorschaltgeräte bringt noch einmal eine Stromeinsparung von 25 %. Häufig sind die Beleuchtungseinrichtungen erheblich überdimensioniert. Auf der planerisch-organisatorischen Ebene läßt sich der Kunstlichtbedarf durch Tageslichtnutzung beträchtlich verringern. Auch im Bereich Handel lassen sich Seiten- und Oberlichter planerisch geschickt zur Ergänzung oder zum Ersatz des Kunstlichts nutzen. Schließlich lassen sich durch bewußtes Abschalten bzw. durch automatische Steuerung der Beleuchtung, etwa durch Infrarot- und Dämmerungssensoren beträchtliche Mengen an Strom einsparen.

Fazit: Durch weiteres Wachstum im Handel wird im Trend-Szenario von 1991 - 2005 mit einem beträchtlichen Strommehrverbrauch von 43 % gerechnet (Tabelle 3). Durch die o. a. Maßnahmen können Einsparpotentiale von insgesamt nur rd. 6 % erreicht werden (Tabelle 4). Der Klimaschutz erfordert größere Einsparungen. Das Stromeinsparpotential ist im Bereich Handel bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

3.4.3 Banken und Versicherungen

A) Verbrauchsstruktur

Die Banken und Versicherungen waren mit einem Stromverbrauch in 1991 von ca. 55 GWh oder knapp 11 % des Strombedarfs der Kleinverbraucher die viertgrößte Verbraucherguppe nach Krankenhäusern, Gebietskörperschaften und Handel ohne Lebensmittel (Tabelle 1). Der größte Teil des Stromverbrauchs entfiel mit fast 94 % auf die 29 Zentralverwaltungen, während die knapp 200 Filialen nur etwa 6 % benötigten. Auch beim Stromeinsatz pro Betrieb zeigten sich große Unterschiede. Die Versicherungen verbrauchten mit durchschnittlich

11 MWh pro Filiale erheblich weniger Strom als die Bankfilialen mit 26 MWh. Die Gründe dafür sind die unterschiedlichen Betriebsgrößen und Technisierungsgrade sowie die erheblich größeren Kundenzahlen pro Tag bei den Banken. Für die Zentralverwaltungen der Banken und Versicherungen ergab sich ein ähnlich hoher Stromverbrauch von fast 1,8 GWh pro Betrieb, der erheblich über dem der Krankenhäuser mit knapp 1 GWh lag. Anhand von Indikatoren wie Beschäftigten- und Geschäftsflächenzahlen lassen sich die Stromverbräuche einordnen. Nach Untersuchungen in Hannover entfallen in Banken etwa 30 m² und in Versicherungen 20 - 25 m² auf einen Beschäftigten. Für Münster liegen nur die Beschäftigtenzahlen im Kreditgewerbe vor. Für die 11.748 Beschäftigten in 1991 läßt sich ein spezifischer Strombedarf von ca. 2.600 kWh pro Beschäftigten und Jahr errechnen. Der Vergleichswert für Westdeutschland lag 1989 bei 1.875 kWh, was auf ein hohes Einsparpotential in Münster hinweist.

Die Aufschlüsselung nach Verwendungszwecken zeigt, daß 1991 die Stromsätze mit 15,8 GWh (28,7 %) für Beleuchtung und 15,5 GWh (28 %) für Lüftung am größten waren. Weitere Großverbraucher waren EDV mit 9,4 GWh (17 %) und Kühlung/ Klimatisierung mit 5,6 GWh (10 %). Es wird mit einem weiteren Wirtschaftswachstum und Mehrverbräuchen vor allem durch den weiter ansteigenden Einsatz von Rechnernetzen und Klimaanlage gerechnet. Allerdings sollten die Beschäftigtenzahlen nur noch geringfügig anwachsen. Anhand dieser Tendenzen wird im Trend-Szenario bis 2005 mit einem Strombedarfsanstieg von 55 auf 72 GWh/a oder ca. 30 % gerechnet. Dies liegt vor allem an den starken Zuwächsen in den Bereichen EDV und Beleuchtung (Tabelle 2).

B) Einsparmaßnahmen

Der derzeitige Technisierungsstand in Münsters Banken und Versicherungen bedingt einen unverhältnismäßig hohen Stromverbrauch. Wie oben gezeigt, liegt der spezifische Stromverbrauch in kWh pro Beschäftigten in Münster ca. 39 % über den Vergleichswerten in Westdeutschland. Auch beim Vergleich aktueller Stromkennzahlen in kWh/m²a schneiden deutsche Bankbetriebe nicht gut ab, denn die Schweizer Werte liegen bei der Lüftung und Klimatisierung um je 62 % und bei der Beleuchtung und den Bürogeräten um je 50 % unter den deutschen Werten. Im Banken- und Versicherungsbereich liegen noch erhebliche Stromeinsparpotentiale. Die größten Einsparpotentiale ergeben sich durch eine bedarfsgesteuerte und arbeitsplatzorientierte Beleuchtung, die noch durch eine geschickte Tageslichtnutzung weiter optimiert werden kann, durch eine optimale Regelung, Auslegung und Dimensionierung der raumluftechnischen Anlagen und durch den Einsatz von EDV mit stromsparender Technik. Die Einsparungen im Beleuchtungs- und EDV-Bereich führen gleichzeitig zu einem verminderten Klimatisierungsbedarf. Häufig ist es sogar möglich, durch Einsparmaßnahmen zusammen mit natürlicher Lüftung und Abschattung ganz ohne künstliche Belüftung oder zumindest ohne eine künstliche Kühlung auszukommen. Kann trotz allem nicht auf die Klimatisierung verzichtet werden, kommt die Kälteerzeugung durch BHKW-betriebene Absorptionskälteanlagen als wirtschaftliche und emissionsmindernde Alternative in Frage. Das BHKW kann im Sommer Kälte und im Winter Heizwärme bereitstellen. Weitere Vorteile sind die Erreichung von Vollbenutzungsstunden, der Ausgleich von Lastspitzen und die Verringerung des Stromleistungspreises. Banken und Versicherungen sind aus folgenden Gründen für die Einleitung eines gezielten Stromeinsparprogrammms besonders prädestiniert: Sie gehören mit zu den größten Stromverbrauchern einer Kommune; der Stromeinsatz konzentriert sich auf wenige Zentralverwaltungen; die finanziellen Bedenken dürften geringer als in anderen Bereichen sein; die Stromsparmaßnahmen können zu Marketingzwecken ein-

gesetzt und geschickt in die Imagepflege miteingebunden werden, und schließlich sollten insbesondere Banken als Finanziere von Stromeinsparpotentialen eine wichtige Rolle übernehmen. Beispiele für die Einbindung von Banken in Energieeinsparaktionen sind die Aktivitäten der Bausparkasse Schwäbisch Hall im Verkehrssektor und LBS im Niedrigenergiehausbereich.

Fazit: Bei stagnierenden Beschäftigungszahlen aber weiteren Mehrverbräuchen in den Bereichen Beleuchtung, EDV und Klimatisierung/Lüftung wird im Trend-Szenario von 1991 - 2005 mit einem Strombedarfsanstieg von 55 auf 72 GWh oder ca. 30 % gerechnet (Tabelle 3). Durch die o. a. Einsparmaßnahmen können in der ersten Phase von 1991 - 2005 Strombedarfsreduktionen von ca. 55 auf rd. 45 GWh oder mehr als 17 % realisiert werden (Tabelle 4). Banken und Versicherungen sind aufgrund ihres Tätigkeitsbereichs und ihrer Struktur besonders geeignet, bei der Einleitung eigener Einsparprogramme und beim Marketing von Drittprogrammen eine herausragende Rolle zu spielen.

3.4.4 Dienstleistungen

A1) Verbrauchsstruktur im Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe

Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe bilden zusammen das Gastgewerbe. In Münster gab es 1991 596 Gaststättenbetriebe, die fast 26 GWh Strom benötigten, was etwa 5 % des Gesamtstromverbrauchs im Kleinverbrauchssektor entsprach (Tabelle 1). Der durchschnittliche Stromverbrauch pro Betrieb lag bei etwa 36 MWh/a und war damit doppelt so hoch wie beim Fachhandel. Dieser relativ hohe Stromverbrauch erklärt sich aus der direkten Abhängigkeit des Verbrauchs von der Produktion. Denn je 20 % des Strombedarfs wurden für das Kochen und die Beleuchtung, fast 16 % für die Warmwasserbereitung (Spülen) und 10 % für die Kühlung benötigt. Folglich dienten fast 50 % des Stromverbrauchs direkt oder indirekt der Speisenzubereitung. Die andere Hälfte

ging auf das Konto von Beleuchtung (ca. 20 %), Warmwasserbereitung (fast 16 %), Lüftung (10 %) und Bürogeräte/EDV (ca. 2 %).

Zum Gastgewerbe zählt auch das Beherbergungsgewerbe mit 40 Einzelbetrieben und 61 Heimen. Insgesamt wurden ca. 15 GWh Strom verbraucht, was 3 % des Stromeinsatzes im Kleinverbrauch entsprach (Tabelle 1). Von den 15 GWh Strom wurden ca. 40 % im Beherbergungsgewerbe, mehr als 35 % für die 33 Wohnheime und 23 % für die 17 Altenheime benötigt. Die Altenheime beanspruchten mit 203 MWh/Heim den größten Stromeinsatz, gefolgt von Wohnheimen mit 162 MWh/Heim, dem Beherbergungsgewerbe mit 150 MWh/Betrieb und Kinderheimen mit 36 MWh/Heim. Beim Stromeinsatz im Beherbergungsgewerbe dominierte ähnlich wie im Gaststättengewerbe mit etwa 20 % die Beleuchtung, und mit je ca. 15 % die Warmwasserbereitung und das Kochen.

A2) Verbrauchsstrukturen für private und öffentliche Dienstleistungen

In der Gruppe der privaten Dienstleistungsbetriebe befinden sich überwiegend Freiberufler wie Architekten, Ingenieurbüros, Rechtsanwälte, Steuerberater, Frisöre, Körperpfleger u. a., die Dienstleistungen für Endverbraucher oder Unternehmen erbringen. Mit 1.231 Betrieben ist sie nach dem Einzelhandel die zahlenmäßig größte Branche in Münster. Nach den Krankenhäusern, den Gebietskörperschaften, den Banken und Versicherungen sowie dem Fach- und sonstigen Handel sind die privaten Dienstleistungsbetriebe die Branche mit dem fünfgrößten Stromverbrauch. Mit mehr als 40 GWh verbrauchten sie 1991 rd. 8 % des Stroms im Kleinverbrauchssektor (Tabelle 1). Der wichtigste Verwendungszweck war die Beleuchtung, für die 1991 12 GWh oder 30 % des Stroms eingesetzt wurden. An zweiter Stelle folgte die Lüftung mit 10 GWh oder 25 % des Stromverbrauchs. Für Motoren und Kraft wurde mit 10 % ebensoviel Strom eingesetzt wie für EDV, Büro- und Kommunikationsgeräte. Die

elektrische Raumbeheizung verdient bei einem Stromanteil von 7 % maßnahmenpolitisch gesehen besondere Beachtung.

Zur Gruppe der öffentlichen Dienstleistungen gehören die sog. Organisationen ohne Erwerbszweck, wie z. B. Wohlfahrtsorganisationen, Vereine, Verbände und Kammern. Das waren 1991 334 Einrichtungen mit einem Stromverbrauch von rd. 5 GWh oder etwa 1 % des Stromeinsatzes im Bereich Kleinverbraucher (Tabelle 1). Mit 134 Einrichtungen und einem Stromverbrauch von 1,5 GWh/a (32 %) waren die Wohlfahrtsorganisationen die größte Gruppe, gefolgt von 74 Bildungs- und Forschungseinrichtungen (ohne Universität, Volkshochschulen und Schulen) mit 26 % des Stromeinsatzes, von 47 Berufsverbänden und Kammern mit 23 % sowie von 45 Sportvereinen mit einem Stromanteil von knapp 14 %. Ähnlich wie bei den privaten dominierten auch bei den öffentlichen Dienstleistungen beim Stromverbrauch die Verwendungszwecke Beleuchtung mit 30 %, Lüftung mit 25 %, EDV und Bürogeräte sowie Motoren und Kraft mit je 10 %.

B) Einsparmaßnahmen

Die größten mobilisierbaren Stromsparpotentiale liegen im Gaststättengewerbe bei der Beleuchtung mit 2,2 GWh/a, beim Kochen mit 2,1 GWh/a, bei der Kühlung/Klimatisierung mit 1,6 GWh/a und bei der Lüftung mit 1,2 GWh/a (Tabelle 35 in Teil III). Diese Potentiale sind abgeleitet aus dem Vergleich der Münsterschen Werte mit den Schweizer Normen für Restaurants. Dabei zeigt sich, daß bei einer Sanierung Einsparpotentiale bei der Beleuchtung von 50 %, bei der Lüftung von 35 % und bei der Klimatisierung von 31 % möglich sind. Auch in den Küchen gibt es beträchtliche Einsparpotentiale durch moderne Techniken, wie z. B. Induktionsherde, die ca. 70 % weniger Strom benötigen sowie durch neue Spülmaschinen mit Warmwasseranschluß und eine verbesserte

Kühltechnik. Die Verbesserung der Geräte reduziert außerdem die interne Abwärme, was bei der Entlüftung und Klimatisierung der Küchen zu weiteren Stromeinsparungen führt. Diese Einspartechniken können auch im Beherbergungsgewerbe zur Anwendung kommen und zu Stromeinsparungen vor allem bei den Verwendungszwecken Beleuchtung, Kochen und Warmwasserbereitung führen.

Fazit: Im Gaststättengewerbe kommt es bei den Verwendungszwecken Warmwasser und Prozeßwärme auch im Klimaschutz-Szenario zu deutlichen Mehrverbräuchen, die durch Einsparpotentiale im Beleuchtungsbereich nur teilweise ausgeglichen werden können. So kommt es im Klimaschutz-Szenario insgesamt zu einem Stromverbrauchsanstieg von 1,4 % (Tabelle 4), für den das hohe Wirtschaftswachstum im Gaststättengewerbe verantwortlich ist. Im Beherbergungsgewerbe und in den Heimen führen die steigenden Übernachtungen und der zunehmende Komfort insbesondere bei der Warmwasserbereitung zu einem Strommehreinsatz. Dieser kann auch nicht durch die großen Stromsparpotentiale im Beleuchtungsbereich ausgeglichen werden, so daß es auch im Klimaschutz-Szenario zu einem Strommehrverbrauch von 3,8 % kommt (Tabelle 4). Hier sollte näher untersucht werden, inwieweit sich weitere Einsparpotentiale ausschöpfen lassen. Im privaten Dienstleistungsbereich führt die Mobilisierung der Einsparpotentiale vor allem in den Bereichen Beleuchtung, Lüftung und EDV im Klimaschutz-Szenario zu einem Rückgang des Stromeinsatzes von rd. 14 % (Tabelle 4). Im Gegensatz zum privaten wird im öffentlichen Dienstleistungsbereich mit einer Stagnation der Beschäftigtenzahl gerechnet, so daß sogar ein Stromverbrauchsrückgang von fast 19 % bis 2005 möglich ist.

3.4.5 Sonstige Einrichtungen

A1) Verbrauchsstrukturen bei den Krankenhäusern und im Gesundheitswesen

Münster ist mit ca. 5.000 Krankbetten in 10 Krankenhäusern, 550 Arztpraxen und 83 Apotheken überdurchschnittlich ausgestattet. Mit 2.000 Krankbetten pro 100.000 Einwohner ist die Bettenzahl doppelt so hoch wie im westdeutschen Durchschnitt. Krankenhäuser und Gesundheitswesen waren 1991 mit 85,6 GWh und fast 17 % des Stromeinsatzes der Kleinverbraucher die Branche mit dem höchsten Stromverbrauch in Münster (Tabelle 1). In Westdeutschland lag 1989 der Anteil nur bei 4,5 %.

Der Strombedarf von Krankenhäusern ist abhängig von der Bettenzahl und deren Auslastung, von Größe, Bauart, Alter und Nutzung der Gebäude, von der Art und Intensität der medizinischen Versorgung sowie vom Vorhandensein mechanischer Kälteanlagen und der sonstigen technischen Geräteausstattung. Eine Reihe von Erhebungen zeigt eine große Bandbreite der spezifischen Stromverbräuche zwischen 47 und 260 kWh/m²a. Noch größere Unterschiede zeigen sich beim Stromverbrauch pro Bett und Tag, wobei das Universitäts-Zentralklinikum mit 298 kWh/B · d einen 25 mal so hohen Stromverbrauch hat wie die übrigen Krankenhäuser Münsters, deren Durchschnittsverbrauch bei 12 kWh/B.d liegt. Das Zentralklinikum verbrauchte 1991 bei etwa 10 % der Bettenkapazität ca. zwei Drittel des Stroms aller Krankenhäuser. Dieser extrem hohe Stromverbrauch mag z. T. an der dort betriebenen Intensiv- und Spezialmedizin mit der entsprechenden Geräteausstattung, den mechanischen Kälteanlagen und den aufwendigen Belüftungs- und Reinluftanlagen liegen. Die großen Unterschiede zwischen einzelnen Krankenhaustypen deuten auf beträchtliche Einsparpotentiale hin. Den größten Anteil am Stromverbrauch hatte 1991 bei den Krankenhäusern Münsters die Beleuchtung mit 23,5 GWh/a oder

27,5 % (Tabelle 1). Danach folgten Lüftung mit 20 % und Kraftanlagen mit 19 %. Auf Kühlung und Klimatisierung sowie Kochen entfielen 10 % bzw. 7 %.

B1) Einsparmaßnahmen

Im gesamten Krankenhausbereich liegen mit Sicherheit erhebliche Stromeinsparpotentiale. Im Bereich Beleuchtung kann der Stromverbrauch um ca. 60 % reduziert werden durch Einbau von Leuchten mit verlustarmen Vorschaltgeräten, mit verbesserten Wirkungsgraden und arbeitsplatzorientiertem Einsatz, Stufenschaltungen mit tageslicht- und zeitabhängiger Steuerung sowie Lampen mit größerer Lichtausbeute. Im Lüftungsbereich sind Stromeinsparungen von 65 % möglich durch den Einsatz von effizienten und angepaßten Elektromotoren und Ventilatoren, durch Beseitigung von Widerständen im Lüftungskanal sowie durch eine bedarfsabhängige Regelung und Schaltung. Beim Einsatz von Pumpen sind Einsparungen von mehr als 50 % möglich durch effizientere Motoren, elektronische Drehzahlregelungen sowie die sorgfältige Anpassung der Leistung und Regelung an die hydraulischen Gegebenheiten. Einsparungen im Bereich Kühlung können erreicht werden durch die Verringerung der Zahl der Kühlräume und Gefriergeräte sowie durch die Errichtung von Kältespeichern zur Lastversteigerung. Im Bereich Kochen sind Einsparungen von ca. 70 % möglich durch Induktionsherde, geschlossene Druckgargeräte, gut isolierte Warmhaltegeräte sowie verbesserte Geschirrspülmaschinen. Gute Voraussetzungen bestehen in den Krankenhäusern für die Substitution von Strom durch andere Energieträger sowie die Eigenerzeugung von Strom in BHKW und die Nutzung der Abwärme in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen. Dies wird im Kapitel Substitution näher betrachtet.

Fazit: Die Krankenhäuser waren 1991 mit 85,6 GWh oder 17 % des Kleinverbraucherstroms bzw. 8 % des Gesamtstromverbrauchs der wichtigste Strom-

verbraucher Münsters. Durch Verbesserung der Beleuchtungs- und Belüftungsanlagen, die Umstellung von Kompressions- auf Absorptionskälteanlagen sowie die Substitution von Strom in Küchen und Wäschereien durch gasbefeuerte Herde und Trockner lassen sich nicht nur beträchtliche Strommengen einsparen, sondern auch unnötige Emissionen und Kosten vermeiden. Insgesamt läßt sich im Klimaschutz-Szenario der Stromverbrauch bis 2005 um mehr als 20 GWh auf 64,5 GWh oder rd. 25 % reduzieren (Tabelle 4).

A2) Verbrauchsstrukturen für kirchliche Einrichtungen, Schulen und Schwimmbäder

Die 355 kirchlichen Einrichtungen waren 1991 mit 8,2 GWh oder 1,6 % am Stromeinsatz der Kleinverbraucher beteiligt (Tabelle 1). Die großen vorhandenen Stromeinsparpotentiale liegen vor allem in den Bereichen Beleuchtung, EDV und Bürogeräte sowie Lüftung.

Die 79 städtischen Schulen verbrauchten 1991 rd. 6 GWh Strom oder etwa 1,2 % des Strombedarfs aller Kleinverbraucher (Tabelle 1). Wegen fehlender Daten bleiben die privaten Schulen, die quantitativ kaum ins Gewicht fallen, unberücksichtigt. Die spezifischen Stromverbräuche differieren beträchtlich zwischen den einzelnen Schultypen, und zwar waren sie 1991 nur 10,1 kWh/m² für Realschulen aber 22,3 kWh/m² für Gymnasien. Der höhere Verbrauch mag bei letzteren an der höheren Geräteausstattung, Lüftungsanlagen und der außerschulischen Nutzung liegen. Der durchschnittliche Stromverbrauch in Münsters Schulen ist mit rd. 17 kWh/m²a beträchtlich höher als der durchschnittliche Verbrauch von 11 kWh/m²a in NRW und 13 kWh/m²a in Westdeutschland. Die Beleuchtung ist mit fast 50 % der größte Stromverbraucher in Münsters Schulen, gefolgt von Lüftung mit 20 % und je 7,5 % für Motoren und Raumwärme. Aus Datengründen werden auch hier nur die 9 städtischen Hallen- und die 4

städtischen Freibäder betrachtet, die 1991 3,4 GWh Strom oder 0,7 % des gesamten Kleinverbraucherstroms benötigten (Tabelle 1). Mit über 3 GWh/a verbrauchten die Hallenbäder ca. 90 % des Stroms. Die Hauptverbraucher waren raumluftechnische Anlagen mit 30 %, gefolgt von Motoren für Lüfter und Umwälzpumpen für Heizungs- und Beckenwasser mit 25 % sowie rd. 20 % für die Warmwasserbereitung und -aufbereitung. Die Beleuchtung fiel mit 10 % hier weniger ins Gewicht. Bezogen auf die Beckenfläche wiesen die Bäder beträchtliche Unterschiede im Stromverbrauch auf. Die Hallenbäder variierten zwischen ca. 500 und 2.500 kWh/m² und Freibäder zeigten Unterschiede zwischen ca. 40 und 105 kWh/m². Dies deutet auf erhebliche Einsparpotentiale hin.

B2) Einsparmaßnahmen

Im Schulbereich ist es möglich, durch effizientere Beleuchtungstechnik und geschickte Nutzung des Tageslichts etwa 30 % des Stroms im Bereich Beleuchtung einzusparen. Bei den Belüftungsanlagen lassen sich durch bessere Steuerung, Regelung und Dimensionierung und durch Verzicht auf überflüssige Leistung etwa 35 % des Stroms einsparen. Durch eine energiebewußtere Beschaffung von EDV-Anlagen und den Verzicht auf elektrische Direktheizgeräte ergeben sich weitere Stromeinsparchancen. Bei größeren Schulen besteht die – häufig auch ökonomisch interessante – Möglichkeit, den benötigten Strom durch ein eigenes BHKW zu erzeugen. Um die schwierige Frage der Investition durch die Stadt zu umgehen, kommen neben den Stadtwerken, Energieagenturen und andere private Contracting-Unternehmen in Frage. Neben den investiven Maßnahmen gibt es eine Reihe von organisatorischen und das Bewußtsein bildende Möglichkeiten, den Strom effizienter einzusetzen. Dazu gehören u. a.: Die Schulung von Hausmeistern und Schulleitern zur Bewußtmachung der Kosten- und Umweltrelevanz der Energieverbräuche in den Schulen, möglichst monatlich und im Vergleich mit anderen Schulen Münsters; die Initiierung eines

Stromsparwettbewerbs an Münsters Schulen; die Abschaffung von elektrischen Heizgeräten; die explizite Berücksichtigung des Stromverbrauchs bei der Gerätebeschaffung sowie bei Sanierung und Umbaumaßnahmen; die Formulierung von Einsparzielen und die Erarbeitung von Materialien für den Sachunterricht zur Erreichung dieser Einsparziele. Im Schwimmbadbereich lassen sich beträchtliche Stromeinsparungen erreichen bei den Lüftungsanlagen durch bessere Dimensionierung der Luftführung und bedarfsgesteuerte Regelung der Motoren, bei den Umwälzpumpen durch verbesserte Regelung und reduzierte Fördermengen und bei der Beleuchtung durch helligkeitsgesteuerte Dreibandlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten und Dimmern. Ergänzend zu den Stromeinsparpotentialen ergeben sich für Hallenbäder besonders wirtschaftliche Einsatzmöglichkeiten für BHKW, da der Wärmebedarf relativ konstant ist. Für Freibäder bietet sich die Beckenwassererwärmung durch Solaranlagen an.

Fazit: Durch die o. a. Maßnahmen lassen sich bei den kirchlichen Einrichtungen zwischen 1991 und 2005 ca. 16 %, bei den städtischen Schulen fast 27 % und bei den Schwimmbädern mehr als 24 % Strom einsparen (Tabelle 4). Obwohl sich die Einsparungen finanziell auszahlen, wie Beispiele aus anderen Kommunen und die Kostenberechnungen in Abschnitt 2.5 zeigen, kann es Probleme bei der Finanzierung der Investitionen aus dem städtischen Haushalt geben. Es besteht dann die Möglichkeit, daß die Stadtwerke oder private Contracting-Unternehmen die Investitionen anhand der zu erwartenden Einsparungen vorfinanzieren.

A3) Verbrauchsstruktur für Verkehr und Nachrichtenübermittlung

Zum Verkehrs- und Nachrichtenübermittlungsgewerbe gehörten 1991 25 Einrichtungen der Post, Bahn, Binnenschifffahrt und Speditionen mit etwa 4.500

Beschäftigten und einem Strombedarf von 19,5 GWh oder fast 4 % des Strombedarfs der Kleinverbraucher (Tabelle 1). Davon wurden 30 % für die Beleuchtung, 25 % für die Lüftung der Büroräume und je 10 % für EDV/Bürogeräte und Motorantrieb im Lager- und Umschlagsbereich eingesetzt.

B3) Einsparmaßnahmen

In den beiden wichtigsten Unternehmen dieser Branche, der Post und der Bahn, sind umfangreiche Umstrukturierungen im Gange. Obwohl insbesondere bei der elektronischen Kommunikation mit einem starken Wachstum gerechnet wird, ist die zukünftige Entwicklung insgesamt relativ unklar. Ähnlich wie bei den anderen Branchen liegen auch bei den o. a. Verwendungszwecken erhebliche Einsparpotentiale.

Fazit: Trotz der unklaren Entwicklungstendenzen wird im Trend-Szenario bis 2005 mit einem Stromverbrauchszuwachs von fast 28 % gerechnet (Tabelle 3). Im Klimaschutz-Szenario kann zwischen 1991 und 2005 eine Stromeinsparung von mehr als 13 % erreicht werden (Tabelle 4). Dies ist die geringste Einsparung im Bereich der sonstigen Einrichtungen. Bei detaillierter Analyse sollte eine größere Einsparung erreicht werden können.

A4) Verbrauchsstruktur der Gebietskörperschaften und Streitkräfte

Zu den Gebietskörperschaften gehören die Stadtverwaltung ohne die Schulen und Schwimmbäder, die Universität ohne die Kliniken sowie der Landschaftsverband, andere Einrichtungen des Landes, diverse Ämter und Gerichte. Mit ca. 12.000 Beschäftigten stellten sie 1991 den größten Arbeitgeber Münsters. Insgesamt setzten die Gebietskörperschaften 1991 77,8 GWh Strom ein, oder

15,4 % des Gesamteinsatzes der Kleinverbraucher (Tabelle 1), wobei auf die Stadt ca. 5 GWh, die Universität 30,4 GWh und die Landesinstitutionen 42,4 GWh entfielen.

Untersuchungen zum Stromverbrauch der Gebäude der Stadtverwaltung zeigen, daß die Stromkennzahl der Gebäude stark um den Mittelwert von ca. 44 kWh/m²a schwankt. So lagen z. B. 1991 die Bezirksverwaltungsstelle in Wolbeck (0,8), das Hochbauamt (4,5) und das Verkehrsamt (13,1) deutlich unterhalb des Durchschnitts, während das Stadthaus II (50,8), das Stadtweinhaus (69,8) und das Stadthaus I (77,2) den Mittelwert erheblich übertrafen. Auch im Städtevergleich ergibt sich ein ganz diverses Bild. So liegt Münster mit seiner durchschnittlichen Stromkennzahl von 44 kWh/m²a bei den Verwaltungsgebäuden zwischen Heidelberg (27) und Pforzheim (70) und bei den Heimen mit 38 kWh/m²a beträchtlich über den Werten des westdeutschen Durchschnitts (21) sowie von Pforzheim (25). Die Unterschiede mögen u. a. an der unterschiedlichen Ausstattung mit raumluft- und klimatechnischen Anlagen liegen. Aber erst Detailuntersuchungen können hier weiteren Aufschluß bringen. Gewiß liegen hier noch erhebliche Einsparpotentiale.

Die Universität ist bisher der einzige Verbraucher, der in einem eigenen Heizkraftwerk in nennenswerter Größenordnung den Strom selbst erzeugt. Von den 95,8 GWh Gesamtbedarf (Universität plus Kliniken) wurden etwa 8 GWh selbst produziert aber fast 90 % von den Stadtwerken bezogen. Auch bei den Universitätsgebäuden schwankten 1991 die Stromkennzahlen sehr stark um den Mittelwert von rd. 129 kWh/m²a. Für Wohnhäuser lag er bei rd. 12 kWh/m²a, für Gebäude mit einem geringen Technikanteil (Verwaltungsgebäude sowie geistes- und sozialwissenschaftliche Institute) bei rd. 39 kWh/m²a, für Bibliotheken bei rd. 186 kWh/m²a und für Gebäude mit einem hohen Technikanteil (Kälteanlagen für besonders tiefe Temperaturen, große Maschinen, Be- und Entlüftungsanlagen etc.) bei rd. 356 kWh/m²a. Ein Vergleich der Stromkenn-

zahlen zeigt, daß die Universität Münster bei Geisteswissenschaftlichen Einrichtungen mit 40 kWh/m²a (Uni Heidelberg 28 und Schweizer Unis 35), bei Naturwissenschaftlichen Einrichtungen mit 242 kWh/m²a (Uni Heidelberg 168 und Schweizer Unis 69) sowie bei der Verwaltung mit 40 kWh/m²a (Uni Heidelberg 22 und Schweizer Unis 28) beträchtlich überhöhte Werte aufweist. Hier liegt mit Sicherheit ein erhebliches Einsparpotential. Für die Gebietskörperschaften insgesamt zeigt sich, daß 1991 die Beleuchtung mit rd. 33 % der wichtigste Stromeinsatzbereich war. Es folgten Lüftung mit rd. 27 % sowie die EDV/Bürogeräte und die Motoren mit je 10 % (Tabelle 1).

B4) Einsparmaßnahmen

Um die beträchtlichen Stromeinsparpotentiale ausschöpfen zu können, ist es notwendig, ein modernes Energieeinsparmanagement auf- bzw. auszubauen und mit einer ausreichenden Anzahl von Mitarbeitern auszustatten. Zu den Aufgaben gehören vor allem die kontinuierliche und detaillierte Erfassung der Stromverbräuche in den unterschiedlichen Einsatzbereichen sowie die sorgfältige Erarbeitung von kostengünstigen Einsparmöglichkeiten. Für eine erste Beurteilung der Stromeinsätze eignet sich besonders gut die nach Nutzungsart und -dauer der Einrichtung differenzierte Stromkennzahl. Beim Neubau und bei der Sanierung des Altbestandes sollten der notwendige Strombedarf sowie die Art von Strombezug und -einsatz frühzeitig in die Planung miteinbezogen werden. Bei der Gerätebeschaffung ist nicht nur auf den Anschaffungspreis, sondern vor allem auch auf den Stromverbrauch und seine Kosten über den gesamten Lebenszyklus zu achten. Viele elektrische Geräte, und insbesondere EDV-Geräte, unterscheiden sich bei gleicher Leistung im Stromverbrauch oft um Größenordnungen. Neben unnötig hohen Stromverbräuchen lassen sich so auch überhöhte Investitionen vermeiden. Bei fehlenden Eigenmitteln bieten sich Finanzierungsmodelle wie Contracting an. Bei der fälligen Umstellung auf

FCKW-freie Kühlmittel bietet sich der gleichzeitige Umstieg von der Kompressionskälte in strombetriebenen Kühlaggregaten auf die Kälteerzeugung durch Absorptionskälteanlagen an. Dies ist deshalb von Interesse, weil zum einen die Strombedarfsspitze im Sommer verringert und zum andern die zu diesem Zeitpunkt geringe Auslastung der Wärmeerzeuger erhöht werden. Für den Betrieb der Absorptionskälteanlagen ist der Gas-BHKW-Betrieb vorzuziehen, weil er CO₂-Reduktionen um 80 - 90 % ermöglicht, während sich bei der Kälteerzeugung mit HKW-Dampf die spezifischen CO₂-Emissionen mehr als verdoppeln. Der Umbau von Notstromaggregaten zu BHKW ist ökologisch und ökonomisch interessant. Zusätzlich können sie zur Spitzenlastdeckung eingesetzt werden und so zur Senkung der Strombezugskosten beitragen.

Fazit: Bei den Gebietskörperschaften wird trotz stagnierender Beschäftigtenzahlen bis 2005 im Trend-Szenario mit einem Stromanstieg von rd. 23 % gerechnet (Tabelle 3). Die o. a. Maßnahmen könnten jedoch im Klimaschutz-Szenario zu einer Stromverbrauchsreduktion von fast 16 % führen (Tabelle 4). Das deutsche und britische Militär hatte 1991 in Münster einen Stromverbrauch von rd. 22 GWh (Tabelle 1) bzw. einen Anteil am Gesamtstromverbrauch der Kleinverbraucher von 4 %. Durch den Abzug der britischen Truppen, der Ende 1995 vollzogen sein wird, sowie durch die notwendigen Sanierungen und Umbauten durch die Bundeswehr wird bis 2005 im Klimaschutz-Szenario im Bereich Streitkräfte mit einer Stromeinsparung von rd. 66 % gerechnet (Tabelle 4).

3.4.6 Mobilisierung der Stromsubstitutionspotentiale

Zusätzlich zu dem Stromeinsparpotentialen, die in den Abschnitten 3.4.1 bis 3.4.5 nach Branchen und Verwendungszwecken abgeschätzt worden sind, sollen hier die Möglichkeiten der Substitution von Strom durch andere Endenergieträger (i. d. R. Erdgas) untersucht werden. Substitutionsmöglichkeiten

bestehen vor allem in den Bereichen Raumwärme (Ersatz der elektrischen durch Gasheizungen), Warmwasserbereitung (Ersatz der elektrischen durch erdgasbeheizte Durchlauferhitzer), Kochen (Ersatz der Elektro- durch Gasherde) sowie im Kältebereich (Ersatz von elektromotorischen Kompressionsanlagen durch Absorptionskälteanlagen, die z. B. mit der Abwärme aus BHKW betrieben werden). Beim direkten Einsatz des Primärenergieträgers Erdgas entfallen die gesamten Umwandlungsverluste in den Kraftwerken. Folglich kommt es bei der Substitution von Strom durch Gas zu einer drastischen Reduktion des Primärenergieeinsatzes, und zwar je nach Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers um bis zu 60 %. Gleichzeitig reduzieren sich die Emissionen und die Stromkosten, da der Arbeitspreis für Gas mit weniger als 5 Pf/kWh nur etwa ein Fünftel des Strompreises beträgt. Die Umrüstung von Geräten verursacht jedoch zusätzliche Kosten, da brennstoffbefeuerte Wärmeerzeuger i. d. R. höhere Investitionen für Leitungen und Brenner erfordern als elektrische Geräte. Die Zusatzkosten, die durch höhere Investitionskosten bei sinkenden Verbrauchskosten für Münster entstehen, werden im Abschnitt 3.5 abgeschätzt. Bei der Raumwärme liegt der Anteil des substituierbaren Stroms bei ca. 70 %, so daß sich bei einem Stromeinsatz nach der Mobilisierung des Einsparpotentials von knapp 22 GWh für den Kleinverbrauch insgesamt in Tabelle 4 bis 2005 ein Substitutionspotential von etwa 15 GWh (Differenz der Tabellen 4 und 5) ergibt. Hier geht es vorwiegend um den Ersatz von elektrischen Direktheizgeräten durch eine Gaszentralheizung. Bei der Warmwasserbereitung liegt der substituierbare Stromanteil nur bei 40 %. Aus der Differenz der Werte in den Tabellen 4 und 5 ergibt sich für den Kleinverbrauch insgesamt ein Substitutionspotential von rd. 9 GWh. Aus energetischer Sicht ist ein Anschluß der Warmwasserzapfstellen sowie der Wasch- und Spülmaschinen an eine zentrale Warmwasserbereitung dann sinnvoll, wenn diese mit Gas, Fernwärme oder Öl betrieben wird. Dies ist zwar bei vielen der Kleinverbraucherbetriebe der Fall, jedoch oft mit hohen Kosten für die notwendige Verlegung der Warmwasserleitungen verbunden. Bei der Prozeßwärme und beim Kochen lassen sich je etwa 30 % des

eingesetzten Stroms durch Erdgas ersetzen. Aus der Differenz von Tabelle 4 und 5 ergeben sich Substitutionspotentiale für Prozeßwärme von insgesamt etwa 3 GWh und für Kochen fast 5 GWh. Für die Stadtwerke ist Kochen mit Gas attraktiv, weil dies überwiegend zu Spitzenlastzeiten geschieht, wodurch sowohl die Spitzenstromlast als auch die entsprechenden Kosten für den Leistungsbezug verringert werden. Dadurch lassen sich die Stromerlöse insgesamt trotz verringerten Verbrauchs steigern. Die zusätzlichen Einnahmen durch das verkaufte Gas kommen noch hinzu. Schließlich liegt möglicherweise noch ein relativ großes Substitutionspotential in der Kälteerzeugung durch Absorptionskälteanlagen anstelle der üblichen Kompressionskälteanlagen. Das Potential läßt sich für Münster grob auf etwa 15 GWh bis 2005 schätzen. Dies sollte näher untersucht werden.

3.4.7 Zusammenfassung der Potentiale zur Stromeinsparung, Stromsubstitution und CO₂-Vermeidung

In Tabelle 6 sind Stromeinsparung und -substitution sowie CO₂-Vermeidung für das Klimaschutz-Szenario in 2005 im Vergleich zum Stand von 1991 und der Entwicklung im Trend-Szenario in 2005 für die Hauptakteure (Branchen) in Münster zusammengefaßt. Die dazu benutzten CO₂-Emissionsfaktoren wurden wie folgt abgeleitet: Im Gegensatz zur Stromeinsparung, bei der keine Emissionen anfallen, müssen bei der Substitution die Emissionen aus den Ersatzenergien von der Stromeinsparung abgezogen werden. Strom wird vorwiegend durch Erdgas substituiert, aber auch Fernwärme, Sonnenenergie und Öl kommen in Betracht. Hier wird als Mittelwert der spezifische Emissionsfaktor für Gas von rd. 200 g CO₂/kWh für die Substitution angesetzt unter der Annahme, daß niedrigere Emissionen durch Einsatz von Nah- und Solarwärme höhere Emissionen durch Öl ausgleichen. Moderne Brennwertkessel auf Gasbasis erreichen inzwischen ähnlich hohe Wirkungsgrade wie elektrische Widerstands-

heizungen. Etwaige Leitungsverluste zentraler Anlagen gegenüber dezentraler Wärmeerzeugung durch Strom werden durch einen Abschlag von 10 % ausgeglichen, so daß für die Substitution einer kWh Strom maximal 1,1 kWh Erdgas angesetzt werden. Die Emissionsbilanz ist dann wie folgt:

- Durch die Einsparung von 1 kWh Strom werden 636 g CO₂ vermieden.
- Gleichzeitig werden durch den Einsatz von 1,1 kWh Erdgas 222 g CO₂ emittiert.
- Per Saldo ergibt sich eine CO₂-Emissionsreduktion von 414 g oder 65 %.

Zur Erhöhung der Transparenz der Tabelle 6 werden beispielhaft für die Branche Landwirtschaft die Werte abgeleitet, wobei sich Unterschiede durch Rundungen ergeben können.

- *Stand 1991*
 $12,45 \text{ GWh (Tab. 1)} \times 636 \text{ t/GWh} = 7.918 \text{ t CO}_2$
- *Trend-Szenario 2005*
 $12,78 \text{ GWh (Tab. 3)} - 12,45 \text{ GWh (Tab. 1)} = 0,33 \text{ GWh} \times 636 \text{ t} = 210 \text{ t CO}_2$
 Anstieg
 $12,78 \text{ GWh} / 12,45 \text{ GWh} = 2,7 \text{ \% Anstieg}$
 $12,45 \text{ GWh} + 0,33 \text{ GWh} = 12,78 \text{ GWh}$ Summe
 $12,78 \text{ GWh} \times 636 \text{ t/GWh} = 8.128 \text{ t CO}_2$ Summe
- *Klimaschutz-Szenario (Einsparung)*
 $12,45 \text{ GWh (Tab. 1)} - 9,87 \text{ GWh (Tab. 4)} = 2,58 \text{ GWh}$ Reduktion
 $9,87 \text{ GWh} / 12,45 \text{ GWh} = 20,7 \text{ \%}$ Reduktion (GWh und CO₂)
 $12,45 \text{ GWh} - 2,58 \text{ GWh} = 9,87 \text{ GWh}$ Summe
 $9,87 \text{ GWh} \times 636 \text{ t/GWh} = 6.277 \text{ t CO}_2$ Summe

- *Klimaschutz-Szenario (Substitution)*

$9,87 \text{ GWh (Tab. 4)} - 8,00 \text{ GWh (Tab. 5)} = 1,87 \text{ GWh}/12,45 \text{ GWh (1991)} = 15,0 \% \text{ Reduktion}$

$1,87 \text{ GWh} \times 414 \text{ t/GWh} = 774 \text{ t CO}_2/7.918 \text{ t CO}_2 \text{ (1991)} = 9,8 \% \text{ Reduktion}$

- *Klimaschutz-Szenario (Saldo)*

$9,87 \text{ GWh (Einsparung)} - 1,87 \text{ GWh (Substitution)} = 8,0 \text{ GWh (Summe)}$

$8,0 \text{ GWh}/12,45 \text{ GWh (1991)} = 35,7 \% \text{ Reduktion}$

$6.277 \text{ t CO}_2 \text{ (Einsparung)} - 774 \text{ t CO}_2 \text{ (Substitution)} = 5.503 \text{ t CO}_2 \text{ (Summe)}$

$5.503 \text{ t CO}_2/7.918 \text{ t CO}_2 \text{ (1991)} = 30,5 \% \text{ Reduktion.}$

Insgesamt leiten sich aus Tabelle 6 für den Kleinverbrauch ohne die nicht erklärte Restgröße folgende Änderungen von 1991 - 2005 ab:

- *Trend-Szenario*

- Das größte Wachstum wird mit 49,5 GWh bzw. 31,5 kt CO₂ (43 %) beim Handel erwartet, gefolgt von Dienstleistungen mit 28,6 GWh oder 18,2 kt CO₂ (33 %).
- Der Einzelhandel (nonfood) ist mit 29,1 GWh bzw. 18,5 kt CO₂ (40 %) die Einzelbranche mit dem größten Wachstum.
- Insgesamt wird im Strombereich der Kleinverbraucher mit einer Zunahme um rd. 124 GWh bzw. 79 kt (24,5 %) von 506 GWh bzw. 322 kt CO₂ auf 630 GWh bzw. 400 kt CO₂ gerechnet.

- *Klimaschutz-Szenario (Einsparung)*

- Die größten Einsparungen werden mit 53,9 GWh bzw. 34,3 kt CO₂ (24 %) im Bereich sonstige Einrichtungen erwartet, gefolgt mit weitem Abstand von den Banken und Versicherungen mit 9,7 GWh bzw. 6,2 kt CO₂ (18 %).
- Die Krankenhäuser sind mit rd. 21 GWh bzw. 13,4 kt CO₂ (fast 25 %) die Einzelbranche mit dem mit Abstand größten Einsparpotential.
- Für den Kleinverbraucherbereich ergibt sich insgesamt ein Einsparpotential von rd. 78 GWh oder fast 50 kt CO₂ (15,5 %). Dadurch werden Stromverbrauch und CO₂-Ausstoß von 506 GWh bzw. 322 kt CO₂ auf 428 GWh bzw. 272 kt CO₂ abnehmen.

- *Klimaschutz-Szenario (Substitution)*

- Die größten Reduktionen durch Substitution werden mit fast 17 GWh (7,6 %) bzw. 7 kt CO₂ (5 %) bei den sonstigen Einrichtungen erwartet, gefolgt von den Dienstleistungen mit gut 12 GWh (rd. 14 %) bzw. 5 kt CO₂ (9 %).
- Der wichtigste Einzelbereich sind mit gut 7 GWh (ca. 9 %) bzw. 3 kt CO₂ (6 %) die Gebietskörperschaften, dicht gefolgt von den Krankenhäusern mit gut 6 GWh (ca. 7 %) bzw. 2,6 kt CO₂ (fast 5 %).
- Insgesamt ergibt sich ein Substitutionspotential von mehr als 38 GWh (rd. 8 %) bzw. fast 16 kt CO₂ (ca. 5 %).

- *Klimaschutz-Szenario (Saldo)*

- Insgesamt ergibt sich für den Strombereich der Kleinverbraucher eine Reduktion von ca. 117 GWh (23 %) bzw. ca. 66 kt CO₂ (20 %).

3.5 Kosten und Kosteneinsparungen der Maßnahmen

3.5.1 Zusatzkosten für Stromeinsparung

Die Kostenberechnungen werden im folgenden aus der Sicht der Kunden dargestellt. Zur Mobilisierung der o. a. Einsparpotentiale ist es notwendig, daß die Verbraucher in Zukunft bewußter mit der elektrischen Energie umgehen. Die Stromverbräuche lassen sich minimieren, wenn bei der Anschaffung eines Geräts mehr auf die Stromverbrauchskosten geachtet, der Stromverbrauch von Anlagen und Gebäuden bereits bei der Planung und Dimensionierung berücksichtigt und vom Verbraucher insgesamt rationeller mit der elektrischen Energie umgegangen wird. Allerdings können beim Einsatz der effizientesten Techniken Zusatzkosten entstehen, z. B. durch höhere Anschaffungspreise und höheren Wartungsaufwand. Die Preise und Investitionen werden als mittlere Zusatzkosten angegeben, d. h. bei der notwendigen Anschaffung z. B. einer Waschmaschine ist der Aufpreis des stromsparenden Geräts gegenüber dem Marktdurchschnitt enthalten. In vielen Fällen belaufen sich die Zusatzkosten nur auf wenige Prozent der Gesamtkosten, bzw. sind, wie bei den EDV-Geräten, fast Null. Da die restliche Investitionssumme ohnehin im Rahmen einer Neu- oder Ersatzbeschaffung anfällt, werden dafür keine Zusatzkosten in Rechnung gestellt. Unberücksichtigt bleiben hier auch die Kosteneinsparungen durch die Vermeidung von Spitzenlast, die durch Analyse des Lastverlaufs erst ermittelt werden müßten. Schließlich bleiben hier auch noch die Kosten zur Mobilisierung der Stromsparpotentiale durch Informations-, Beratungs- und Prämienprogramme unberücksichtigt.

Unter der Annahme, daß die meisten Geräte und Anlagen eine Lebensdauer bis 2005 und folglich für alle im Trend- und im Klimaschutz-Szenario durchzuführenden Einsparungen Bestand haben, lassen sich die Zusatzkosten nach Branchen und Verwendungszwecken für Münsters Stromverbrauch berechnen. Tabelle 7 zeigt die Einsparpotentiale, die sich aus der Differenz von Tabelle 3

und Tabelle 4 ergeben. Die Zusatzkosten in Tabelle 8 berechnen sich aus den Stromeinsparungen in Tabelle 7 dividiert durch 2 und multipliziert mit 15 a sowie den spezifischen Zusatzkosten (sie liegen zwischen 0 für EDV und 8,0 Pf/kWh für Warmwasser) in Tabelle 8. Durch die Division mit 2 erhält man die mittlere Einsparung pro Jahr über den Zeitraum 1991 - 2005 und durch Multiplikation mit 15 a die Gesamteinsparung. Für das Beispiel Licht und den Kleinverbrauch insgesamt ergeben sich folgende Zusatzkosten:

$$58,86 \text{ Mio kWh}/2 \times 0,069 \text{ DM/kWh} \times 15 \text{ a} = 30,5 \text{ Mio DM über 15 a}$$

oder 2 Mio. DM/a

Insgesamt fallen durch die Stromeinsparung Zusatzkosten bis 2005 in Höhe von 65 Mio. DM (Tabelle 8) bzw. 4,3 Mio. DM/a an.

3.5.2 Zusatzkosten durch Stromsubstitution

Das Stromsubstitutionspotential in Tabelle 9 ergibt sich aus der Differenz von Tabelle 4 und Tabelle 5. Die spezifischen Zusatzkosten für Stromsubstitution liegen zwischen 9,2 Pf/kWh für Kochen und 16,1 Pf/kWh für Prozeßwärme (Tabelle 10). Analog zu den Tabellen 7 und 8 lassen sich für das Beispiel Raumwärme und den Kleinverbrauch insgesamt anhand der Tabellen 9 und 10 folgende Zusatzkosten berechnen:

$$15,26 \text{ Mio kWh}/2 \times 0,098 \text{ DM/kWh} \times 15 \text{ a} = 11,2 \text{ Mio DM über 15 a}$$

oder 0,7 Mio. DM/a

Insgesamt belaufen sich die Zusatzkosten für Stromsubstitution bis 2005 auf 25 Mio. DM (Tabelle 10) bzw. 1,7 Mio. DM/a.

3.5.3 Bezugskosteneinsparung

Den Zusatzinvestitionen stehen die Strombezugskosteneinsparungen bei einem mittleren Arbeitspreis von 25 Pf/kWh über den Zeitraum 1991 - 2005 gegenüber. Die Bezugskostensparnisse in den Tabellen 11 und 12 berechnen sich analog zu den Zusatzkosten. Für das Beispiel Licht und den Kleinverbrauch insgesamt (Tabelle 7) ergibt sich nach Tabelle 11 folgende Bezugskosteneinsparung :

$$58,86 \text{ Mio kWh/2} \times 0,25 \text{ DM/kWh} \times 15 \text{ a} = 110 \text{ Mio. DM über 15 a}$$

oder 7,4 Mio. DM/a

Insgesamt belaufen sich die Bezugskostensparnisse für Stromeinsparung auf 380 Mio DM (Tabelle 11) bzw. 25,3 Mio. DM/a und für Stromsubstitution auf 60 Mio. DM (Tabelle 12) oder 4 Mio. DM/a.

3.5.4 Nettokosteneinsparung

Eine Stromsparmaßnahme ist für den Nutzer dann wirtschaftlich, wenn die Kosten zur Einsparung einer kWh geringer sind als der Kauf einer zusätzlichen kWh. Wie Tabellen 8 und 10 zeigen, liegen die Zusatzkosten der Stromeinsparung zwischen 0 und 8 Pf/kWh und für die Stromsubstitution zwischen 9,2 und 16,1 Pf/kWh. Bei den hier verwendeten mittleren Bezugskosten von 25 Pf/kWh (siehe 3.5.3) ergibt sich daraus bei allen Verwendungszwecken ein kostengünstiges Umsetzungspotential. Bei dieser Grobanalyse sind allerdings Strompreiserhöhungen, Umsetzungskosten sowie Anreizzahlungen u. a. noch nicht berücksichtigt. Die Nettokosteneinsparung nach Branchen und Verwendungszwecken für Stromeinsparung ergibt sich aus der Differenz der Tabellen 11 und 8. Insgesamt beläuft sie sich auf rd. 315 Mio DM (Tabelle 13). Analog dazu ergibt sich der Nettonutzen für Stromsubstitution aus der Differenz der Tabellen 12 und 10 und beläuft sich insgesamt auf ca. 35 Mio DM (Tabelle 14). Zusammen

men ergeben die Werte in den Tabellen 13 und 14 schließlich die Gesamt-Nettokosteneinsparung von rd. 350 Mio DM oder etwa 23 Mio DM/a. Die Zusatzkosten und die Kosteneinsparungen sind in der folgenden Übersicht zusammengestellt.

Übersicht über die Kostenberechnungen im Strombereich aus der Sicht der Kunden, Münster 1991 - 2005

	Mio. DM	Mio. DM/a
Zusatzkosten		
• Stromeinsparung	65,0	4,3
• Stromsubstitution	25,0	1,7
• gesamt	90,0	6,0
Bezugskostensparnis		
• Stromeinsparung	380,0	25,3
• Stromsubstitution	60,0	4,0
• gesamt	440,0	29,3
Nettokosteneinsparung	350,0	23,3

Anmerkung: Die Zusatzkosten sind zusätzliche Investitionen und Betriebskosten gegenüber der marktdurchschnittlichen Technik verteilt auf die Nutzungsdauer (hier 15 Jahre) der effizienteren Technik. Programm- und Umsetzungskosten bleiben hier unberücksichtigt.

3.6 Prioritäten und Umsetzung der Energieeinspar- und CO₂-Vermeidungspotentiale

In Teil 1 wurden als erster Schritt für Stromeinsparung vier Maßnahmen in den Branchen Einzelhandel, Krankenhäuser, Gebietskörperschaften sowie Banken und Versicherungen und für Stromsubstitution drei Maßnahmen in den Branchen Gebietskörperschaften, Gastgewerbe und Krankenhäuser empfohlen.

Diese Prioritierung wird bestimmt durch die Höhe der Strom-, CO₂- und Netto-Kosteneinsparungen (Tabelle 15). Die Stromeinsparung und die CO₂-Vermeidung werden für das Klimaschutz-Szenario dargestellt, und zwar zum einen für die erste Reduktionsperiode von 1990/91 bis 2005 der Bundesregierung und zum andern unter Berücksichtigung der Trendentwicklung. Der Bezug auf den Ausgangswert 1990/91 dient nur Vergleichszwecken. Die Einbeziehung der Trendentwicklung mit einem weiteren Stromverbrauchszuwachs vermittelt ein wirklichkeitsgetreueres Bild. Das hat weitreichende Konsequenzen. Um auch nur in die Nähe der CO₂-Reduktionsvorgabe von 25 - 30 % der Bundesregierung zu kommen, reicht eine CO₂-Reduktion von rd. 66 kt für den Kleinverbrauch insgesamt nicht aus, sondern muß mit ca. 145 kt mehr als doppelt so hoch sein, um allein den Zuwachs im Trend wieder auszugleichen (Tabelle 15). Die fünf vorgeschlagenen Maßnahmenbündel für Stromeinsparung und -substitution bringen weniger als 50 % der erforderlichen CO₂-Reduktion. Das bedeutet, daß zwar Prioritäten gesetzt werden können, daß aber wegen der nur noch geringen verbliebenen Zeit von 10 Jahren bis 2005 schon jetzt die Maßnahmen zur Erreichung der anderen 50 % des Reduktionspotentials eingeleitet werden müssen.

Die Ausschöpfung solch großer Einspar- und Substitutionspotentiale ist zweifellos eine Jahrhundertaufgabe. Tabelle 15 vermittelt einen Hoffnungsschimmer, daß dies zu bewältigen ist. Sie zeigt, daß der Klimaschutz – zumindest im Strombereich – beträchtliche Kosten spart. Das Nutzen-Kostenverhältnis liegt zwischen ca. 2 und 7. Dies ist eine Grobabschätzung, die noch verfeinert werden muß. Trotz dieses günstigen Nutzen-Kostenverhältnisses ist die Ausschöpfung der Einsparpotentiale kein Selbstläufer wie die Erfahrungen im In- und Ausland zeigen. Die Umsetzung von gezielten Einsparprogrammen bedarf einer entsprechenden Infrastruktur. In Teil 1 wurden dazu die folgenden vier sektorübergreifenden Handlungsempfehlungen gegeben, die umgehend umzusetzen sind:

- Die Einrichtung eines Klimaschutz- und Energiespar-Forums
- Die Einrichtung einer Koordinierungsstelle für Klima und Energie
- Eine jährliche Klimaschutz-Inventur als Erfolgskontrolle
- Die Änderung des Gesellschaftsauftrages und des Konzessionsvertrages der Stadtwerke Münster.

3.7 Anhang - Tabellen 1 bis 15

Die Tabellen 1 bis 15 befinden sich auf den folgenden Seiten.

Tabelle 1: Stromeinsatz in GWh nach Branchen und Verwendungszwecken (1991)

Branche	Verwendungszwecke										Summe	Anteil in %
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonstige		
Landwirtschaft	1,65	0,67	2,58	3,00	1,73	0,23	0,93	0,12	0,34	1,20	12,45	2,5
Gartenbau	0,15	0,29	0,00	0,15	0,74	0,00	0,15	0,02	0,00	0,30	1,80	0,4
Handwerk und Kleinindustrie	0,08	0,03	1,05	3,09	0,73	1,31	0,74	0,05	0,00	0,00	7,08	1,4
Wäschereien und Reinigungen	0,13	0,22	0,37	0,31	0,50	0,07	0,18	0,02	0,02	0,00	1,82	0,4
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	0,44	1,22	0,09	2,59	0,10	0,00	0,05	0,02	0,00	0,04	4,55	0,9
Gewerbe insgesamt	2,45	2,43	4,09	9,14	3,80	1,61	2,05	0,23	0,38	1,54	27,70	5,5
Einzelhandel (food)	0,67	0,67	0,00	1,12	5,16	8,97	4,48	1,12	0,22	0,00	22,41	4,4
Einzelhandel (nonfood)	2,18	2,18	0,00	3,64	33,38	10,60	16,43	3,64	0,72	0,00	72,77	14,4
Großhandel (food)	0,35	0,35	0,00	0,58	2,09	5,81	1,74	0,58	0,12	0,00	11,62	2,3
Großhandel (nonfood)	0,25	0,25	0,00	1,27	4,91	0,00	1,27	0,42	0,08	0,00	8,45	1,7
Handel und Sonstige insgesamt	3,45	3,45	0,00	6,61	45,54	25,38	23,92	5,76	1,14	0,00	115,25	22,8
Banken und Versicherungen	2,82	0,17	0,00	5,30	15,84	5,63	15,46	9,44	0,55	0,00	55,21	10,9
Gastgewerbe	1,92	3,99	1,02	2,84	5,07	2,56	2,56	0,51	5,12	0,00	25,59	5,1
Beherbungsgewerbe	1,13	2,36	1,36	1,68	2,99	1,51	0,76	0,30	2,27	0,74	15,10	3,0
sonstige private Dienstleistungen	2,82	1,61	0,81	4,03	12,09	2,01	10,07	4,03	0,81	2,02	40,30	8,0
sonstige öffentliche Dienstleistungen	0,34	0,19	0,10	0,49	1,46	0,24	1,21	0,49	0,10	0,23	4,85	1,0
Dienstleistungen insgesamt	6,21	8,15	3,29	9,04	21,61	6,32	14,60	5,33	8,30	2,99	85,84	17,0
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	3,00	2,48	1,88	16,26	23,54	8,56	17,12	2,57	5,99	4,20	85,60	16,9
Kirchliche Einrichtungen	0,57	0,33	0,16	0,82	2,46	0,41	2,05	0,82	0,16	0,43	8,21	1,6
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	1,37	0,78	0,39	1,95	5,86	0,98	4,89	1,95	0,39	0,94	19,50	3,9
Schulen	0,46	0,21	0,06	0,46	2,99	0,15	1,22	0,31	0,09	0,00	5,95	1,2
Schwimmbäder	0,24	0,68	-	0,85	0,34	0,17	1,02	0,07	0,03	-	3,40	0,7
Gebietskörperschaften	5,42	3,10	1,55	7,75	23,24	3,87	19,36	7,75	1,55	4,20	77,79	15,4
Stationierungsstreitkräfte	1,53	0,88	0,44	2,19	6,57	1,10	5,48	2,19	0,44	1,10	21,92	4,3
Sonstige Einrichtungen	12,59	8,46	4,48	30,28	65,00	15,24	51,14	15,66	8,65	10,87	222,37	43,9
Kleinverbrauch insgesamt	27,52	22,66	11,86	60,37	151,79	54,18	107,17	36,42	19,00	15,40	506,37	100,0
Anteil in %	5,4	4,5	2,3	11,9	30,0	10,7	21,2	7,2	3,8	3,0	100,0	

Anmerkung: Die leichten Diskrepanzen zwischen Tabellen 1-14 in Teil II und den Tabellen in Teil III beruhen vor allem auf Rundungen in den Nachkommastellen.

Quelle: Extrahiert aus Tabellen 21-57 in Teil III Wissenschaftlicher Anhang nach Daten der Stadtwerke Münster (1991, 1993b-d); Goy et al. (1986); Masuhr et al. (1990); Eckerte et al. (1991); Brunotte (1993); Hennicke et al. (1993)

Tabelle 2: Annahmen zur Entwicklung des Stromverbrauchs (%) im Trend-Szenario, 1991-2005

Branche	Verwendungszwecke									
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonstige
Gewerbe insgesamt	-3,1	0,9	9,3	36,0	13,5	59,1	33,6	52,9	12,2	12,2
Einzelhandel (food)	20,0	4,5	-	59,8	26,0	63,9	49,5	71,6	36,4	36,4
Einzelhandel (nonfood)	21,1	2,0	-	58,6	25,8	63,2	49,6	73,7	38,2	38,2
Einzelhandel insgesamt	20,8	2,6	-	59,9	25,8	63,5	49,6	73,2	37,8	37,8
Großhandel (food)	17,1	-2,3	-	53,8	38,8	58,1	43,4	70,7	-4,2	-4,2
Großhandel (nonfood)	58,0	-2,0	-	53,9	40,5	-	46,1	66,7	-3,8	-3,8
Großhandel insgesamt	34,2	-2,2	-	53,9	40,0	58,1	44,5	69,0	-4,0	-4,0
Banken und Versicherungen	-3,3	-2,4	-	11,0	47,4	13,7	4,1	78,1	-4,0	-4,0
Gastgewerbe	26,3	44,7	27,8	45,2	32,1	68,0	36,4	58,8	41,3	41,3
Beherbungsgewerbe	26,7	44,2	28,2	45,5	32,3	68,3	35,4	60,7	41,6	41,6
sonstige private Dienstleistungen	17,2	18,3	19,1	34,3	22,4	38,6	26,1	46,5	16,0	16,0
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	17,5	18,6	18,7	35,1	22,7	38,0	26,2	48,4	16,4	16,4
pnv. Dienstl./Verkehr u. Nachr.	17,3	18,4	19,0	34,6	22,5	38,4	26,1	47,1	16,2	16,2
sonstige öffentliche Dienstleistungen	14,0	12,6	15,0	23,3	22,9	26,7	23,6	41,8	4,0	4,0
Gebietskörperschaften	14,0	16,0	-	31,0	18,9	33,6	22,7	43,9	12,9	12,9
öff. Dienstl./Gebietskörpersch.	14,0	15,8	15,0	30,5	19,2	33,2	22,8	43,8	12,4	12,4
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	0,5	1,4	1,3	15,6	4,9	19,2	8,1	28,4	-0,3	-0,3
Schulen	0,9	1,9	1,7	16,1	5,5	19,3	7,7	27,1	0,4	0,4
Schwimmbäder	-0,8	0,0	-	13,5	3,2	16,5	6,3	24,3	-3,3	-3,3

Quelle: Hennicke et al. (1993) und extrahiert aus Tabellen 21-57 in Teil III Wissenschaftlicher Anhang nach Daten der Stadtwerke Münster (1991, 1993b-d); Eckerte et al. (1991); Bach et al. (1993)

Tabelle 3: Stromeinsatz in GWh nach Branchen und Verwendungszwecken im Trend-Szenario (2005)

Branche	Verwendungszwecke										Summe	Änderung % 1991-2005
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonstige		
Landwirtschaft	1,39	0,61	2,44	3,51	1,70	0,32	1,05	0,18	0,34	1,25	12,78	2,6
Gartenbau	0,19	0,31	0,00	0,35	0,84	0,00	0,20	0,03	0,00	0,37	2,28	26,9
Handwerk und Kleinindustrie	0,21	0,16	1,48	4,48	1,07	2,13	1,14	0,09	0,00	0,00	10,74	51,7
Wäschereien und Reinigungen	0,17	0,22	0,45	0,47	0,59	0,11	0,29	0,03	0,06	0,00	2,98	30,6
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	0,42	1,15	0,10	3,62	0,11	0,00	0,07	0,03	0,00	0,09	5,58	22,7
Gewerbe insgesamt	2,38	2,45	4,47	12,43	4,31	2,56	2,74	0,35	0,40	1,71	33,77	21,9
Einzelhandel (food)	0,80	0,70	-	1,79	6,50	14,70	6,70	1,92	0,30	-	33,42	49,1
Einzelhandel (nonfood)	2,64	2,22	-	5,77	42,00	17,30	24,59	6,32	1,00	-	101,84	39,9
Großhandel (food)	0,41	0,34	-	0,89	2,90	9,19	2,50	0,99	0,12	-	17,33	49,1
Großhandel (nonfood)	0,40	0,25	-	1,96	6,90	-	1,86	0,70	0,08	-	12,13	43,5
Handel und Sonstige insgesamt	4,25	3,51	-	10,41	58,30	41,19	35,63	9,93	1,49	-	164,71	42,9
Banken und Versicherungen	2,73	0,17	-	5,89	23,35	6,40	16,10	16,81	0,53	-	71,97	30,4
Gastgewerbe	2,42	5,78	1,30	4,12	6,70	4,30	3,49	0,81	7,23	-	36,16	41,3
Beherbergungsgewerbe	1,43	3,40	1,74	2,44	3,96	2,54	1,03	0,48	3,21	0,97	21,21	40,5
sonstige private Dienstleistungen	3,30	1,90	0,97	5,41	14,80	2,79	12,70	5,90	0,94	2,40	51,12	26,8
sonstige öffentliche Dienstleistungen	0,38	0,21	0,12	0,60	1,80	0,30	1,50	0,70	0,10	0,20	5,91	21,9
Dienstleistungen insgesamt	7,54	11,30	4,13	12,59	27,25	9,93	18,72	7,89	11,49	3,57	114,40	33,3
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	3,01	2,51	1,90	18,80	24,70	10,20	18,50	3,30	5,97	4,40	93,31	9,0
Kirchliche Einrichtungen	0,72	0,40	0,31	1,10	2,97	0,54	2,45	1,24	0,17	0,21	10,11	23,1
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	1,61	0,93	0,46	2,64	7,19	1,35	6,17	2,89	0,45	1,20	24,89	27,6
Schulen	0,46	0,21	0,06	0,53	3,15	0,18	1,31	0,39	0,09	0,34	6,74	13,4
Schwimmbäder	0,24	0,68	-	0,97	0,35	0,20	1,08	0,09	0,03	-	3,63	6,8
Gebietskörperschaften	6,18	3,60	1,55	10,15	27,64	5,17	23,76	11,15	1,75	4,60	95,55	22,8
Stationierungstreitkräfte	0,77	0,42	0,33	1,24	3,26	0,70	2,65	1,41	0,21	0,16	11,15	-49,1
Sonstige Einrichtungen	13,00	8,75	4,62	35,42	69,27	18,34	55,93	20,47	8,68	10,91	245,38	10,3
Kleinverbrauch insgesamt	29,89	26,17	13,21	76,73	182,481	78,42	129,12	55,46	22,59	16,19	630,22	24,5
Änderung 1991-2005 in %	8,6	15,5	11,4	27,1	20,2	44,7	20,5	52,3	18,9	5,1	24,5	

Quelle: Berechnet aus Tabelle 1 und der Prozentänderung in Tabelle 2

Tabelle 4: Stromeinsatz in GWh nach Branchen und Verwendungszwecken nach Mobilisierung des Einsparpotentials im Klimaschutz-Szenario (2005)

Branche	Verwendungszwecke										Summe	Änderung % 1991-2005
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonstige		
Landwirtschaft	1,18	0,58	2,44	2,94	1,33	0,23	0,81	0,09	0,27	0,00	9,87	-20,8
Gartenbau	0,11	0,25	0,00	0,15	0,57	0,00	0,13	0,02	0,00	0,48	1,70	-5,6
Handwerk und Kleinindustrie	0,06	0,03	1,03	3,03	0,56	1,31	0,64	0,04	0,00	0,96	7,65	8,1
Wäschereien und Reinigungen	0,09	0,19	0,36	0,30	0,38	0,07	0,16	0,02	0,02	0,16	1,75	-3,9
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	0,31	1,06	0,10	2,54	0,08	0,00	0,04	0,02	0,00	0,09	4,24	-6,8
Gewerbe insgesamt	1,75	2,11	3,93	8,95	2,92	1,61	1,78	0,18	0,29	1,69	25,21	-9,0
Einzelhandel (food)	0,59	0,60	-	1,29	4,41	9,31	4,37	0,96	0,22	-	21,77	-2,9
Einzelhandel (nonfood)	1,96	1,91	-	4,17	28,40	10,93	16,00	3,15	0,71	-	67,23	-7,6
Großhandel (food)	0,30	0,30	-	0,64	1,98	5,80	1,61	0,50	0,08	-	11,21	-3,6
Großhandel (nonfood)	0,29	0,22	-	1,42	4,74	-	1,24	0,34	0,06	-	8,32	-1,5
Handel und Sonstige insgesamt	3,15	3,03	-	7,52	39,53	26,05	23,23	4,95	1,07	-	108,52	-5,8
Banken und Versicherungen	2,00	0,14	-	4,26	15,80	4,02	10,50	8,40	0,39	-	45,51	-17,6
Gastgewerbe	1,79	5,00	1,18	2,96	4,50	2,70	2,28	0,40	5,15	-	25,95	1,4
Beherbergungsgewerbe	1,06	2,94	1,57	1,76	2,68	1,60	0,67	0,24	2,29	0,87	15,68	3,8
sonstige private Dienstleistungen	2,43	1,64	0,87	3,90	10,00	1,76	8,30	2,90	0,68	2,20	34,67	-14,0
sonstige öffentliche Dienstleistungen	0,22	0,18	0,10	0,43	1,20	0,19	0,98	0,35	0,08	0,20	3,93	-18,9
Dienstleistungen insgesamt	5,50	9,75	3,71	9,06	18,38	6,25	12,22	3,89	8,19	3,27	80,22	-6,5
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	2,21	2,15	1,71	13,50	16,80	6,40	12,00	1,70	4,26	3,80	64,55	-24,6
Kirchliche Einrichtungen	0,49	0,27	0,21	0,75	2,02	0,37	1,67	0,84	0,12	0,14	6,88	-16,2
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	1,19	0,80	0,42	1,90	4,87	0,85	4,01	1,45	0,32	1,10	16,90	-13,3
Schulen	0,34	0,19	0,06	0,38	2,15	0,11	0,86	0,20	0,07	0,00	4,35	-26,9
Schwimmbäder	0,18	0,58	-	0,70	0,24	0,12	0,70	0,04	0,02	-	2,58	-24,1
Gebietskörperschaften	4,60	3,10	-	7,30	18,70	3,26	15,54	5,46	1,25	6,50	65,70	-15,5
Stationierungstreitkräfte	0,52	0,29	0,22	0,84	2,22	0,48	1,80	0,96	0,14	-	7,47	-65,9
Sonstige Einrichtungen	9,53	7,37	2,62	25,37	47,00	11,59	36,58	10,65	6,18	11,54	168,44	-24,3
Kleinverbrauch insgesamt	21,93	22,41	10,26	55,16	123,62	49,52	84,31	28,07	16,12	16,50	427,90	-15,5
Änderung 1991-2005 in % 1)	-20,3	-1,1	-13,5	-8,6	-18,6	-8,6	-21,3	-22,9	-15,2	7,2	-15,5	-
Änderung 1991-2005 in % 2)	-26	-14	-10	-28	-32	-37	-35	-50	-28	-	-	-

1) Einsparpotential ohne Berücksichtigung der Trendentwicklung

2) Einsparpotential unter Berücksichtigung der Trendentwicklung nach Teil III, Tabellen 21-57 sowie Eckerle et al. (1991); Hennis et al (1993) und Bach et al. (1993)

Quelle: Berechnet aus Tabelle 3 und der Prozentänderung in Fußnote 2)

Tabelle 5: Stromeinsatz in GWh nach Branchen und Verwendungszwecken nach Mobilisierung von Einspar- und Substitutionspotentialen im Klimaschutz-Szenario (2005)

Branche	Verwendungszwecke										Änderung 1991-2005	
	Raumw. 1)	Warmw. 2)	Prozeß. 3)	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen 3)	Sonstige		Summe
Landwirtschaft	0,35	0,35	1,71	2,94	1,33	0,23	0,81	0,09	0,19	0,00	8,00	-35,8
Gartenbau	0,03	0,15	0,00	0,15	0,57	0,00	0,13	0,02	0,00	0,50	1,54	-14,3
Handwerk und Kleinindustrie	0,02	0,02	0,72	3,03	0,56	1,31	0,64	0,04	0,00	0,57	6,91	-2,5
Wäschereien und Reinigungen	0,03	0,11	0,25	0,30	0,38	0,07	0,16	0,02	0,01	0,16	1,49	-17,9
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	0,09	0,64	0,07	2,54	0,08	0,00	0,04	0,02	0,00	0,09	3,57	-21,6
Gewerbe insgesamt	0,52	1,27	2,75	8,95	2,92	1,61	1,78	0,18	0,20	1,32	21,50	-22,4
Einzelhandel (food)	0,18	0,36	-	1,29	4,41	9,31	4,37	0,96	0,15	-	21,05	-6,1
Einzelhandel (nonfood)	0,59	1,15	-	4,17	28,40	10,93	16,00	3,15	0,50	-	64,88	-10,8
Großhandel (food)	0,09	0,18	-	0,64	1,98	5,80	1,61	0,50	0,06	-	10,85	-6,6
Großhandel (nonfood)	0,09	0,13	-	1,42	4,74	-	1,24	0,34	0,04	-	8,01	-5,2
Handel und Sonstige insgesamt	0,94	1,82	-	7,52	39,53	26,05	23,23	4,95	0,75	-	104,79	-9,1
Banken und Versicherungen	0,60	0,09	-	4,26	15,80	4,02	10,50	8,40	0,27	-	43,93	-20,4
Gastgewerbe	0,54	3,00	0,82	2,96	4,50	2,70	2,28	0,40	3,61	-	20,80	-18,7
Beherbergungsgewerbe	0,32	1,76	1,10	1,76	2,68	1,60	0,67	0,24	1,60	0,37	12,10	-19,9
sonstige private Dienstleistungen	0,73	0,98	0,61	3,90	10,00	1,76	8,30	2,90	0,47	1,70	31,35	-22,2
sonstige öffentliche Dienstleistungen	0,15	0,11	0,07	0,43	1,20	0,19	0,98	0,35	0,05	0,10	3,63	-25,0
Dienstleistungen insgesamt	1,74	5,85	2,60	9,06	18,38	6,25	12,22	3,89	5,74	2,17	67,88	-20,9
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	0,66	1,29	1,20	13,50	16,80	6,40	12,00	1,70	2,98	1,80	58,35	-31,8
Kirchliche Einrichtungen	0,15	0,16	0,15	0,75	2,02	0,37	1,67	0,84	0,08	-	6,18	-24,7
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	0,36	0,48	0,29	1,90	4,87	0,85	4,01	1,45	0,23	0,90	15,33	-21,4
Schulen	0,10	0,11	0,04	0,38	2,15	0,11	0,86	0,20	0,05	0,08	4,08	-31,4
Schwimmbäder	0,05	0,35	-	0,70	0,24	0,12	0,70	0,04	0,01	-	2,22	-34,8
Gebietskörperschaften	1,38	1,86	-	7,30	18,70	3,26	15,54	5,46	0,88	4,07	58,44	-24,9
Stationierungstreitkräfte	0,16	0,17	0,16	0,84	2,22	0,48	1,80	0,96	0,10	-	6,88	-68,6
Sonstige Einrichtungen	2,86	4,42	1,83	25,37	47,00	11,59	36,58	10,65	4,33	6,85	151,48	-31,9
Kleinverbrauch insgesamt	6,67	13,44	7,18	55,16	123,62	49,52	84,31	28,07	11,28	10,34	389,59	-23,1
Änderung 1991-2005 in %	-75,8	-40,7	-39,4	-8,6	-18,6	-8,6	-21,3	-22,9	-40,6	-32,9	-23,1	-

Substitutionspotentiale: 1) 70 %, 2) 40 %, 3) 30%

Quelle: Berechnet aus Tabelle 4 nach Henricke et al. (1994)

Tabelle 6: Entwicklung des Stromeinsatzes und der CO2-Emissionen nach Branchen im Trend- und Klimaschutz-Szenario (2005)

Branche	Ist-Stand 1991		Trend-Szenario, 2005						Klimaschutz-Szenario, 2005											
	GWh	t CO2 (1)	Änderung 1991-2005			Summe			Einsparung			Substitution			Saldo / Änderung 1991-2005					
			GWh	t CO2 (1)	%	GWh	t CO2 (1)	%	GWh	t CO2 (1)	%	GWh	t CO2 (2)	%	GWh	t CO2 (2)	%			
Landwirtschaft	12,5	7 918	0,3	210	2,7	12,8	8 128	-2,6	-1 641	-20,7	9,9	6 277	-1,87	-15,0	-774	-9,8	8,0	-35,7	5 503	-30,5
Gartenbau	1,8	1 145	0,5	305	26,7	2,3	1 450	-0,1	-70	-6,1	1,7	1 075	-0,16	-8,9	-86	-5,8	1,5	-15,0	1 009	-11,9
Handwerk und Kleinindustrie	7,1	4 503	3,7	2 328	51,7	10,7	6 831	0,6	363	8,1	7,7	4 865	-0,75	-10,6	-311	-6,9	6,9	-2,5	4 555	1,2
Wäschereien und Reinigungen	1,8	1 158	0,6	356	30,8	2,4	1 514	-0,1	-45	-3,8	1,8	1 113	-0,29	-15,9	-120	-10,4	1,5	-17,6	993	-14,2
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	4,6	2 894	1,0	655	22,6	5,6	3 549	-0,3	-197	-6,8	4,2	2 697	-0,67	-14,7	-277	-9,6	3,6	-21,5	2 419	-16,4
Gewerbe insgesamt	27,7	17 617	6,1	3 854	21,9	33,8	21 471	-2,5	-1 590	-9,0	25,2	16 027	-3,7	-13,5	-1 548	-8,8	21,48	-22,5	14 479	-17,8
Einzelhandel (food)	22,4	14 253	11,0	7 002	49,1	33,4	21 255	-0,6	-407	-2,9	21,8	13 846	-0,72	-3,2	-298	-2,1	21,1	-6,1	13 548	-4,9
Einzelhandel (nonfood)	72,8	46 282	29,1	18 499	39,9	101,8	64 770	-5,8	-3 530	-7,6	67,2	42 752	-2,35	-3,2	-973	-2,1	64,9	-10,9	41 779	-9,7
Großhandel (food)	11,6	7 390	5,7	3 632	49,1	17,3	11 022	-0,4	-261	-3,5	11,2	7 130	-0,36	-3	-149	-2,0	10,9	-6,6	6 981	-5,5
Großhandel (nonfood)	8,5	5 374	3,7	2 340	43,6	12,1	7 715	-0,1	-83	-1,5	8,3	5 292	-0,31	-3,7	-128	-2,4	8,0	-5,2	5 163	-3,9
Handel und Sonstige insgesamt	115,3	73 299	49,5	31 463	42,9	164,7	104 762	-6,7	-4 280	-6,8	106,5	69 019	-3,7	-3,2	-1 548	-2,1	104,8	-9,1	67 470	-8,0
Banken und Versicherungen	55,2	35 114	16,8	10 659	30,4	72,0	45 773	-9,7	-6 169	-17,6	45,6	28 944	-1,6	-2,9	-658	-1,9	43,9	-20,4	28 286	-19,4
Gastgewerbe	25,6	16 275	10,6	6 723	41,3	36,2	22 998	0,4	229	1,4	26,0	16 504	-5,15	-20,1	-2 132	-13,1	20,8	-18,7	14 372	-11,7
Beherbergungsgewerbe	15,1	9 604	6,1	3 886	40,5	21,2	13 490	0,6	363	3,8	15,7	9 968	-3,57	-23,6	-1 478	-15,4	12,1	-19,9	8 488	-11,6
sonstige private Dienstleistungen	40,3	25 631	10,8	6 882	26,8	51,1	32 512	-5,6	-3 581	-14,0	34,7	22 050	-3,32	-8,2	-1 374	-5,4	31,4	-22,2	20 676	-19,3
sonstige öffentliche Dienstleistungen	4,9	3 085	1,1	674	21,9	5,9	3 759	-0,9	-585	-19,0	3,9	2 499	-0,29	-6,0	-120	-3,9	3,8	-24,9	2 379	-22,9
Dienstleistungen insgesamt	85,8	54 594	28,6	18 164	33,3	114,4	72 758	-5,8	-3 574	-6,5	80,2	51 020	-12,3	-14,4	-6 105	-9,4	67,9	-20,9	45 915	-15,9
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	85,6	54 442	7,7	4 904	9,0	93,3	59 345	-21,1	-13 388	-24,6	64,6	41 064	-6,2	-7,2	-2 567	-4,7	58,4	-31,8	38 487	-29,3
Kirchliche Einrichtungen	8,2	5 222	1,9	1 208	23,1	10,1	6 430	-1,3	-846	-16,2	6,9	4 376	-0,69	-8,4	-286	-5,5	6,2	-24,6	4 090	-21,7
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	19,5	12 402	5,4	3 428	27,6	24,9	15 830	-2,6	-1 654	-13,3	16,9	10 748	-1,57	-8,1	-650	-5,2	15,3	-21,4	10 098	-18,6
Schulen	6,0	3 784	0,8	502	13,3	6,7	4 287	-1,6	-1 018	-26,9	4,4	2 767	-0,27	-4,5	-112	-3,0	4,1	-31,4	2 655	-29,8
Schwimmbäder	3,4	2 162	0,2	146	6,8	3,6	2 309	-0,8	-522	-24,1	2,6	1 641	-0,36	-10,6	-149	-6,9	2,2	-34,7	1 492	-31,0
Gebietskörperschaften	77,8	49 474	17,8	11 295	22,8	95,6	60 770	-12,1	-7 683	-15,5	65,7	41 792	-7,26	-9,3	-3 006	-6,1	58,5	-24,9	38 786	-21,6
Stationierungstreitkräfte	21,9	13 941	-10,8	-6 850	-49,1	11,2	7 091	-14,5	-9 190	-65,9	7,5	4 751	-0,59	-2,7	-244	-1,8	6,9	-68,6	4 507	-67,7
Sonstige Einrichtungen	222,4	141 427	23,0	14 634	10,3	245,4	156 062	-53,9	-34 299	-24,3	168,4	107 128	-16,9	-7,6	-7 013	-5,0	151,5	-31,9	100 115	-29,2
Kleinverbrauch insgesamt	506,4	322 051	123,9	78 775	24,5	630,2	400 826	-78,5	-49 913	-15,5	427,9	272 138	-38,3	-7,6	-15 873	-4,9	389,6	-23,1	256 265	-20,4
nicht erklärte Restgröße	33,0	20 991	6,1	5 152	24,5	41,1	26 142	-6,8	-4 325	-20,6	26,2	16 666	-1,4	-4,2	-590	-2,8	24,8	-24,8	16 066	-23,4
Summe lt. 2. Fortschreibung SWM	539,4	343 042	132,0	83 927	24,5	671,3	426 968	-85,3	-54 238	-15,8	464,1	288 804	-39,7	-7,4	-16 462	-4,8	414,4	-23,2	272 351	-20,6

Berechnet mit spezifischen Emissionsfaktoren: 1) für Strom: 636 t CO2/GWh; 2) für Stromsubstitution durch Gas: 414 t CO2/GWh

Quelle: Berechnet nach Tabellen 1-5

Tabelle 7: Stromeinsparung (GWh) nach Branchen und Verwendungszwecken durch Mobilisierung des Einsparpotentials unter Berücksichtigung der Trendentwicklung bis 2005

Branche	Verwendungszwecke										Summe
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonstige	
Landwirtschaft	0,21	0,03	-	0,58	0,37	0,09	0,24	0,08	0,07	1,25	2,91
Gartenbau	0,08	0,06	-	0,20	0,27	-	0,07	0,01	-	-0,11	0,59
Handwerk und Kleinindustrie	0,15	0,13	0,45	1,45	0,51	0,82	0,49	0,05	-	-0,96	3,09
Wäschereien und Reinigungen	0,08	0,03	0,09	0,17	0,21	0,04	0,13	0,01	0,04	-0,16	0,63
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	0,11	0,08	0,00	1,08	0,04	-	0,02	0,02	-	0,00	1,34
Gewerbe insgesamt	0,63	0,34	0,53	3,48	1,39	0,95	0,96	0,17	0,11	0,02	8,56
Einzelhandel (food)	0,21	0,10	-	0,50	2,09	5,39	2,33	0,96	0,08	-	11,65
Einzelhandel (nonfood)	0,69	0,31	-	1,61	13,60	6,37	8,59	3,17	0,29	-	34,62
Großhandel (food)	0,11	-	-	0,25	0,93	3,39	0,88	0,50	-	-	6,12
Großhandel (nonfood)	0,10	-	-	0,54	2,16	-	0,61	0,36	-	-	3,81
Handel und Sonstige insgesamt	1,10	0,48	-	2,89	18,77	15,14	12,41	4,98	0,42	-	56,19
Banken und Versicherungen	0,72	-	-	1,63	7,55	2,38	5,61	8,41	0,14	-	26,46
Gastgewerbe	0,63	0,78	0,13	1,16	2,20	1,60	1,22	0,41	2,08	0,00	10,21
Beherbergungsgewerbe	0,37	0,46	0,18	0,68	1,28	0,94	0,36	0,24	0,92	0,10	5,54
sonstige private Dienstleistungen	0,87	0,27	0,10	1,51	4,80	1,03	4,40	3,00	0,27	0,20	16,45
sonstige öffentliche Dienstleistungen	0,16	-	-	0,17	0,60	0,11	0,52	0,35	-	0,00	1,98
Dienstleistungen insgesamt	2,04	1,54	0,42	3,53	8,87	3,68	6,50	4,01	3,30	0,30	34,18
Krankenhäuser und Gesundheitswesen	0,80	0,36	0,19	5,30	7,90	3,80	6,50	1,60	1,71	0,60	28,76
Kirchliche Einrichtungen	0,23	0,13	0,10	0,35	0,95	0,17	0,78	0,40	0,05	0,07	3,23
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	0,42	0,13	0,05	0,74	2,32	0,50	2,16	1,44	0,13	0,10	7,99
Schulen	0,12	0,03	0,01	0,15	1,00	0,07	0,45	0,19	0,03	0,34	2,39
Schwimmbäder	0,06	0,10	-	0,27	0,11	0,07	0,38	0,05	0,01	-	1,05
Gebietskörperschaften	1,59	0,50	1,55	2,85	8,94	1,91	8,22	5,69	0,50	-1,90	29,84
Stationierungstreitkräfte	0,25	0,13	0,11	0,40	1,04	0,22	0,85	0,45	0,07	0,16	3,68
Sonstige Einrichtungen	3,47	1,38	2,00	10,05	22,27	6,75	19,35	9,82	2,50	-0,63	76,94
Kleinverbrauch insgesamt	7,96	3,76	2,95	21,58	58,86	28,90	44,81	27,40	6,47	-0,32	202,33

Berechnet aus der Differenz der Tabellen 3 und 4

Tabelle 8: Zusatzkosten (DM) der Stromeinsparung nach Branchen und Verwendungszwecken durch Mobilisierung des Einsparpotentials unter Berücksichtigung der Trendentwicklung bis 2005

Branche	Verwendungszwecke										Summe
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Sonstige	
Landwirtschaft	64 114	19 062	-	202 688	192 179	13 500	76 678	0	26 363	594 582	
Gartenbau	25 538	37 194	-	71 910	139 777	-	22 656	0	-	297 074	
Handwerk und Kleinindustrie	47 035	77 358	168 750	511 125	263 594	123 000	159 212	0	-	1 350 074	
Wäschereien und Reinigungen	23 773	19 692	32 250	59 925	106 605	6 195	43 138	0	16 463	308 040	
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	32 681	50 892	-578	380 700	18 889	-	7 530	0	-	490 115	
Gewerbe insgesamt	193 141	204 198	200 423	1 226 348	721 043	142 695	309 213	0	42 825	3 039 885	
Einzelhandel (food)	64 883	58 800	-	174 840	1 081 575	807 900	751 103	0	30 000	2 969 100	
Einzelhandel (nonfood)	210 638	187 800	-	567 173	7 038 000	954 900	2 768 663	0	106 875	11 834 048	
Großhandel (food)	32 595	-	-	88 125	478 688	507 750	284 123	0	-	1 391 280	
Großhandel (nonfood)	31 365	-	-	188 588	1 115 730	-	197 048	0	-	1 532 730	
Handel und Sonstige insgesamt	339 480	289 800	-	1 018 725	9 713 993	2 270 550	4 000 935	0	157 125	17 790 608	
Banken und Versicherungen	222 015	-	-	574 575	3 907 125	357 000	1 807 613	0	52 875	6 921 203	
Gastgewerbe	194 955	468 000	48 375	408 900	1 138 500	240 000	392 160	0	780 000	3 670 890	
Beherbergungsgewerbe	114 390	277 800	66 750	241 110	660 848	141 150	115 778	0	346 500	1 964 325	
sonstige private Dienstleistungen	267 525	161 400	36 375	533 685	2 484 000	154 500	1 419 000	0	99 375	5 155 860	
sonstige öffentliche Dienstleistungen	49 815	-	-	59 925	307 913	16 950	167 700	0	-	602 303	
Dienstleistungen insgesamt	626 685	925 200	156 000	1 243 620	4 591 260	552 600	2 094 638	0	1 236 750	11 426 753	
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	246 000	216 000	71 250	1 866 488	4 090 320	570 000	2 094 960	0	641 250	9 796 268	
Kirchliche Einrichtungen	70 848	76 800	37 200	124 080	491 832	25 920	252 840	0	20 400	1 099 920	
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	129 150	78 000	18 000	259 088	1 199 565	75 300	696 600	0	48 750	2 504 453	
Schulen	38 007	17 400	2 250	52 875	519 570	10 050	146 415	0	9 525	796 092	
Schwimmbäder	19 065	57 600	-	95 175	57 443	11 100	123 840	0	3 000	367 223	
Gebietskörperschaften	487 388	300 000	581 250	1 004 625	4 626 450	286 500	2 650 628	0	187 500	10 124 340	
Stationierungstreitkräfte	75 768	80 640	39 600	139 872	539 856	33 600	273 480	0	25 200	1 208 016	
Sonstige Einrichtungen	1 066 226	826 440	749 550	3 542 202	11 525 036	1 012 470	6 238 763	0	935 625	25 896 311	
Kleinverbrauch insgesamt	2 447 546	2 258 838	1 105 973	7 605 470	30 458 456	4 335 315	14 451 161	0	2 425 200	65 087 958	
spezifische Zusatzkosten in Pf/kWh	4,1	8,0	5,0	4,7	6,9	2,0	4,3	0,0	5,0	-	

Quelle: Berechnet aus Tabelle 7 nach Henricke et al. (1993)

Tabelle 9: Stromsubstitution (GWh) nach Branchen und Verwendungszwecken unter Berücksichtigung der Trendentwicklung und des Einsparpotentials bis 2005

Branche	Verwendungszwecke					Summe
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kochen	Sonstige	
Landwirtschaft	0,82	0,23	0,73	0,08	-	1,87
Gartenbau	0,07	0,10	-	-	-0,02	0,16
Handwerk und Kleinindustrie	0,04	0,01	0,31	-	0,39	0,75
Wäschereien und Reinigungen	0,06	0,08	0,11	0,00	-	0,26
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	0,22	0,42	0,03	-	-	0,67
Gewerbe insgesamt	1,22	0,84	1,18	0,09	0,37	3,70
Einzelhandel (food)	0,42	0,24	-	0,07	-	0,72
Einzelhandel (nonfood)	1,37	0,76	-	0,21	-	2,35
Großhandel (food)	0,21	0,12	-	0,02	-	0,36
Großhandel (nonfood)	0,21	0,09	-	0,02	-	0,31
Handel und Sonstige insgesamt	2,20	1,21	-	0,32	-	3,73
Banken und Versicherungen	1,40	0,06	-	0,12	-	1,58
Gastgewerbe	1,25	2,00	0,35	1,35	-	5,15
Beherbungsgewerbe	0,74	1,18	0,47	0,69	0,50	3,57
sonstige private Dienstleistungen	1,70	0,65	0,26	0,20	0,50	3,32
sonstige öffentliche Dienstleistungen	0,07	0,07	0,03	0,02	0,10	0,29
Dienstleistungen insgesamt	3,78	3,90	1,11	2,46	1,10	12,34
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	1,55	0,86	0,51	1,28	2,00	6,20
Kirchliche Einrichtungen	0,34	0,11	0,06	0,03	0,14	0,68
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	0,83	0,32	0,12	0,10	0,20	1,57
Schulen	0,24	0,07	0,02	0,02	-0,08	0,27
Schwimmbäder	0,12	0,23	-	0,01	-	0,36
Gebietskörperschaften	3,22	1,24	-	0,38	2,43	7,26
Stationierungstreitkräfte	0,37	0,11	0,07	0,04	0,04	0,59
Sonstige Einrichtungen	6,67	2,95	0,79	1,85	4,69	16,95
Kleinverbrauch insgesamt	15,26	8,96	3,08	4,84	6,16	38,31

Quelle: Berechnet aus der Differenz der Tabellen 4 und 5

Tabelle 10: Zusatzkosten (DM) der Stromsubstitution nach Branchen und Verwendungszwecken unter Berücksichtigung der Trendentwicklung und des Einsparpotentials bis 2005

Branche	Verwendungszwecke					Summe
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kochen	Sonstige	
Landwirtschaft	605 309	176 416	883 890	56 656	1 722 271	131 385
Gartenbau	55 026	76 359	-	-	-	410 364
Handwerk und Kleinindustrie	29 347	7 889	373 118	-	-	131 859
Wäschereien und Reinigungen	47 889	57 928	131 859	3 333	-	240 808
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	161 409	321 235	36 225	-	-	518 888
Gewerbe insgesamt	898 780	639 836	1 425 092	59 989	3 023 696	95 996
Einzelhandel (food)	305 099	182 406	-	45 540	533 045	146 970
Einzelhandel (nonfood)	1 005 848	579 033	-	146 970	1 731 851	16 974
Großhandel (food)	156 408	89 385	-	11 592	229 001	262 767
Großhandel (nonfood)	150 749	66 660	-	-	-	229 001
Handel und Sonstige insgesamt	1 618 103	977 484	-	221 076	2 758 663	80 109
Banken und Versicherungen	1 031 058	43 632	-	80 109	1 154 799	1 154 799
Gastgewerbe	920 995	1 513 485	425 644	1 066 878	3 926 962	3 926 962
Beherbungsgewerbe	545 370	880 820	566 921	474 030	2 477 141	2 477 141
sonstige private Dienstleistungen	1 252 293	495 405	314 433	139 725	2 201 856	2 201 856
sonstige öffentliche Dienstleistungen	48 510	55 752	37 312	15 525	157 099	157 099
Dienstleistungen insgesamt	2 787 128	2 995 462	1 344 310	1 686 158	8 763 056	3 293 310
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	1 139 103	652 862	620 897	882 648	3 293 310	3 293 310
Kirchliche Einrichtungen	251 899	82 416	76 362	23 929	434 607	434 607
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	612 255	240 885	150 334	67 068	1 070 542	1 070 542
Schulen	175 136	56 055	19 924	13 455	264 570	264 570
Schwimmbäder	90 552	176 952	-	4 347	271 851	4 347
Gebietskörperschaften	2 384 128	937 785	-	258 750	3 560 663	3 560 663
Stationierungstreitkräfte	289 382	86 537	-	81 289	29 560	466 778
Sonstige Einrichtungen	4 902 465	2 233 282	948 605	1 279 757	9 304 319	9 304 319
Kleinverbrauch insgesamt	11 217 533	6 789 706	3 718 206	3 337 088	25 062 534	3 337 088

Quelle: Berechnet aus Tabelle 9 nach Henicke et al. (1994)

Tabelle 11: Bezugskostensparnis (DM) durch Stromersparung nach Branchen und Verwendungszwecken durch Mobilisierung des Einsparpotentials unter Berücksichtigung der Trendentwicklung bis 2005

Branche	Verwendungszwecke									
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Summe
Landwirtschaft	390 938	59 569	-	1 078 125	696 300	168 750	445 800	156 750	131 813	3 128 044
Gartenbau	155 719	116 231	-	382 500	506 438	-	131 719	27 375	-	1 319 981
Handwerk und Kleinindustrie	286 800	241 744	843 750	2 718 750	955 050	1 537 500	925 650	87 188	-	7 596 431
Wäschereien und Reinigungen	144 956	61 538	161 250	318 750	386 250	77 438	250 800	27 375	82 313	1 510 669
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	199 275	159 038	-2 888	2 025 000	68 438	-	43 781	28 613	-	2 521 256
Gewerbe insgesamt	1 177 688	638 119	1 002 113	6 523 125	2 612 475	1 783 688	1 797 750	327 300	214 125	16 076 381
Einzelhandel (food)	395 625	183 750	-	930 000	3 918 750	10 098 750	4 366 875	1 796 250	150 000	21 840 000
Einzelhandel (nonfood)	1 284 375	586 875	-	3 016 875	25 500 000	11 936 250	16 096 875	5 947 500	534 375	64 903 125
Großhandel (food)	198 750	-	-	468 750	1 734 375	6 346 875	1 651 875	928 125	-	11 328 750
Großhandel (nonfood)	191 250	-	-	1 003 125	4 042 500	-	1 145 625	667 500	-	7 050 000
Handel und Sonstige insgesamt	2 070 000	905 625	-	5 418 750	35 195 625	28 381 875	23 261 250	9 339 375	785 625	105 358 125
Banken und Versicherungen	1 353 750	-	-	3 056 250	14 156 250	4 462 500	10 509 375	15 776 250	264 375	49 578 750
Gastgewerbe	1 188 750	1 462 500	241 875	2 175 000	4 125 000	3 000 000	2 280 000	768 750	3 900 000	19 141 875
Beherbungsgewerbe	697 500	868 125	333 750	1 282 500	2 394 375	1 764 375	673 125	453 750	1 732 500	10 200 000
sonstige private Dienstleistungen	1 631 250	504 375	181 875	2 838 750	9 000 000	1 031 250	8 250 000	5 632 500	496 875	30 466 875
sonstige öffentliche Dienstleistungen	303 750	-	-	318 750	1 115 625	211 875	975 000	656 250	-	3 581 250
Dienstleistungen insgesamt	3 821 250	2 891 250	780 000	6 615 000	16 635 000	6 907 500	12 178 125	7 511 250	6 183 750	63 523 125
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	1 500 000	675 000	356 250	9 928 125	14 820 000	7 125 000	12 180 000	3 000 000	3 206 250	52 790 625
Kirchliche Einrichtungen	432 000	240 000	186 000	660 000	1 782 000	324 000	1 470 000	744 000	102 000	5 940 000
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	787 500	243 750	90 000	1 378 125	4 346 250	941 250	4 050 000	2 705 625	243 750	14 786 250
Schulen	231 750	54 375	11 250	281 250	1 882 500	125 625	851 250	363 750	47 625	3 849 375
Schwimmbäder	116 250	180 000	-	506 250	208 125	138 750	720 000	88 125	15 000	1 972 500
Gebietskörperschaften	2 971 875	937 500	2 906 250	5 343 750	16 762 500	3 581 250	15 410 625	10 668 750	937 500	59 520 000
Stationierungstreitkräfte	462 000	252 000	198 000	744 000	1 956 000	420 000	1 590 000	846 000	126 000	6 594 000
Sonstige Einrichtungen	6 501 375	2 582 625	3 747 750	18 841 500	41 757 375	12 655 875	36 271 875	18 416 250	4 678 125	145 452 750
Kleinverbrauch insgesamt	14 924 063	7 058 869	5 529 863	40 454 625	110 356 725	54 191 438	84 018 375	51 370 425	12 126 000	380 030 381

Quelle: Berechnet mit einem mittleren Arbeitspreis von 25 Pf/kWh aus Tabelle 7

Tabelle 12: Bezugskostensparnis (DM) durch Stromsubstitution nach Branchen und Verwendungszwecken unter Berücksichtigung der Trendentwicklung und des Einsparpotentials bis 2005

Branche	Verwendungszwecke				Summe
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kochen	
Landwirtschaft	1 544 136	436 673	1 372 500	153 966	3 507 275
Gartenbau	140 372	189 008	-	-	329 379
Handwerk und Kleinindustrie	74 865	19 553	579 375	-	673 793
Wäschereien und Reinigungen	121 656	143 385	204 750	9 056	478 847
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	411 758	795 135	56 250	-	1 263 143
Gewerbe insgesamt	2 282 806	1 583 753	2 212 875	163 013	6 252 446
Einzelhandel (food)	778 313	451 500	-	-	1 229 813
Einzelhandel (nonfood)	2 565 938	1 433 250	-	-	4 000 188
Großhandel (food)	389 000	221 250	-	-	610 250
Großhandel (nonfood)	384 563	163 000	-	-	547 563
Handel und Sonstige insgesamt	4 127 813	2 271 000	-	-	6 398 813
Banken und Versicherungen	2 630 250	108 000	-	-	2 738 250
Gastgewerbe	2 349 375	3 746 250	660 938	2 899 125	9 655 688
Beherbergungsgewerbe	1 391 250	2 205 000	880 313	1 288 125	5 764 688
sonstige private Dienstleistungen	3 194 625	1 226 250	488 250	379 688	5 288 813
sonstige öffentliche Dienstleistungen	123 750	138 000	57 038	42 188	361 875
Dienstleistungen insgesamt	7 059 000	7 319 500	2 087 438	4 609 125	21 071 063
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	2 905 875	1 615 500	964 125	2 389 500	7 880 000
Kirchliche Einrichtungen	642 600	204 000	118 575	65 025	1 030 200
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	1 561 875	596 250	233 438	182 250	2 573 813
Schulen	446 775	138 750	30 938	36 563	653 025
Schwimmbäder	231 000	438 000	-	11 813	680 813
Gebietskörperschaften	6 030 938	2 321 250	-	703 125	9 055 313
Stationierungsstreitkräfte	687 225	214 200	126 225	80 325	1 107 975
Sonstige Einrichtungen	12 506 288	5 527 950	1 473 300	3 477 600	22 985 138
Kleinverbrauch insgesamt	28 616 156	16 806 203	5 773 613	9 088 175	60 284 148

Quelle: Berechnet mit einem mittleren Arbeitspreis von 25 Pf/kWh aus Tabelle 9

Tabelle 14: Nettokosteneinsparung (DM) durch Stromsubstitution nach Branchen und Verwendungszwecken im Klimaschutz-Szenario unter Berücksichtigung der Trendentwicklung bis 2005

Branche	Verwendungszwecke				Summe
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kochen	
Landwirtschaft	938 847	260 257	488 610	97 300	1 785 014
Gartenbau	95 346	112 648	-	-	197 995
Handwerk und Kleinindustrie	45 518	11 653	206 258	-	263 429
Wäschereien und Reinigungen	73 987	85 457	72 891	5 724	238 039
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	230 349	473 900	20 025	-	744 274
Gewerbe insgesamt	1 394 026	943 816	787 784	103 024	3 228 750
Einzelhandel (food)	473 214	269 094	K.A.	78 210	820 518
Einzelhandel (nonfood)	1 560 090	864 217	K.A.	252 405	2 666 712
Großhandel (food)	242 592	131 865	K.A.	29 151	403 608
Großhandel (nonfood)	233 814	98 340	K.A.	19 908	352 062
Handel und Sonstige insgesamt	2 509 710	1 353 516	K.A.	379 674	4 242 900
Banken und Versicherungen	1 599 182	64 368	K.A.	137 579	1 801 139
Gastgewerbe	1 428 420	2 232 785	235 294	1 632 247	5 728 726
Beherbergungsgewerbe	845 890	1 314 180	313 391	814 095	3 287 546
sonstige private Dienstleistungen	1 942 332	730 845	173 817	239 963	3 086 957
sonstige öffentliche Dienstleistungen	75 240	82 248	20 626	26 663	204 776
Dienstleistungen insgesamt	4 291 872	4 360 038	743 128	2 912 967	12 308 005
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	1 766 772	962 638	343 229	2 912 967	4 585 601
Kirchliche Einrichtungen	390 701	121 584	42 213	41 096	595 593
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	949 620	355 365	83 104	115 182	1 503 271
Schulen	271 639	82 695	11 014	23 108	388 455
Schwimmbäder	140 448	261 048	K.A.	7 466	408 962
Gebietskörperschaften	3 666 810	1 383 465	K.A.	444 375	5 494 650
Stationierungsstreitkräfte	417 833	127 663	44 936	50 765	641 198
Sonstige Einrichtungen	7 603 823	3 294 658	524 435	2 197 843	13 620 819
Kleinverbrauch insgesamt	17 398 623	10 016 497	2 055 406	5 731 087	35 201 612

Quelle: Berechnet aus der Differenz der Tabellen 12 und 10

Tabelle 13: Nettokosteneinsparung (DM) durch Stromsubstitution nach Branchen und Verwendungszwecken im Klimaschutz-Szenario unter Berücksichtigung der Trendentwicklung bis 2005

Branche	Verwendungszwecke									
	Raumw.	Warmw.	Prozeßw.	Kraft	Licht	Kühlung	Lüftung	EDV	Kochen	Summe
Landwirtschaft	326 824	40 507	-	875 438	504 121	155 250	369 122	156 750	105 450	2 533 462
Gartenbau	130 181	79 037	-	310 590	366 661	-	109 063	27 375	-	1 022 907
Handwerk und Kleinindustrie	239 765	164 386	675 000	2 207 625	691 456	1 414 500	766 438	87 188	-	6 246 357
Wäschereien und Reinigungen	121 183	41 846	129 000	258 825	279 645	71 243	207 662	27 375	65 850	1 202 629
Baugewerbe (ohne Sonderverträge)	166 594	108 146	-2 310	1 644 300	49 549	-	36 251	28 613	-	2 031 142
Gewerbe insgesamt	984 547	433 921	801 690	5 296 778	1 891 432	1 640 993	1 488 537	327 300	171 300	13 036 496
Einzelhandel (food)	330 743	124 950	-	755 160	2 837 175	9 290 850	3 615 773	1 796 250	120 000	18 870 900
Einzelhandel (nonfood)	1 073 738	399 075	-	2 449 703	18 462 000	10 981 350	13 328 213	5 947 500	427 500	53 069 078
Großhandel (food)	166 155	-	-	380 625	1 255 688	5 839 125	1 367 753	928 125	-	9 937 470
Großhandel (nonfood)	159 885	-	-	814 538	2 926 770	-	948 578	667 500	-	5 517 270
Handel und Sonstige insgesamt	1 730 520	615 825	-	4 400 025	25 481 633	26 111 325	19 260 315	9 339 375	628 500	87 567 518
Banken und Versicherungen	1 131 735	-	-	2 481 675	10 249 125	4 105 500	8 701 763	15 776 250	211 500	42 657 548
Gastgewerbe	993 795	994 500	193 500	1 766 100	2 986 500	2 760 000	1 887 840	768 750	3 120 000	15 470 985
Beherbergungsgewerbe	583 110	590 325	267 000	1 041 390	1 733 528	1 623 225	557 348	453 750	1 386 000	8 235 675
sonstige private Dienstleistungen	1 363 725	342 975	145 500	2 305 065	6 516 000	1 776 750	6 831 000	5 632 500	397 500	25 311 015
sonstige öffentliche Dienstleistungen	253 935	-	-	258 825	807 713	194 925	807 300	656 250	-	2 978 948
Dienstleistungen insgesamt	3 194 565	1 966 050	624 000	5 371 380	12 043 740	6 354 900	10 083 488	7 511 250	4 947 000	52 096 373
Krankenhäuser u. Gesundheitswesen	1 254 000	459 000	285 000	8 061 638	10 729 680	6 555 000	10 085 040	3 000 000	2 565 000	42 994 358
Kirchliche Einrichtungen	361 152	163 200	148 800	535 920	1 290 168	298 080	1 217 160	744 000	81 600	4 840 080
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	658 350	165 750	72 000	1 119 038	3 146 685	865 950	3 353 400	2 705 625	195 000	12 281 798
Schulen	193 743	36 975	9 000	228 375	1 362 930	115 575	704 835	363 750	38 100	3 053 283
Schwimmbäder	97 185	122 400	-	411 075	150 683	127 650	596 160	88 125	12 000	1 605 278
Gebietskörperschaften	2 484 488	637 500	2 325 000	4 339 125	12 136 050	3 294 750	12 759 998	10 668 750	750 000	49 395 660
Stationierungsstreitkräfte	386 232	171 360	158 400	604 128	1 416 144	386 400	1 316 520	846 000	100 800	5 385 984
Sonstige Einrichtungen	5 435 150	1 756 185	2 998 200	15 299 298	30 232 340	11 643 405	30 033 113	18 416 250	3 742 500	119 556 440
Kleinverbrauch insgesamt	12 476 516	4 800 031	4 423 890	32 849 156	79 898 269	49 856 123	69 567 215	51 370 425	9 700 800	314 942 423

Quelle: Berechnet aus der Differenz der Tabellen 11 und 8

Tabelle 15: Strom-, CO₂- und Kosteneinsparung im Kleinverbrauch durch die Maßnahmen T 1 - T 5

Maßnahmen in Branchen	Stromeinsparung 1)		CO ₂ -Reduktion 4)		1991-2005		Nutzen- Kosten- Verhältnis 6)			
	1991-2005 2) GWh	%	1991-2005 kt	%	Zusatz- Kosten 5) Mio DM/a	Bezugs- Kosten Mio DM/a		Netto- Kosteneinsp. 5) Mio DM/a		
T 1 - T 4 Einsparung										
T 1 Einzelhandel 7)	5,6	4,8	3,5	5,4	20,2	14,0	0,7	4,0	3,2	5,71
T 2 Krankenhäuser	10,8	9,3	6,9	10,5	14,9	10,3	0,6	2,9	2,4	4,83
T 3 Gebietskörpersch.	7,7	6,5	4,9	7,4	14,5	10,1	0,5	2,9	2,4	5,80
T 4 Banken u. Vers.	6,0	5,2	3,8	5,8	13,7	9,5	0,4	2,7	2,3	6,75
T 5 Substitution 8)	12,1	10,3	5,0	7,6	5,0	3,5	0,6	1,5	0,9	2,50
Summe T 1 - T 5	42,2	36,1	24,1	36,7	68,4	47,3	0,2	0,9	0,7	4,50
Sonstiger Kleinverbr.	74,8	63,9	41,6	63,3	76,2	52,7	0,4	1,9	1,5	4,75
Kleinverbrauch insg.	117,0	100,0	65,8	100,0	144,6	100,0	6,0	29,3	23,3	4,88

1) Bezogen auf die Verwendungszwecke in den Maßnahmen T 1 - T 5, vgl. Teil I; 2) Differenz der Tabellen 1 und 4 in Teil II; 3) extrahiert aus Tabelle 7 in Teil II; 4) Emissionsfaktoren für Einsparung und Substitution: 636 bzw. 414 t/GWh; 5) bezogen auf den Trend, extrahiert aus Tabellen 8 und 10 in Teil II; 6) Verhältnis von Nutzen (langfristig vermiedenen Kosten der Stromerzeugung und -verteilung) und zusätzlichen Kosten der Stromeinsparung (Technikkosten ohne Umsetzungskosten); 7) nonfood; 8) extrahiert aus Teil I

4. Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich U, Energieumwandlung und Industrie

4.1 Beschreibung des Arbeitsgebietes

Der Bereich Energieumwandlung sowie der Energieverbrauchssektor Industrie wurden im Beirat für Klima und Energie zu einem Arbeitsgebiet zusammengefaßt.

Der Bereich Energieumwandlung umfaßt die Bereitstellung von Strom, Fern- und Nahwärme in der Stadt Münster. Betreiber der entsprechenden Anlagen sind die Stadtwerke Münster und – in einer weiteren Auslegung – die Universität Münster. Indirekte Berücksichtigung finden auch die VEW als externer Strom-„Lieferant“ der Stadtwerke Münster.

Der Energieverbrauchssektor Industrie umfaßt die Industrie Münsters nicht nur als wesentlicher Verbraucher von Energie, sondern auch als potentieller Eigen-erzeuger von Strom.

Entsprechend der Aufgabe des Beirates insgesamt gilt es, für das Arbeitsgebiet Energieumwandlung und Industrie Handlungsmöglichkeiten zur Reduktion der CO₂-Emissionen Münsters zu erarbeiten, CO₂-Minderungspotentiale abzuschätzen und Vorschläge zu deren Erschließung zu formulieren.

Wegen der begrenzten Ressourcen mußten im Rahmen der Bearbeitung Schwerpunkte gebildet werden. Dies war um so mehr erforderlich, als den Handlungsempfehlungen des Beirates zur Durchführung mehrerer die Beiratsarbeit unterstützender Studien nicht gefolgt wurde.

4.2 Ist-Zustand der CO₂-Emissionen

4.2.1 Energieumwandlung

A) Definition und Abgrenzung

Unter Energieumwandlung wird der Transformationsprozeß von Primärenergie-trägern wie Kohle, Öl, Gas usw. in Sekundärenergieträger wie Strom, Fern- und Nahwärme verstanden. Die Umwandlung kann in Kraftwerken, Heizwerken und Heizkraftwerken vorgenommen werden. Die unmittelbare Transformation von Primärenergie in Nutzenergie etwa in den Hausfeuerungen gehört nicht zum Energieumwandlungsbereich und wird höchstens indirekt bei der Abschätzung von Vorteilen der Fern- bzw. Nahwärme berücksichtigt. Gemeinhin werden die öffentlichen Versorgungsunternehmen dem Umwandlungsbereich zugeordnet. Da die Universität Münster (als Stromverbraucher) eine große Eigenerzeugungsanlage zur Bereitstellung von Strom und Wärme unterhält, wird sie in dieser Eigenschaft in die Untersuchung des Umwandlungsbereiches aufgenommen.

B) Der Markt für Sekundärenergien

Der Umwandlungssektor stellt im wesentlichen zwei Produkte her, nämlich Strom und Wärme. Im Jahr 1990 wurden folgende Mengen Sekundärenergie in Münster verbraucht:

Strom	1.098 GWh
Fern-/Nahwärme	535 GWh

Drei Betreiber von Umwandlungsanlagen decken den Bedarf nach Strom und Fern-/Nahwärme in Münster ab: Stadtwerke, Universität sowie die VEW als

Stromvorlieferant der Stadtwerke. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über deren absolute und relative Bedeutung.

1990	VEW	Stadtwerke	Universität	Gesamt
Stromaufkommen				
– gesamt (GWh _{el} /a)	976	167	10	1158
– prozentual	84	15	1	100
Fern/Nahwärmeaufkommen				
– gesamt (GWh _{tr} /a)	-	457	132	589
– prozentual	-	78	22	100

Es ergibt sich also ein geteiltes Bild. Die Strombereitstellung wird von der VEW, die Bereitstellung von Fern- und Nahwärme dagegen von den Stadtwerken dominiert.

C) Die CO₂-Relevanz des Umwandlungsbereiches

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der CO₂-Emissionen des Umwandlungsbereich aufgeschlüsselt nach Betreibern:

1990	VEW	Stadtwerke	Universität	Summe	Münster
CO ₂ -Emissionen					
in ktCO ₂ /a	623	297	54	974	1.959
in %	32	15	3	50	100

Der Umwandlungsbereich trägt mit fast 50 % zu den CO₂-Emissionen der Stadt Münster bei. Dabei entfallen auf die VEW als dominierenden Stromlieferant der Stadt(werke) Münster allein rund 32 %. Bei der Interpretation dieser Zahlen ist jedoch zu beachten, daß die Emissionen zwar bei den Betreibern der Umwandlungsanlagen anfallen, ihre grundsätzliche Verursachung jedoch den Verbrau-

chern bzw. Verbrauchssektoren als Beziehern der Sekundärenergien Strom und Fernwärme angelastet werden muß.

D) **Schlußfolgerungen**

Eine weitergehende Analyse des Umwandlungsbereiches führt zu folgenden Schlußfolgerungen:

- Die von den Stadtwerken aufgebaute Fernwärmeversorgung trägt bisher nicht zur CO₂-Reduktion Münsters bei.
- Die Auslegung des Heizkraftwerkes führt dazu, daß die CO₂-Emissionen höher sind als bei einer typischen getrennten Versorgung durch VEW (Strom) und Hausfeuerungsanlagen (Wärme).
- Die bestehende Auslegung der Heizkraftwerke von Stadtwerken und Universität dient bisher primär einer Maximierung des Kohleinsatzes in Münster.
- Die Nutzung der besonderen Möglichkeiten der Kraft-Wärme-Kopplung zur CO₂-Reduktion erfordert eine veränderte Auslegung der Heizkraftwerke insbesondere im Hinblick auf eine zumindest partielle Substitution von Kohle durch Gas.
- Das besonders große CO₂-Minderungspotential bei der VEW (Stromerzeugung in Kondensationskraftwerken) kann nur indirekt über eine Ausweitung der gekoppelten Strom-Erzeugung und über eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien (vor allem Windkraft und Photovoltaik) zur Stromerzeugung in der Stadt erschlossen werden. Dies kann durch eine Ausweitung der Stromerzeugung in den bestehenden Heizkraftwerken (zu erreichen über eine thermodynamische Verbesserung der Auslegung), durch zusätzliche Blockheizkraftwerke zur Nahwärmeversorgung sowie industrielle Kraft-Wärme-Kopplung erfolgen (letztere wird im Bereich „Industrie“ abgehandelt).

4.2.2 **Industrie**

A) **Definition und Abgrenzung**

Allgemein wird der Bereich Industrie über die Zuordnung von Unternehmen nach der „Systematik der Wirtschaftszweige im produzierenden Gewerbe“ des Statistischen Bundesamtes eindeutig abgegrenzt. Wegen (bis jetzt) z. T. mangelnder Trennschärfe des Datenmaterials können Überschneidungen des Bereiches Industrie insbesondere mit dem sonstigem Gewerbe (Dienstleistungen...) nicht immer verhindert werden. Neben ihrer Bedeutung als Energieverbrauchssektor wird die Industrie Münsters im folgenden auch in ihrer Eigenschaft als potentieller Eigenerzeuger von Elektrizität untersucht. Über die Strom-Eigenerzeugung tritt die Industrie in eine gewisse Konkurrenz zu den Energieumwandlungsunternehmen, insbesondere zur VEW als Stromvorlieferant der Stadtwerke.

B) **Der industrielle Energiebedarf**

Der Bereich Industrie wies 1990 folgende Energieverbrauchsstruktur auf:

1990, in GWh/a	Verbrauch	zur Erzeugung von Prozeßwärme	zur Erzeugung von Raumwärme
Gas	361	324	37
Öl	33	23	10
Summe	394	347	47
Strom	183	-	-

An dieser Stelle ist zu beachten, daß die hier zitierten Zahlen nicht auf der gleichen Abgrenzung von „Industrie“ beruhen. Während der Angabe zum Stromverbrauch die klassische Industriedefinition zugrunde liegt, beziehen sich die Angaben zum Öl- und Gasverbrauch auf solche Sondervertragskunden bzw.

Großkunden von Stadtwerken und Mineralölhandel, welche einen Prozeßwärmebedarf aufweisen.¹

Die Industrie (d.h. die jeweils erfaßten Unternehmen) weist damit rund 16 % des Stromverbrauches und 10 % des Wärmeverbrauches der Stadt Münster insgesamt auf.

C) Die Rolle der Großbetriebe der chemischen Industrie

Zwei Großbetriebe der chemischen Industrie ragen angesichts ihres Strom- und Wärmeverbrauchs aus der Vielzahl der Industrieunternehmen heraus. Auf diese beiden Unternehmen entfällt gemeinsam rund die Hälfte des industriellen Stromverbrauches und mehr als zwei Drittel des industriellen Wärmeverbrauchs (nach obiger Abgrenzung). Sie decken damit allein rund 7 bis 8 % des gesamten Strom- und Wärmemarkt Münsters ab.

D) Die CO₂-Relevanz des Energieverbrauchssektors Industrie

Mit insgesamt rund 12 bis 13 % des Energiebedarfs und einem entsprechenden Anteil an den CO₂-Emissionen ist die Industrie in Münster ein vergleichsweise kleiner Verbrauchssektor.

¹ Nicht bei allen Industrieunternehmen besteht ein Prozeßwärmebedarf, andererseits können auch (sonstige) Gewerbeunternehmen einen Prozeßwärmebedarf aufweisen.

4.3 Ansatzpunkte für CO₂-Reduktionen

4.3.1 Strategien

Es lassen sich folgende Strategien zur CO₂-Reduktion unterscheiden:

A) Energieumwandlungsbereich

- 1) Reduktion des durchschnittlichen CO₂-Gehalts der eingesetzten Primär-Brennstoffe: Substitution von Kohle durch Gas oder CO₂-freie (regenerative) Energieträger
- 2) Verbesserung der Energieeffizienz der Energieumwandlung: Erhöhung von Wirkungsgraden, Verringerung von Transportverlusten etc., Nutzung von Synergieeffekten durch Kraft-Wärme-Kopplung

B) Industrieller Energieverbrauchssektor

- 3) Verbesserung der Energieeffizienz der Energieanwendung: Erhöhung von Wirkungsgraden, Verringerung von Verlusten in Produktionsanlagen, Heizungen...
- 4) Reduktion des Nutzenergieverbrauchs: Dämmmaßnahmen, Verhaltensänderungen, verbesserte Produktionsprozesse, Umstellung der Produktpalette zugunsten weniger energieintensiver Produkte...

Die Abgrenzung zwischen Energieumwandlungsbereich und (insb.) industriellem Verbrauchssektor ist insofern nicht trennscharf, als auch die Industrie Energieumwandlungsanlagen zur Sekundärenergieerzeugung (Dampf, Heiz-

wasser, Strom) betreibt. Insofern können die in 1 und 2 aufgeführten Strategien auch im industriellen Verbrauchssektor angewandt werden.

4.3.2 Schwerpunkte der Untersuchung

Alle oben beschriebenen Strategien können bedeutsame Beiträge zur CO₂-Reduktion leisten. Wegen der insgesamt nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen mußten für die weitere Untersuchung Schwerpunkte gebildet werden. Entscheidend für die vertiefte Bearbeitung möglicher Maßnahmen und die Ableitung spezifischer Handlungsempfehlungen waren folgende Kriterien:

- 1) maßnahmenspezifisch voraussichtlich erreichbares absolutes CO₂-Minderungspotential
- 2) für die Ableitung von Handlungsempfehlungen erforderlicher Informationsbedarf und Zugänglichkeit dieser Informationen
- 3) Ausmaß und Qualität extern bereitgestellter Expertise

Die Anwendung dieser Kriterien erbrachte folgende Schwerpunktsetzung.

Schwerpunkt - Maßnahmen:

– **Brennstoffsubstitution CO₂-intensiver durch CO₂-arme Energieträger:**

So lassen sich etwa die CO₂-Emissionen einer Anlage durch die Umstellung des Brennstoffeinsatzes von Kohle auf Gas um rund 40 % reduzieren.

– **Verstärkte Nutzung der Synergieeffekte der gekoppelten Strom-Wärme-Erzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung):**

Durch den Übergang von der getrennten zur gekoppelten Versorgung lassen sich (bei gleichem Einsatzbrennstoff) die CO₂-Emissionen regelmäßig um

über 20 % reduzieren. Darüberhinaus lassen sich durch die Nutzung verbesserter Umwandlungsprozesse in bestehenden Anlagen die wärmegekoppelte Stromerzeugung und damit die CO₂-Minderungswirkung der Kraft-Wärme-Kopplung um das dreifache erhöhen.

Schwerpunkt-Projekte

- **Fortentwicklung des Heizkraftwerkes Hafen der Stadtwerke** **Empf U1**
- **Fortentwicklung des Heizkraftwerkes (der) Universität** **Empf U2**
- **Möglichkeiten des (verstärkten) Einsatzes von Kraft-Wärme-Kopplung in den beiden Großbetrieben der chemischen Industrie (Armstrong, BASF)** **Empf U3+4**

Diese 4 Projekte vereinen gemeinsam über 20 % des Münster'schen Wärmebedarfs auf sich. Sie sind überwiegend kohlegefeuert und bieten damit günstige Voraussetzungen zur CO₂-Reduktion über die Substitution durch Gas. Darüberhinaus läßt sich diese Wärmebasis zu einer erheblichen Ausweitung der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung nutzen.

Eine ursprünglich vorgesehene detailliertere Untersuchung des ebenfalls sehr wichtigen Bereiches einer verstärkten Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung in Blockheizkraftwerken zur Versorgung von Nahwärmeinseln mußte leider entfallen. Die für eine Bearbeitung erforderlich erachtete externe Studie zur Potentialermittlung (Zwischenbericht, Handlungsempfehlung Nr. 5) wurde nicht initiiert, eine Stadtwerksinterne Aufbereitung und Auswertung von Informationen wurde nicht zeitgerecht verfolgt. Eine Potentialerhebung für diesen Bereich wird in Teil 1 Kapitel 2.4.2 des Berichtes (Empfehlung U7) vorgeschlagen.

Eine Untersuchung der CO₂-Reduktionsmöglichkeiten über Energiesparmöglichkeiten im Industriebereich konnte keinen Arbeitsschwerpunkt bilden. Wegen der hohen Individualität der Energienutzungs- und Energieanwendungsprozesse

se erfordert jeder einzelne Betrieb individuell zugeschnittene Maßnahmen, deren jeweiliges absolutes CO₂-Reduktionspotential gering ist (– relativ gesehen allerdings durchaus bedeutsam sein kann). Der industrielle Bereich entzieht sich daher weitgehend einer standardisierten Analyse, wie sie etwa im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher möglich ist. Darüberhinaus sind die Industriebetriebe wegen der engen Verflechtung von Energieverbrauchs- und z. T. betriebsgeheimen Produktionsprozessen zurückhaltend, Externen einen vertieften Einblick zu gewähren und detaillierte Informationen zur Verfügung zu stellen.

4.3.3 Akteure

Die CO₂-Emissionen Münsters fallen bei verschiedenen Anlagebetreibern an, die sich sowohl im Grad ihrer Beeinflußbarkeit durch die Stadt Münster als auch durch die zu ihrer Beeinflussung geeigneten Maßnahmen unterscheiden.

VEW

Bei der VEW fallen über 30 % der CO₂-Emissionen Münsters an. Die Entscheidungen der VEW sind im wesentlichen als für die Stadt Münster exogen vorgegeben anzusehen.

Die Prognos bildet in ihrer Prognose das zukünftige Verhalten der VEW dadurch ab, daß sie bis zum Jahr 2005 einen Anstieg des durchschnittlichen Wirkungsgrads der VEW Kraftwerke von 35 % auf 36,5 % bei konstantem Brennstoffmix annehmen, resultierend in spezifischen CO₂-Reduktionen von rund 4 %. Aus diesen Annahmen werden die spezifischen CO₂-Emissionen des Strombezugs Münsters abgeleitet. Letztere finden Eingang in die Modellrech-

nungen zur Ermittlung der durch Maßnahmen der Stromverbrauchseinparung oder Eigenstromerzeugung erreichbaren CO₂-Minderungspotentiale.

Die Stadtwerke können über Verhandlungen zu ihrem Strombezugsvertrag indirekt auf Investitionsentscheidungen der VEW einzuwirken versuchen, um auch auf dieser Ebene CO₂-Reduktionen zu erreichen.

Bei einer wettbewerblichen Öffnung der Elektrizitätswirtschaft könnten die Stadtwerke durch eine (nicht nur preisminimierende sondern auch) umweltschutzorientierte Beschaffungspolitik zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen auf Ebene der Verbundunternehmen beitragen (höhere Zahlungsbereitschaft gegenüber umweltfreundlich erzeugenden Lieferanten).

Stadtwerke

In Hinblick auf die Umsetzung von CO₂-Reduktionsmaßnahmen ist die Situation bei den Stadtwerken günstiger, da sie grundsätzlich als beeinflußbar angesehen werden kann. In Hinblick auf Maßnahmen, die höhere Kosten verursachen (dies sind die meisten), ist die Handlungsfähigkeit der Stadtwerke allerdings durch die politische Durchsetzbarkeit und Genehmigung von höheren Strompreisen begrenzt.

Eine wettbewerbliche Öffnung der Elektrizitätswirtschaft könnte wegen des einsetzenden (Preis-) Wettbewerbs um die Belieferung (zumindest) größerer Verbraucher die Möglichkeit zur Finanzierung klimapolitischer Maßnahmen einengen. Je nach Reichweite des Wettbewerbs und der Ausgestaltung des Regulierungsrahmens könnte sich dann eine entsprechende Förderung aus den Mitteln des städtischen Etats als erforderlich erweisen. Allerdings steht zu erwarten, daß eine mögliche wettbewerbliche Öffnung von neuen umweltpolitischen Instrumenten flankiert würde.

Universität

Die Universität entzieht sich als unabhängiger Verbraucher einer unmittelbaren Einflußnahme durch die Stadt.

Als öffentliche Einrichtung des Landes Nordrhein-Westfalen, welches sich ebenfalls dem Klimaschutz verpflichtet hat, dürften jedoch städtische Empfehlungen zu klimapolitischen Maßnahmen durchaus Beachtung finden. Sollten sich solche Maßnahmen trotz Bereitschaft der Universität wegen Landes-Budgetrestriktionen verzögern, könnte die Stadt direkt oder über die Stadtwerke Hilfestellung leisten. Dies könnte über Finanzierungs- oder Betreibermodelle sowie über Investitionszuschüsse erfolgen.

Industrielle Verbraucher

Die Industrie ist ebenfalls in ihren Entscheidungen mit Klimarelevanz nicht unmittelbar durch die Stadt beeinflussbar.

Stärker als jede andere Gruppe von Akteuren ist die Industrie, welche durch einen harten internationalen Wettbewerb gekennzeichnet ist, in ihren Entscheidungen Restriktionen unterworfen. Wünschenswerte Maßnahmen zur CO₂-Reduktion können nur dann durchgeführt werden, wenn sie sich betriebswirtschaftlich rechnen. Da Industrieunternehmen im Gegensatz zu öffentlichen Versorgungsunternehmen einem wettbewerbsinduzierten Konkursrisiko unterliegen, haben sie schlechtere Bedingungen bei der Kapitalbeschaffung. Zum einen ist die Kapitalbeschaffung mengenmäßig begrenzt, zum anderen sind die Konditionen der Kapitalbeschaffung ungünstiger. Eine Investition im Energiebereich muß konkurrieren mit Investitionen in anderen Bereichen (etwa in Forschung & Entwicklung, Produktion oder Marketing) und unterliegt höheren

Renditeerfordernissen. Dies kann dazu führen, daß vergleichsweise kostengünstige CO₂-Minderungsmaßnahmen in der Industrie unterlassen werden.

Die Stadt sollte daher unbedingt die betriebsweise Untersuchung von CO₂-Reduktionsmaßnahmen durch unabhängige Gutachter sowie ermittelte kostengünstige Reduktionsmaßnahmen fördern. Dies kann entweder durch Stadt oder Stadtwerke über Investitionszuschüsse oder durch die Stadtwerke über vergünstigte Gasbezugsbedingungen oder Finanzierungs- und Betreibermodelle (Contracting, s. Empfehlung 16) erfolgen.

4.4 Wirkungsmechanismen und Ableitung von Handlungsempfehlungen

4.4.1 Fortentwicklung des Heizkraftwerkes Hafen der Stadtwerke

A) Charakterisierung des Heizkraftwerkes Hafen

Das Heizkraftwerk Hafen dient der Fernwärmeversorgung Münsters und nimmt eine gekoppelte Strom-/Wärmeerzeugung vor. Es trägt mit knapp 300 Tsd.tCO₂ zu fast 15 % zu Münsters CO₂-Emissionen bei.

	Block 1	Block 2	Block 3
Inbetriebnahme	1977	1977	1985
Modifikation	Umrüstung auf Gas 1991	Rauchgasreinigung Desonox	Rauchgasreinigung Desonox 1990
Brennstoff	Gas	Kohle	Kohle
Feuerungsleistung	95 MW _{th}	95 MW _{th}	108 MW _{th}
Dampfturbinenleistung			
Gegendruckbetrieb	16 MW _{el}	16 MW _{el}	18 MW _{el}
Kondensationsbetrieb	25 MW _{el}	25 MW _{el}	27,5 MW _{el}
Heizleistung	50 MW _{th}	50 MW _{th}	60 MW _{th}
Betriebsweise	Spitzenlast	Mittellast	Grundlast
Wärmeerzeugungsanteil	15 %	40 %	45 %
Stromkennziffer (netto, Gegendruckbetrieb)	0,25	0,25	0,25

Bis Ende 1995 sind die Stadtwerke über den Jahrhundertvertrag verpflichtet, bestimmte Kohlemengen aus heimischer Förderung zu hohen Preisen abzunehmen. Nach diesem Zeitpunkt werden die Mengenverpflichtungen fallen. Dies ermöglicht zum einen volle Freizügigkeit bei der Wahl des Einsatzbrennstoffes und zum anderen den Steinkohlebezug auf der Basis von Weltmarktpreisen.

B) Optionen zur Fortentwicklung

Es wurden verschiedene Optionen untersucht, welche auf einen verstärkten Einsatz des gegenüber Steinkohle wesentlich weniger CO₂-intensiven Brennstoffs Gas und/oder die Erhöhung der gekoppelten Stromerzeugung vorsehen.

Option 1: Sofortiger verstärkter Einsatz des gasgefeuerten Blocks 1 und entsprechend reduzierter Einsatz der kohlegefeuerten Blöcke 2 und 3.

Zunächst (1991) wurde der gasgefeuerte Block 1 ausschließlich im Spitzenlastbereich eingesetzt. In den Jahren 1992 und 1993 wurde er verstärkt auch in der Mittellast eingesetzt, so daß sich der Gasanteil am Brennstoffeinsatz von 5 auf 17 % erhöhte. (Im Rahmen der Vergleichsrechnungen wird ein mittlerer Anteil für die ersten Jahre von 12 % angesetzt.) Über einen noch weiter verstärkten Einsatz von Block 1 läßt sich der Gasanteil am Brennstoffeinsatz auf zumindest 35 % erhöhen, ohne daß die Erfordernisse des Betriebes der Kohleblöcke verletzt würden.

Option 2: Umrüstung Block 2 auf Gas und verstärkter Einsatz der gasgefeuerten Blöcke, weitestgehende Reduktion des Einsatzes des kohlegefeuerten Blockes 3

Durch diese Maßnahmen läßt sich der Gasanteil auf rund 70 % erhöhen, jener von Kohle auf weniger als 25 % reduzieren.

Option 3: Umrüstung beider kohlegefeuerten Blöcke (2 und 3) auf Gas

Das Heizkraftwerk würde damit vollständig auf Erdgas umgerüstet.

Option 4: Vorschalten einer Gasturbine als Frischlüfter vor den kohlegefeuerten Block 3

Rund ein Viertel der Feuerungsleistung des Kohlekessels wird ersetzt durch die Abwärmeleistung einer vorgeschalteten Gasturbine. Zum einen wird damit

Kohle durch Gas substituiert, zum anderen wird die Stromerzeugung des Blockes um mehr als 50 % erhöht, der Strombezugsbedarf ggü. VEW entsprechend reduziert.

Option 5: Vorschalten einer Gasturbine als Frischlüfter vor den kohlegefeuerten Block 3 und Umrüstung von Block 2 auf Gas

Wie Option 4, jedoch zusätzliche Substitution von Kohle durch Gas.

Option 6: Vorschalten von Gasturbinen als Frischlüfter vor beide kohlegefeuerten Blöcke (2 und 3)

Wie Option 4, nunmehr allerdings verstärkt durch entsprechende Umbau des zweiten kohlegefeuerten Blockes.

Option 7: Ersatz von Block 3 durch eine neue (gasgefeuerte) Gas- und Dampf-turbinenanlage (GuD-Anlage)

Die gleiche Dampferzeugung wird im neuen Block ausschließlich auf Basis von Gas erreicht. Sie erfolgt nicht in einem traditionellen Dampfkessel, sondern in einem Abhitzeessel, welcher ausschließlich die Abwärme einer vorgeschalteten Gasturbine nutzt. Wie im traditionellen Kraftwerk wird der erzeugte Frischdampf über eine Dampfturbine entspannt und dabei Strom erzeugt. Die Stromerzeugung des Blockes würde sich auf ungefähr das Vierfache erhöhen.

Option 8: Ersatz beider kohlegefeuerten Blöcke (2 und 3) durch neue (gasgefeuerte) Gas- und Dampfturbinenanlagen (GuD-Anlagen)

Wie Option 7, nunmehr allerdings verstärkt durch entsprechende Umbau des zweiten kohlegefeuerten Blockes.

Option 9: Umrüstung des kohlegefeuerten Blocks 3 auf Gasfeuerung und Vorschalten einer Gasturbine als Frischlüfter

Wie Option 4, allerdings zusätzlich Reduktion des Kohleeinsatz durch Umstellung der Feuerung auf Gas.

C) Modellrechnungen

Zunächst wurden die verschiedenen Optionen genauer analysiert und in ihren wesentlichen Charakteristika (Investitionen, technische Kenngrößen, Betriebsweisen...) modelliert. Ausgehend von der bestehenden Struktur und Einsatzweise des Heizkraftwerkes wurde ermittelt, wie sich die Optionen auf Brennstoffeinsatz, Stromerzeugung (HKW), Strombezug (VEW) und, daraus resultierend auf die CO₂-Emissionen auswirken. Durch eine Gegenüberstellung zusätzlicher Kapital- und Brennstoffkosten und (eventueller) vermiedener Strombezugskosten wurde die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme beurteilt und die spezifischen CO₂-Reduktionskosten ermittelt. Ein besonderes Bewertungsproblem besteht darin, daß aus Sicht der Stadtwerke die vollen Strombezugskosten durch dezentrale Erzeugung vermeidbar sind, tatsächlich aber nur ein Teil der bei der VEW anfallenden Kosten vermieden werden können. Da das Strompreissystem hier falsche Signale setzt, werden aus städtisch-betriebswirtschaftlicher Sicht die volkswirtschaftlichen CO₂-Reduktionskosten unterschätzt. (Der gleiche Konflikt ergibt sich bei der Bewertung von KraftWärme-Kopplung bei den Verbrau-

chern: Verbraucher, Stadtwerke und VEW würden jeweils zu unterschiedlichen Bewertungen bzgl. der CO₂-Reduktionskosten kommen). Zur Ableitung der Handlungsempfehlungen werden hier sowohl die CO₂-Reduktionskosten aus Sicht der Stadtwerke ermittelt als auch die volkswirtschaftlichen CO₂-Reduktionskosten abgeschätzt.

Auf eine detaillierte Darstellung der Modellrechnungen wird hier verzichtet. Sie sind im Teil 3 ausführlicher dargestellt, der jedoch aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht werden kann.

Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse der Modellrechnungen sind in den folgenden Tabellen zusammengefaßt.

Es wird deutlich, daß die verschiedenen Optionen sehr unterschiedliche Charakteristika aufweisen. Bei den Optionen 1 bis 3 ändert sich der Brennstoffverbrauch insgesamt nicht, CO₂ wird fast ausschließlich über die Substitution von Kohle durch Gas erreicht. (Eine zusätzliche CO₂-Reduktion ergibt sich durch die Reduktion bzw. den Wegfall des Stromeigenverbrauchs der Rauchgasreinigungsanlage.) Alle anderen Optionen beruhen auf einer Ausweitung der wärmegekoppelten Stromerzeugung. Während in den Optionen 4 bis 6 (Vorschaltgasturbinen) ein nicht unerheblicher Kohleeinsatz beibehalten wird, gehen die Optionen 7 bis 9 mit einem weitgehenden Verzicht auf einen Einsatz von Kohle einher. Letzteres ist erforderlich, um thermodynamisch hocheffiziente Gas-Dampfturbinen-Prozesse nutzen und die Stromerzeugung erheblich steigern zu können. Die erhebliche Erhöhung der Stromerzeugung bedingt auch eine Erhöhung des Brennstoffeinsatzes im HKW. Dieser wird jedoch durch die entsprechenden Einsparungen bei der VEW bei weitem überkompensiert, so daß sich bei diesen Optionen erhebliche CO₂-Reduktionen ergeben.

	Veränderung des/der				
	Kohleeinsatzes	Gaseinsatzes	Brennstoffeinsatzes	Strombezuges	CO ₂ -Emissionen
	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	Tsd.tCO ₂ /a
Option 1	-178	178	0	-3	-26
Option 2	-494	494	0	-9	-73
Option 3	-679	679	0	-12	-101
Option 4	-92	131	39	-38	-29
Option 5	-309	348	40	-42	-61
Option 6	-136	194	58	-55	-42
Option 7	-463	704	241	-232	-164
Option 8	-679	1.032	353	-341	-240
Option 9	-463	580	117	-121	-117

	Veränderung des/der Kosten (für)				Kosten der
	Kapital	Bezug von Brennstoff	Bezug von Strom Stadtwerke	insgesamt Stadtwerke	Reduktion von CO ₂ Stadtwerke
	Mio DM/a	Mio DM/a	Mio DM/a	Mio DM/a	DM/tCO ₂
Option 1	0,0	2,9	-0,4	2,4	93
Option 2	0,9	8,0	-1,2	7,6	104
Option 3	1,8	10,9	-1,6	11,1	110
Option 4	3,1	2,6	-5,1	0,6	21
Option 5	4,0	6,1	-5,6	4,4	73
Option 6	6,2	3,8	-7,4	2,5	60
Option 7	14,8	14,1	-31,3	-2,3	-14
Option 8	27,2	20,6	-46,0	2,0	8
Option 9	6,9	10,6	-16,3	1,3	11

	Veränderung des/der Kosten (für)				Kosten der
	Kapital	Bezug von Brennstoff verm. Kosten	Bezug von Strom verm. Kosten	insgesamt verm. Kosten	Reduktion von CO ₂ verm. Kosten
	Mio DM/a	Mio DM/a	Mio DM/a	Mio DM/a	DM/tCO ₂
Option 1	0,0	2,3	-0,3	2,0	75
Option 2	0,9	6,4	-1,0	6,4	87
Option 3	1,8	8,9	-1,3	9,4	93
Option 4	3,1	2,2	-4,1	1,2	40
Option 5	4,0	5,0	-4,6	4,4	73
Option 6	6,2	3,2	-6,1	3,3	79
Option 7	14,8	12,0	-25,5	1,4	8
Option 8	27,2	17,7	-37,5	7,4	31
Option 9	6,9	8,9	-13,3	2,6	22

Die unterschiedlichen Charakteristika der Optionen werden auch an ihren Kostenimplikationen deutlich. Bei den Optionen 1 bis 3 schlägt sich die Brennstoffsubstitution in stark steigenden Brennstoffkosten nieder, da (Import-) Kohle erheblich preiswerter ist als Gas. (Gegenüber den Kosten bislang eingesetzter heimischer Steinkohle ergeben sich rund 70 % niedrigere Zusatzkosten für den Gaseinsatz. Für Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind nunmehr stets die Importkohlekonditionen zugrunde zu legen). Diese Mehrkosten schlagen voll durch, da ihnen nur unwesentliche Reduktionen bei den Strombezugskosten gegenüber stehen. Die Optionen 7 bis 9 sind diesbezüglich das andere Extrem. Die erheblichen Kapitalkosten und die ebenfalls erheblichen Zusatzkosten für den erhöhten Einsatz des teureren Brennstoffs Gas werden (fast) vollständig bzw. weitgehend kompensiert durch die erheblichen Einsparungen bei den Strombezugskosten.

Es ergeben sich Unterschiede in den Kostenbewertungen, je nachdem ob man die Stadtwerksperspektive einnimmt oder (langfristig) vermiedene Kosten zu-

grundelegt, welche etwa ein vollintegriertes Versorgungsunternehmen betriebswirtschaftlich kalkulieren würde. Jenes würde den Strom niedriger bewerten, da bestimmte Anteile der in den Strompreisen der Stadtwerke enthaltenden Kosten sich nicht vermeiden lassen. Andererseits würde auch ein zusätzlicher Gasbezug niedriger bewertet, da eine zusätzliche Gaslieferung niedrigere und mit der Menge nur unterproportional zunehmende Kosten verursacht. Da bei den Optionen 1 bis 3 der Substitutionseffekt zwischen Kohle und Gas dominiert, ergeben sich hier niedrigere Gesamtkosten und eine verbesserte Wirtschaftlichkeit. Da die anderen Optionen stärker auf die verstärkte Stromerzeugung abzielen, dominiert hier die niedrige Bewertung des erzeugten Stroms, weshalb sich höhere Gesamtkosten und eine verschlechterte Wirtschaftlichkeit ergeben. Die Unterschiede in den Bewertungsansätzen führen jedoch nicht zu einer Veränderung der relativen Vorteilhaftigkeit der Optionen.

(Es ist darauf hinzuweisen, daß die Abschätzung der vermiedenen Kosten auf einer Langfrist-Perspektive beruhen. Kurz- bis mittelfristig können durch einen Ausbau der Stromerzeugung in Münster auf der Verbundebene eine Überkapazitäts-Situation entstehen (bzw. verstärkt werden), welche noch wesentlich niedrigere Bewertungsansätze für den in Münster erzeugten Strom und damit für die Wirtschaftlichkeit der Optionen 4 bis 7 begründen würden. Insofern ist jede Ausbaumaßnahme aus Sicht der Verbundebene kurz- bis mittelfristig negativ zu bewerten. Für die Bewertung langfristiger Investitionen sind jedoch die – oben grob abgeschätzten – langfristig vermeidbaren Kosten zugrunde zu legen.)

Die Formulierung einer konkreten Maßnahmenempfehlung muß verschiedenen Dimensionen des Entscheidungsproblems Rechnung tragen. In der folgenden Tabelle werden die verschiedenen Optionen vergleichend bewertet.

	Umsetzung	Investitionsvolumen	Gesamtkosten	CO ₂ -Reduktion	CO ₂ -Reduktionskosten	Flexibilität Brennstoffe	Gesamt-Bewertung
	schnell (+) mittel (o) langsam (-)	niedrig (+) mittel (o) hoch (-)	niedrig (+) mittel (o) hoch (-)	hoch (+) mittel (o) niedrig (-)	niedrig (+) mittel (o) hoch (-)	gegeben (+) nicht gegeben (-)	gut (+) mittel (o) schlecht (-)
Option 1	++	++	+	-	-	+	+
Option 2	+	+	o	o	-	+	o
Option 3	+	+	-	+	-	-	o
Option 4	o	+	+	-	+	+	o
Option 5	o	o	o	o	o	+	o
Option 6	o	o	+	o	o	+	o
Option 7	-	-	+	++	++	+	+
Option 8	-	--	o	++	+	-	o
Option 9	-	o	o	+	+	+	o

Die Optionen 1 bis 3 weisen besondere Vorteile in der Schnelligkeit ihrer Umsetzbarkeit auf. Mit ihnen insbesondere mit Option 1 lassen sich schnell (bzw. sofort) CO₂-Emissionen einsparen. Alle anderen Optionen brauchen eine nicht unerhebliche Planungs- und Realisationszeit.

Längerfristig ist jedoch die Höhe der CO₂-Reduktionswirkung und die Wirtschaftlichkeit dieser CO₂-Reduktion bedeutsamer für eine Auswahlentscheidung. Hier weisen die Optionen 7 bis 9 erhebliche Vorteile auf.

In die Gesamtbewertung geht neben diesen Aspekten auch die Brennstoffeinsatzflexibilität ein. So lange ein Kraftwerk mehrere Brennstoffe einsetzen kann, ist es in der Lage, auf größere Brennstoffpreisschwankungen durch Anpassungen in der Einsatzweise zu reagieren und entsprechende Kostensenkungspotentiale erschließen zu können. Darüberhinaus ermöglicht ein flexibler Kohleinsatz eine Optimierung des Gasbezuges. All jene Optionen, welche zumindest einen kohlegefeuerten Block beibehalten, weisen hier einen besonderen Vorteil auf.

Bei Würdigung aller Aspekte erweist sich Option 1 als günstigste kurzfristig nutzbare Maßnahme, noch dazu ohne jeden Investitionsbedarf. Längerfristig erweist sich Option 1 allerdings als zu teuer und zu unwirksam für eine weitreichendere CO₂-Reduktionspolitik. Mittel- bis langfristig ist die Option 7 vorzuziehen, da sie bei hohen CO₂-Reduktionen eine gute Wirtschaftlichkeit aufweist. Auf der Basis dieser Bewertungen kann die folgende Empfehlung formuliert werden.

D) Handlungsempfehlung

Empfehlung U1 Veränderung des Brennstoffeinsatzes und partieller Neubau des Heizkraftwerkes Hafen der Stadtwerke Münster:

- Sofortiger verstärkter Einsatz des gasgefeuerten Blocks 1 und entsprechend reduzierter Einsatz der kohlegefeuerten Blöcke 2 und 3.
- Investitionsbedarf: 0,0 Mio. DM
- Jährliche CO₂-Reduktion: 26,2 ktCO₂/a
- Spez. CO₂-Reduktionskosten: 92,8 bis 94,8 DM/t CO₂

Ohne jeglichen Investitionsbedarf lassen sich so schon kurzfristig CO₂-Reduktionen von rund 20 Tsd. t CO₂/a realisieren. Die Nutzung fest kontrahierter Kohlemengen kann z. T. auf die Zeit ab 1996 gestreckt werden. Die Maßnahme ist befristet bis zur Umsetzung der (kapitalintensiveren, aber kostengünstigeren) zweiten Maßnahme.

- **Mittelfristiger Ersatz (~1998/99) eines der kohlegefeuerten Blöcke durch eine Erdgas-GuD-Anlage (65 MW_{el} / 60 MW_{th})**
- Investitionsbedarf: 135,0 Mio. DM

- Jährliche CO₂-Reduktion: 163,5 kt CO₂/a
- Spez. CO₂-Reduktionskosten: -14,2 bis 7,1 DM/t CO₂

Der Weiterbetrieb des zweiten kohlegefeuerten Blocks ermöglicht den Stadtwerken sowohl eine Optimierung ihrer Gasbezugsbedingungen als auch eine Anpassung des Brennstoffeinsatzes im Falle von stärkeren Veränderungen der Preisrelationen zwischen Gas und Kohle (Flexibilität).

Selbst bei sofortiger Aufnahme der Planungen dürfte sich eine Neuanlage nicht vor 1998/99 realisieren lassen. Ab diesem Zeitpunkt bestehen günstige Bedingungen für eine Neuanlage, da sowohl die Kohleabnahmeverpflichtung erfüllt als auch die zu ersetzende Altanlage (bis auf Restwerte der Nachrüstungsmaßnahmen) abgeschrieben sein wird.

4.4.2 Fortentwicklung des Heizkraftwerkes (der) Universität

A) Charakterisierung des Heizkraftwerkes Universität

Das Heizkraftwerk Universität dient der Dampf- und Fernwärmeversorgung der Universität und nimmt eine gekoppelte Strom- und Wärmezeugung vor. Es trägt mit rund 50 Tsd. t CO₂ zu 2,5 % zu Münsters CO₂-Emissionen bei. Es besteht im wesentlichen aus vier steinkohlegefeuerten Blöcken aus den Jahren 1960 bis 1964 ohne spezielle Rauchgasreinigungen. Bis Ende 1995 ist die Universität über den Jahrhundertvertrag verpflichtet, bestimmte Kohlemengen aus heimischer Förderung zu hohen Preisen abzunehmen. Nach diesem Zeitpunkt werden die Mengenverpflichtungen fallen und Steinkohlebezug auf der Basis von Weltmarktpreisen möglich sein.

	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
Inbetriebnahme	1960	1960	1964	1966
Brennstoff	Kohle	Kohle	Kohle	Kohle
Feuerungsleistung	11,7	18,8	36,6	36,6
	Dampfturbine 1		Dampfturbine 2	
Inbetriebnahme	1964		1964	
Dampfturbinenleistung	2,2		3,3	
Stromkennziffer (netto)	0,07		0,07	

Die Dampferzeugung des Heizkraftwerkes Universität wird – grob skizziert – zur Erzeugung von 10 GWh Strom, 105 GWh Mitteldruck-Dampf sowie 30 GWh Fernwärme (Heizwasser) genutzt. Während der Mitteldruck-Dampfbedarf Universitätsinterner Verbraucher vollständig durch das Heizkraftwerk Universität gedeckt wird, wird zur Abdeckung des Fernwärme-(Heizwasser-)Bedarfes rund 100 GWh Fernwärme von den Stadtwerken Münster hinzugekauft, welche die Stadtwerke über ihr Heizkraftwerk Hafen bereitstellen. Im Jahre 2002 laufen sowohl Fernwärme- als auch Strombezugsvertrag mit den Stadtwerken aus.

Bei der Fortentwicklung ihres Heizkraftwerkes ist die Universität bis zum Jahr 2002 auf die Bereitstellung des Mitteldruckdampfes und eines Teils der Fernwärme beschränkt. Nach Ablauf des Vertrages kann die Universität vollkommen freizügig über die optimale Deckung ihres Wärmebedarfes entscheiden. Sie könnte etwa ein neues Heizkraftwerk auf ihren gesamten Mitteldruck-Dampf- und Fernwärmebedarf auslegen und so wärmeseitig um fast 80 % größer (235 GWh ggü. 135 GWh) dimensionieren. Dies würde die Fernwärmelieferungen der Stadtwerke an die Universität auf Null und die Auslastung ihres Heizkraftwerkes Hafen um rund 20 % reduzieren.

B) Optionen zur Fortentwicklung

Im folgenden werden Optionen für die Fortentwicklung des Heizkraftwerkes Universität entwickelt.

Dabei wird davon ausgegangen, daß sich an der Rolle des Heizkraftwerkes Universität für die Wärmeversorgung der Universität nichts grundlegend ändert, mithin eine Auslegung auf etwa 135 GWh Wärmebedarf erfolgt.

Dies ist ausschließlich eine Arbeitsannahme, welche nicht etwa impliziert, daß an der gegenwärtigen Arbeitsteilung zwischen Universität und Stadtwerken auch nach dem Auslaufen der entsprechenden Verträge festgehalten werden müßte oder sollte. Sie dient ausschließlich der Vereinfachung der Modellrechnungen: würde eine größere Dimensionierung hier untersucht, müßten die durch die Eigenerzeugung vermiedenen Fernwärmebezüge von den Stadtwerken insbesondere hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen bewertet werden. Dies würde entweder eine hier nicht erwünschte Vorausfestlegung bzgl. der Fortentwicklung des Heizkraftwerkes Hafen erfordern oder aber in einer unübersichtlichen Anzahl unterschiedlicher Fortentwicklungskombinationen für beide Heizkraftwerke münden.

Die Wechselwirkungen zwischen Entscheidungen von Stadtwerken und Universität bedeutet, daß jeweilige Investitionen nur unter Unsicherheit getroffen werden können.

Im Hinblick auf die möglichst schnelle Initiierung klimawirksamer Investitionen beider Seiten in ihre jeweiligen Heizkraftwerke erscheint es als dringend geboten, in Neuverhandlungen über die Bezugsverträge der Universität einzutreten: eine Einigung könnte ein vorzeitiges Auslaufen der bestehenden Verträge so-

wie den Abschluß eines langfristigen neuen Vertrages beinhalten. Letzterer sollte Klarheit über Ausmaß und Konditionen zukünftiger Fernwärme-Lieferungen der Stadtwerke an die Universität schaffen und eine hinreichende Planungsgrundlage für zukünftige Investitionsentscheidungen beider Seiten geben.

Option 1: Umrüstung aller Blöcke auf Gas

Vollständige Substitution von Kohle durch das weniger CO₂-intensive Gas.

Option 2: Ersatz des Blockes 4 durch eine Erdgas-GuD-Anlage

Die gleiche Dampferzeugung wird im neuen Block ausschließlich auf Basis von Gas erreicht. Sie erfolgt nicht in einem traditionellen Dampfkessel, sondern in einem Abhitzeessel, welcher ausschließlich die Abwärme einer vorgeschalteten Gasturbine nutzt. Wie im traditionellen Kraftwerk wird der erzeugte Frischdampf über eine Dampfturbine entspannt und dabei Strom erzeugt. Die Stromerzeugung des Blockes würde sich auf fast das 15-fache erhöhen.

Option 3: Ersatz des Blockes 4 durch eine Erdgas-GuD-Anlage und Umrüstung der anderen Blöcke auf Gas

Wie Option 4, jedoch zusätzliche Substitution von Kohle durch Gas.

C) Modellrechnungen

Es wurde die gleiche Methodik wie bei dem Heizkraftwerk Hafen angewendet. Bei der Ermittlung der Kostenimplikationen mußte zwischen der Perspektive

der Universität, der Stadtwerke und der eines vollintegrierten Strom-Verbundunternehmens unterschieden werden, da sich deren jeweilige (langfristige) Bewertungsansätze für den zusätzlich erzeugten Strom bzw. das zusätzlich bezogene Gas unterscheiden (würden). Die Sicht der Universität ist insofern bedeutsam, als sie letztlich über die Investitionen zu entscheiden hat. Die Sicht der Stadtwerke ist dagegen für Förderungsentscheidungen und den Vergleich unterschiedlicher CO₂-Reduktionsmaßnahmen bedeutsam. Die Sicht eines vertikal vollintegrierten Unternehmens ist dagegen ein Abbild für die volkswirtschaftlichen Kosten ohne Berücksichtigung des externen Umwelt-Nutzens der CO₂-Reduktionsmaßnahme.

Auf eine detaillierte Darstellung der Modellrechnungen wird hier verzichtet. Sie sind im Teil 3 ausführlicher dargestellt, der jedoch aus Datenschutzgründen nicht veröffentlicht werden kann.

Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse der Modellrechnungen sind in den folgenden Tabellen zusammengefaßt.

Wiederum werden die unterschiedlichen Charakteristika der Optionen deutlich. Option 1 nutzt ausschließlich den Substitutionseffekt (Gas statt Kohle), weder der Gesamtbrennstoffverbrauch noch die Stromerzeugung ändern sich. Bei den Optionen 1 und 2 kommt die Erhöhung der wärmegekoppelten Stromerzeugung hinzu (GuD-Anlage). Dabei wird der erhöhte Gesamtbrennstoffverbrauch durch die Reduktion des Strombezuges (und damit der Stromerzeugung in Kondensationskraftwerken der VEW) insofern überkompensiert, als sich die Gesamtemissionen reduzieren.

	Veränderung des /der				
	Kohleeinsatzes GWh/a	Gaseinsatzes GWh/a	Brennstoff- einsatzes GWh/a	Strom- bezuges GWh/a	CO ₂ - Emissionen Tsd. t CO ₂ /a
Option 1	-165,2	165,2	0,0	0,0	-22,6
Option 2	-146,4	214,7	68,3	-62,6	-46,5
Option 3	-165,2	236,9	71,7	-65,8	-50,3

	Veränderung des /der Kosten (für)				Kosten der
	Kapital Tsd. DM/a	Bezug von Brennstoff Tsd. DM/a	Bezug von Strom (Stadtwerke) Tsd. DM/a	insgesamt (Stadtwerke) Tsd. DM/a	Reduktion von CO ₂ (Stadtwerke) DM/t CO ₂
Option 1	809	2.941	0	3.750	166
Option 2	4.646	4.642	-8.924	364	8
Option 3	5.133	5.078	-9.370	842	17

	Kosten der Reduktion von CO ₂		
	Universität DM/t CO ₂	Stadtwerke DM/t CO ₂	Verm. Kosten DM/t CO ₂
Option 1	197	166	141
Option 2	4	8	23
Option 3	14	17	31

Bei Option 1 erhöht die Substitution von Kohle (Importkohlepreise) durch Gas die Brennstoffkosten, ohne daß diesen Strombezugskosten einsparungen gegenüberstehen. Es ergeben sich relativ hohe CO₂-Reduktionskosten. (Gegenüber den Kosten bislang eingesetzter heimischer Steinkohle ergeben sich rund 70 % niedrigere Zusatzkosten für den Gaseinsatz. Für Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind nunmehr stets die Importkohlebedingungen zugrunde zu legen). Bei den Optionen 2 und 3 ergeben sich sowohl höhere Kapitalkosten als auch Brennstoffkosten, beide werden jedoch weitestgehend kompensiert von den vermiedenen Strombezugskosten. Es ergeben sich erheblich niedrigere Gesamtkosten und niedrigere spezifische CO₂-Reduktionskosten.

Je nach Perspektive (Universität, Stadtwerke, vollintegriertes Unternehmen) ergeben sich unterschiedliche Bewertungsansätze und Kostenergebnisse. Das Stadtwerk bewertet sowohl Strom wie Gas niedriger als es die Bezugspreiskonditionen der Universität vermitteln, da ein Teil der in den Preisen enthaltenen Kosten nicht vermeidbar sind (Strom) bzw. sich durch eine Ausweitung der Lieferung nicht erhöhen (Gas). Ein vertikal vollintegriertes Unternehmen würde aus den gleichen Gründen wiederum andere Bewertungsansätze wählen, da zusätzlich auch außerhalb der Stadtwerke die Preisstrukturen nur unzulänglich die Veränderung von Kosten widerspiegeln. (Es wurden jeweils grobe Abschätzungen der langfristig vermeidbaren bzw. zuwachsenden Kosten vorgenommen.)

Der Übergang von der Stadt/werkssicht zur Universitätssicht läßt die Varianten erhöhter Stromerzeugung, d.h. die Optionen 2 und 3 attraktiver erscheinen, während sich Option 1 verschlechtert. An der relativen Vorteilhaftigkeit der Anlagen ändert sich allerdings nichts. Die spezifischen CO₂-Reduktionskosten sind jeweils für die Optionen 2 und 3 niedrig, für die Option 1 dagegen hoch.

	Umsetzung	Investitionsvolumen	Gesamtkosten	CO ₂ -Reduktion	CO ₂ -Red.-Kosten	Reduktion Son.Emis.	Gesamt-Bewertung
	schnell (+) mittel (o) langsam (-)	niedrig (+) mittel (o) hoch (-)	niedrig (+) mittel (o) hoch (-)	hoch (+) mittel (o) niedrig (-)	niedrig (+) mittel (o) hoch (-)	gegeben (+) nicht gegeben (-)	gut (+) mittel (o) schlecht (-)
Option 1	+	+	-	-	-	+	o
Option 2	-	-	+	+	+	-	o
Option 3	-/+	-	+	+	+	+	+

Eine Umrüstung von Kohle auf Gas läßt sich relativ schnell realisieren. Aus diesem Grunde weist Option 1, aber auch Option 3 in Hinblick auf den Umrüstungsanteil der Maßnahme den Vorteil schneller Umsetzbarkeit auf. Option 2 und 3 (letzteres nur bezüglich der Installation der GuD-Anlage) erfordern eine mehrjährige Zeit für die Umsetzung. Da die Optionen 2 und 3 erheblich stärkere

CO₂-Reduktionen erschließen können und niedrigere Kostenerhöhungen verursachen, sind sie jedoch längerfristig vorzuziehen. Da die bestehenden Kohleblöcke über keine Rauchgasreinigungen verfügen, sind Optionen 1 und 3 in Hinblick auf die Reduktion sonstiger Emissionen zu bevorzugen.

Insgesamt erweist sich somit Option 3 als günstigste Variante. Geringe Kostennachteile gegenüber Option 2 werden durch die schneller erzielbaren Reduktionen der partiellen Umrüstung auf Gas sowie die sonstigen Emissionsreduktionen kompensiert. Auf der Basis von Option 3 läßt sich nunmehr eine Handlungsempfehlung formulieren.

D) Handlungsempfehlung

Empfehlung U2 Empfehlung und Unterstützung einer Umrüstung und eines partiellen Neubaus des Heizkraftwerkes (der) Universität:

- Mittelfristiger Ersatz (98/99) von Block 4 (oder 3) durch eine Erdgas-GuD-Anlage

- Investitionsbedarf: 42,2 Mio.DM
- Jährliche CO₂-Reduktion: 46,5 kt CO₂/a
- Spez. CO₂-Reduktionskosten: 7,8 bis 28,1DM/t CO₂

Frühester Zeitpunkt für eine Realisierung dieser Maßnahme dürfte 1998/99 sein.

- Mittelfristige Umrüstung (1996/97) der nicht zum Ersatz anstehenden Blöcke auf Gasfeuerung

Da das Heizkraftwerk Universität über keine speziellen Rauchgasreinigungen verfügt, erscheint eine vollständige Umstellung auf Gaseinsatz als generell wünschenswert. *Dadurch erhöhen sich die obigen Werte auf:*

- Investitionsbedarf: 46,7 Mio.DM
- Jährliche CO₂-Reduktion: 50,3 kt CO₂/a
- Spez. CO₂-Reduktionskosten: 16,7 bis 36,3 DM/t CO₂

Da sich diese Umrüstung schneller realisieren läßt als der Neubau eines GuD-Blocks ergibt sich für die Jahre bis zu dessen Fertigstellung eine CO₂-Reduktion von rund 20 kt CO₂ bei Kosten von rund 150 DM/t CO₂.

Die Universität Münster ist in ihrem Investitionsverhalten weitgehend von der Bereitstellung von Investitionsmitteln durch das Land Nordrhein-Westfalen sowie den langfristigen Fernwärme- und Strombezugsverträgen mit den Stadtwerken abhängig.

Für den Fall, daß sich die Universität (durch diese Abhängigkeiten) in der mittelfristigen Umsetzung dieser Handlungsempfehlungen gehindert sehen, wird der Stadt empfohlen, eine Realisierung tatkräftig zu unterstützen:

Die Stadtwerke sollten über Vorschläge zu einem Finanzierungs- oder Betreibermodell oder im Rahmen der generell erwünschten Neuverhandlung der bestehenden Lieferverträge die Umsetzung zu erreichen suchen.

Sollte sich der partielle Neubau trotz allem Bemühen nicht realisieren lassen, sollten alle Blöcke auf Gasfeuerung umgerüstet werden (Option 1). Die gesamte CO₂-Reduktion betrüge dann rund 22,6 kt CO₂/a bei einem Investitionsvolumen von 7,4 Mio. DM und spezifischen CO₂-Reduktionskosten von über 160 DM/t CO₂.

4.4.3 Möglichkeiten des (verstärkten) Einsatzes von Kraft-Wärme-Kopplung in den beiden Großbetrieben der chemischen Industrie

A) BASF Lacke und Farben

BASF Lacke und Farbe ist neben Armstrong WI einer der beiden mit weitem Abstand größten industriellen Energie- und Stromverbraucher. Beide Betriebe decken gemeinsam rund 7 bis 8 % des gesamten Strom- und Wärmemarkt Münsters ab.

BASF Lacke und Farben haben selbst im Rahmen einer Untersuchung zur innerbetrieblichen Optimierung ihres Energiesystems ermittelt, daß der Neubau einer 4,5 MW Gasturbine mit Abhitzeessel eine bedeutsame energetische Verbesserung darstellen würde. Eine grobe Abschätzung auf Basis der bereitgestellten Informationen und eigenen Berechnungen ergab:

- Investitionsbedarf: 10,4 Mio.DM
- Jährliche CO₂-Reduktion: 13,2 kt CO₂/a
- Spez. CO₂-Reduktionskosten: 50,0 DM/t CO₂

Die erschließbaren CO₂-Reduktionen entsprechen 0,65 % der CO₂-Emissionen Münsters insgesamt.

Empfehlung U3 Unterstützung und evtl. Förderung der Errichtung einer Gasturbine mit Abhitzeessel (4,5 MW_{el}) zur betrieblichen Kraft-Wärme-Kopplung bei BASF Lacke und Farben.

Folgende Maßnahmen werden vorgeschlagen:

– Ausdrückliche Unterstützung der BASF bei Verfolgung ihres Projektes

Stadt und Stadtwerke sollten die entsprechenden Aktivitäten der BASF in Verfolgung ihres Projektes ausdrücklich gutheißen und unterstützen.

– Förderung des Projektes bei fehlender Wirtschaftlichkeit

Die bisher von der BASF untersuchten Varianten scheiterten an der mangelnden Wirtschaftlichkeit, weiter verbesserte Varianten lassen das Erreichen der für einen Industriebetrieb wichtigen Wirtschaftlichkeitsschwelle nun möglich erscheinen. Für den Fall, daß eine Realisierung des Projektes knapp an Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten zu scheitern drohte, sollten Stadt oder Stadtwerke über geeignete Fördermaßnahmen eine Realisierung des Projektes sichern.

Diese Förderung könnte sowohl über die Stadtwerke im Wege eines Entgegenkommens bei den Konditionen des Gas- oder Zusatz-/Reservestrombezuges bzw. der Stromeinspeisung oder eines Finanzierungs- oder Betreibermodells realisiert werden, wie unmittelbar über einen Investitionszuschuß durch die Stadt oder die Stadtwerke erfolgen.

Da die BASF über ein Tochterunternehmen auch im Erdgasgeschäft tätig ist und über eine Gasleitung in der Nähe Münsters verfügt, könnte eine Förderung auch dadurch erfolgen, daß BASF die Möglichkeit erhält, von der eigenen Tochter (zusätzliches) Gas zu beziehen. Dies könnte entweder über einen Lie-

ferkettenvertrag oder eine freiwillige Durchleitungsvereinbarung mit den Stadtwerken oder die Konzessionierung des Neubaus einer Sticheitung durch die Stadt erfolgen. Ein Entgegenkommen der Stadt könnte an ein entsprechende Vereinbarung zur Belieferung auch von zusätzlichen Mengen an Armstrong gebunden sein.

B) Armstrong World Industries

Armstrong WI ist neben BASF Lacke und Farbe einer der beiden mit weitem Abstand größten industriellen Energie- und Stromverbraucher. Beide Betriebe decken gemeinsam rund 7 bis 8 % des gesamten Strom- und Wärmemarkt Münsters ab.

Eine Analyse der energiewirtschaftlichen Situation bei Armstrong WI erbrachte, daß fast die Hälfte des Gasbezuges von Armstrong dem Betrieb eines Gastrockners dient. Da das Trocknen der Werkstücke bei Temperaturen um 300 °C unmittelbar in der Verbrennungsluft des Trockners erfolgt, dürften günstige Bedingungen für den Einsatz einer vorgeschalteten Gasturbine (rund 8 MW_{el}) gegeben sein. Die Aufheizung der Trocknerluft würde statt durch die Gasbrenner der Trockneranlage durch die Abgase der Gasturbine bereitgestellt. Es bestehen geeignete bauliche Bedingungen zur preis-günstigen Freiluft-Aufstellung der Anlage neben dem Trocknergebäude. Eine groben Schätzung ergab folgende Werte:

– Investitionsbedarf:	10,4 Mio. DM
– Jährliche CO ₂ -Reduktion:	12,5 kt CO ₂ /a
– Spez. CO ₂ -Reduktionskosten:	74,1 DM/t CO ₂

Empfehlung U4 Empfehlung und Förderung einer Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Gasturbine zur betrieblichen Kraft-Wärme-Kopplung bei Armstrong Industries

Es wird daher vorgeschlagen, der Firma Armstrong zu empfehlen, eine Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudie zur Errichtung einer dem Trocknungsprozeß vorzuschaltenden Gasturbine durchführen zu lassen, und diese gegebenenfalls zu fördern.

Bei dieser Studie wäre neben der technischen Machbarkeit insbesondere der Einfluß der Auslastung und damit der Einsatzdauer des Trockners auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu untersuchen, da sich der Münsteraner Betrieb einem außerordentlich harten auch unternehmensinternen Standortwettbewerb ausgesetzt sieht und der Einsatz des Trockners konjunkturellen Einflüssen unterliegt.

Bestätigt die Studie ein vergleichbar wirtschaftlich erschließbares CO₂-Reduktionspotential, sollte über eine entsprechende Förderung die Realisierung sichergestellt werden. Diese Förderung könnte sowohl über die Stadtwerke im Wege eines Entgegenkommens bei den Konditionen des Gas- oder Zusatz-/Reservestrombezuges oder eines Finanzierungs- oder Betreibermodell realisiert werden, wie unmittelbar über einen Investitionszuschuß durch Stadt oder Stadtwerke erfolgen. In diesem Falle könnte Klimaschutz mit der Standortsicherung Münsters einhergehen.

4.4.4 Sonstiges

A) Koordination der Fernwärmenetze und der Heizkraftwerke

Basierend auf dem langfristigen Fernwärmebezugsvertrag der Universität mit den Stadtwerken findet bisher nur eine recht begrenzte Abstimmung zwischen den Betriebsweisen der Fernwärmenetze und Heizkraftwerke von Stadtwerken und Universität statt. Durch eine verbesserte Koordination des Kraftwerkseinsatzes ließen sich Fernwärmenetzverluste, Brennstoffverbräuche und CO₂-Emissionen reduzieren.

Empfehlung U5 Empfehlung einer verbesserten Koordination des Betriebes der Fernwärmenetze und Heizkraftwerke von Stadtwerken und Universität

Bei einer generell wünschenswerten Neuverhandlung der Fernwärmebezugsverträge der Universität (zwecks Schaffung einer Planungsgrundlage für neue Investitionen in die Heizkraftwerke beider Seiten) oder über eine ergänzende vertragliche Regelung sollten verbesserte und flexiblere Verfahren und Rahmenregelungen für die betriebliche Koordination sowie die Abrechnung von Austauschleistungen festgelegt werden.

B) Ausbau des Fernwärmenetzes

Zur Zeit trägt das bestehende Fernwärmesystem nicht zur CO₂-Reduktion bei. Eine getrennte Erzeugung (der Wärme in Hausfeuerungen und des Stroms bei VEW) würde rund 3 % niedrigere CO₂-Emissionen aufweisen als die bestehende kombinierte Erzeugung im Heizkraftwerk Hafen. Zum einen zehren Fernwärmenetzverluste (rund 9 % der eingespeisten Wärmeleistung), Pumpstrombedarf sowie Stromeigenbedarf des HKW (gemeinsam fast 20 % des erzeugten

Stroms) die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung bei der Brennstoffnutzung zum Teil wieder auf. Zum anderen ist der Brennstoffeinsatz des Heizkraftwerkes wegen des dominierenden Anteils von Steinkohle CO₂-intensiver als der durchschnittliche Brennstoffeinsatz von Hausfeuerungen und VEW.

Ein Ausbau der Fernwärme führt daher unter den gegebenen Bedingungen zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen. Dies gilt insbesondere dann, wenn peripher gelegene Verbraucher neu angeschlossen werden, da diese überproportional zusätzliche Netzverluste verursachen. Dies wird etwa daran deutlich, daß die Wärmeverluste im Fernwärmenetz seit Mitte der achtziger Jahre von 5 % auf nunmehr seit 1990 9 % angestiegen sind. Da es sich bei diesen Zahlen um Durchschnittswerte handelt, dürften die Wärmeverluste bei peripher gelegenen Verbrauchern inzwischen schon bis zu 15 % betragen.

Solange das Heizkraftwerk Hafen nicht in der unter Handlungsempfehlung U1 beschriebenen Weise verbessert wurde, sollte das Fernwärmesystem nur mit dem Ziel der Sicherung des Wärmeabsatzes erweitert werden, um eine gleichbleibende Auslastung des Heizkraftwerkes Hafen zu sichern. Erweiterungen würden dann nur insoweit vorgenommen, wie sie zur Kompensation für den zukünftig sinkenden Wärmebedarf der jeweils angeschlossenen Einheiten erforderlich wäre. Dadurch werden die über eine Fortentwicklung des Heizkraftwerkes Hafen potentiell erreichbaren CO₂-Reduktionen zunächst abgesichert.

Empfehlung U6 Arrondierung des Fernwärmenetzes zur Sicherung eines kontinuierlichen Wärmeabsatzes

Erweiterungen sollten primär über eine Erhöhung des Versorgungsgrades im inneren Bereich des Netzes erreicht werden. Neubaugebiete sollten auf mittlere Sicht wegen der geringeren Leitungsverluste und des geringeren Pumpstromverbrauchs durch räumliche nahe Blockheizkraftwerke (möglicherweise an das

Fernwärmenetz angekoppelt) versorgt werden. Ist das Heizkraftwerk Hafen durch einen Erdgas-GuD-Block thermodynamisch verbessert worden, sollte im Einzelfall untersucht werden, ob die Ausweitung des Fernwärmesystems oder der Aufbau einer Nahwärmeinsel vorteilhafter ist.

C) Verstärkte Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung im Wege der Nahwärmeversorgung

Leider konnte der Beirat mangels Unterstützung durch eine externe Studie keine detaillierten Untersuchungen zum dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungspotential durchführen. Eine Auswertung von wohl noch unvollständigen Unterlagen des Marktinformationssystems der Stadtwerke ergab allein eine Anzahl von rund 20 großen Gas- oder Öl-Verbrauchern, welche jeweils eine installierte Wärmeleistung größer 3 MWth bzw. einen Wärmeverbrauch größer 5 GWh/a aufweisen und deren gemeinsamer Wärmebedarf 150 GWh überschreitet. Neben insbesondere an der Peripherie gelegenen Neubaugebieten können solche Verbraucher den Kristallisationspunkt für eine Nahwärmeinsel sein.

Die Erschließung von 100 GWh dezentralen Nahwärmepotentialen dürfte bis 2005 möglich sein. Darüber ließen sich die CO₂-Emissionen Münsters um bis zu 24 Tsd. t CO₂ bzw. 1,2 % reduzieren. Überschlägige Rechnungen zeigen, daß sich selbst bei einem 50-prozentigen Investitionszuschuß durch Stadt oder Stadtwerke spezifische CO₂-Reduktionskosten unter 70 DM/t CO₂ ergeben.

Empfehlung U7 Potentialerhebung (über eine externe Studie) sowie Förderung der Nahwärmeversorgung von Industrie, Gewerbe und Haushalten mit Blockheizkraftwerken

Wie schon in der Beiratsempfehlung 5 des Zwischenberichtes wird ausdrücklich empfohlen, eine externe Studie zur Erhebung des dezentralen KWK- und Nahwärmepotentials sowie zur Entwicklung von Strategien zu seiner Erschließung einzuholen. Insbesondere sollte die Studie jeweils Kostenschätzungen für die Einzelprojekte ermitteln.

4.5 Szenarien

Im folgenden wird eine Abschätzung der im Bereich Energieumwandlung anfallenden CO₂-Emissionen vorgenommen.

Es wird dabei von der im Bericht 93 zum Energiekonzept der Stadtwerke ermittelten Strom- und Fernwärmeverbrauchsentwicklung ausgegangen. Auf dieser Grundlage lassen sich die CO₂-Emissionen für das Jahr 2005 ermitteln. Es ergibt sich, daß die wachsenden Verbräuche von Strom und Fernwärme unter konstanten CO₂-Emissionen bereitgestellt werden können. Dies liegt in der Annahme begründet, daß VEW seinen durchschnittlichen Wirkungsgard von 35 % auf 36,5 % erhöhen wird und ein BHKW-Potential von 42 GWh erschlossen wird. (Annahmen des Berichts 93 der Stadtwerke.)

		1990	2005	
Stromaufkommen	GWh _{el}	1.158	1.197	+3,4 %
Fernwärmeaufkommen	GWh _{th}	589	642	+8,9 %
CO ₂ -Emissionen Basis	kt CO ₂ /a	963	963	± 0,0 %
CO ₂ -Emissionen Schutz	kt CO ₂ /a		710	- 26,3 %
Erreichbare CO ₂ -Reduktionen	kt CO ₂ /a		-253	100,0 %
H 1 HKW-Hafen	kt CO ₂ /a		-157,4	62,2 %
H 2 HKW-Universität	kt CO ₂ /a		-48,6	19,2 %
H 3 BASF	kt CO ₂ /a		-12,3	4,9 %
H 4 Armstrong	kt CO ₂ /a		-11,7	4,6 %
H 7 zus. BHKWs/Nahwärme	kt CO ₂ /a		-23,0	9,1 %

Durch die aufgezeigten Handlungsempfehlungen lassen sich die CO₂-Emissionen im Umwandlungsbereich der Stadt Münster um insgesamt 253 kt CO₂/a oder 26,3 % reduzieren. (Die Einzelwerte der CO₂-Reduktionen fallen hier geringfügig niedriger aus als bei Ableitung der Handlungsempfehlungen, da an dieser Stelle die zukünftig verbesserte Strombereitstellung durch die VEW berücksichtigt werden muß).

Zur Erschließung dieses Reduktionspotentials wären Investitionen von rund 240 Millionen DM erforderlich, davon bei den Stadtwerken 135 Millionen (HKW Hafen) plus eventueller Beteiligungen an zusätzlichen KWK-Anlagen (Nahwärmebereitstellung, Industrie-KWK) und/oder weitere Beträge zur Förderung der Maßnahmen anderer Akteure. Durch die Realisierung dieser Maßnahmen ergäbe sich eine Reduktion des Strombezuges von der VEW um rund 400 GWh/a (rund 40 %) resultierend in einer Einsparung von erheblich über 40 Millionen DM pro Jahr. Aus diesem Betrag müßten die Kapitalkosten der Investitionen und die zusätzlichen Kosten des Brennstoffeinsatzes bestritten werden. Dieser verteuert sich zum einen durch die Substitution von rund 625 GWh Kohle durch Gas sowie einen zusätzlichen Verbrauch von Gas in Höhe von rund 450 GWh.

Die CO₂-Reduktionen lassen sich in absolut gleicher Höhe auch dann realisieren, wenn verstärkte Stromsparaktivitäten zu einer Reduktion des Stromverbrauches führen würden, da beide Maßnahmen über eine Reduktion des immer noch erheblichen VEW-Bezugs wirken.

Niedrigere CO₂-Reduktionen ergeben sich bei einer Reduktion des von den verschiedenen Betreibern der Anlagen zu versorgenden Wärmebedarfes. Eine Reduktion des Wärmebedarfes wirkt sich allerdings unterproportional auf die erschließbaren CO₂-Reduktionen aus, da die KWK-Anlagen in der Grundlast betrieben werden.

5. Erläuterungen der Handlungsempfehlungen im Bereich V, Verkehr

5.1 Einleitung

Die folgenden Erläuterungen und Begründungen zu den Beirats-Empfehlungen für den Handlungsbereich „Verkehr“ (vgl. Teil 1 des Endberichts) bauen auf den Modellrechnungen der Arbeitsgruppe Verkehr „Mögliche und erreichbare CO₂-Reduktion im Verkehrsbereich“ von 1993 auf; sie wurden im Zwischenbericht des Beirats für Klima und Energie der Stadt Münster 1993 veröffentlicht (vgl. Stadt Münster 1993a, Anhang).

Aktuelle Trends der Verkehrsentwicklung

Die hier vorgelegten Ergebnisse zur Entwicklung des Verkehrs und der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 beruhen auf neueren Daten zur Verkehrs- bzw. Mobilitätsstruktur der Stadt Münster (Haushaltsstichprobe 1994) und berücksichtigen die gegenwärtig (Juni 1995) absehbaren Trends und Rahmenbedingungen der Verkehrsentwicklung in der Stadtregion. So konnten die Veränderungen der Gesamtmobilität und der Verkehrsmittelwahl (Modal split) der Münsteraner seit 1990, die im engen Zusammenhang mit der ÖPNV-Offensive der Stadtwerke (Nahverkehrskonzept 2000) und der Stadt Münster (ÖPNV-Förderprogramm) stehen, ebenso erfaßt werden wie der im Rahmen der „Regionalisierung des ÖPNV“ ab 1996 inzwischen erreichte Planungsstand zur Neuordnung des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) im Münsterland.

Auf der regionalisierten Status-quo-Prognose des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsverflechtungen im Jahr 2000 für neun Stadt- bzw. Verkehrsbezirke Münsters und sechs Umlandbereiche, veröffentlicht im Verkehrsbericht Münster 1993 (Stadt Münster 1993b,) konnte hingegen nicht aufgebaut werden. Ganz

abgesehen davon, daß die Fortführung dieser Prognose bis zum Jahr 2005 (dem Zeithorizont der Beirats-Empfehlungen zur CO₂-Reduktion) einen erheblichen Daten- und Rechenaufwand erfordert hätte, muß diese Prognose im Lichte der neuesten Haushaltsstichprobe zum Verkehrsverhalten der Wohnbevölkerung von Münster („Zeitbudget und Verkehrsteilnahme Münster 1994“, HHS Harloff Hensel Stadtplanung (Aachen) im Auftrag des Stadtplanungsamtes Münster; noch nicht veröffentlicht) als überholt betrachtet werden, da sie auf der Mobilitätsstruktur von 1990 basiert.

Definitionen und Abgrenzungen

Wie im Zwischenbericht des Beirats wird der Personenverkehr der Stadt Münster unterteilt in Binnenverkehr (Quelle und Ziel der Fahrten bzw. Wege im Stadtgebiet) und in Quell- und Zielverkehr (Quelle oder Ziel im Stadtgebiet). Der Binnenverkehr ist nahezu identisch mit dem Verkehrsaufkommen der Münsteraner ohne Berücksichtigung von Fahrten über die Stadtgrenze (deren Anteil ist mit 7,5% aller Fahrten bzw. Wege 1994 sehr gering). Der Binnenverkehr ist der städtischen Einfluß- und Gestaltungsmöglichkeit unmittelbar zugänglich und wird im folgenden „Stadtverkehr Münster“ genannt.

Der Personenverkehr zwischen Stadt und Umland umfaßt im wesentlichen das Aufkommen der Berufs- und Ausbildungspendler, die Einkaufs- und Besorgungsfahrten aus dem Umland sowie den wachsenden Verkehrsumfang im Freizeitbereich (wozu vor allem der Naherholungs- und Urlaubsreiseverkehr der Münsteraner gehört). Der ein- und ausströmende Verkehr unterliegt nach Umfang, Fahrtweite und benutztem Verkehrsmittel nur zum Teil der Einflußnahme durch die Stadt Münster; dieser Verkehrsbereich wird im folgenden als „Regionalverkehr“ bezeichnet.

Abweichend vom sonst üblichen „Inlandskonzept“, wonach der Verkehr bzw. der verkehrsbedingte CO₂-Ausstoß einer Stadt nur innerhalb der Stadtgrenzen erfaßt wird, werden hier die von der Stadt Münster angezogenen bzw. von ihr ausgehenden Verkehrsströme in Anlehnung an das Verursacherprinzip mit ihrer gesamten Länge zwischen Quelle und Ziel berücksichtigt (Regionalkonzept). Bei großem Einzugsbereich einer Stadt (wie im Falle Münsters) ergibt sich hieraus ein deutlich höherer Gesamtumfang der CO₂-Emissionen des Personenverkehrs (1990: 658 kt CO₂/a gegenüber 313 kt CO₂/a nach dem Inlandskonzept; vgl. Stadtwerke Osnabrück 1992); die CO₂-Belastungen durch den Binnenverkehr Münsters einerseits und den Quell- und Zielverkehr der Stadt andererseits stehen nach dem Inlandskonzept etwa im Verhältnis 1 : 1, nach dem hier angewandten Regionalkonzept jedoch im Verhältnis 1 : 3,2.

In den nachfolgenden CO₂-Bilanzen des Verkehrs sind der Straßengüterverkehr und der Luftverkehr nicht enthalten. Lkw-Fahrten tragen nach Berechnungen der Prognos AG für Münster 1990 (Inlandskonzept) mit etwa 10 % zu den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bei (vgl. Stadtwerke Münster 1992, S. 26 f.); für entsprechende Abschätzungen nach dem Regionalkonzept lagen keinerlei Daten vor. Selbstverständlich dient jede Maßnahme zur Reduzierung des Lkw-Aufkommens in Stadt und Umland dem Klimaschutz; die CO₂-Minderungseffekte solcher Maßnahmen wie Verlagerung des Gütertransports auf die Bahn oder Bündelung des städtischen Lieferverkehrs mit Hilfe der Citylogistik lassen sich vorerst jedoch nicht quantifizieren.

Die Klimarelevanz des Luftverkehrs ist bisher stets unterschätzt worden. Für die Stadt Münster, die Gesellschafter des Flughafens Münster-Osnabrück (FMO) in Greven ist, kommt der künftigen Gestaltung des Luftreiseverkehrs im Hinblick auf die anhaltende Wachstumsdynamik dieses Verkehrsegments beträchtliches Gewicht für die CO₂-Minderungspolitik zu. Der Beirat für Klima und Energie empfiehlt daher den Einstieg in einen – voraussichtlich schwierigen –

Klärungs- und Konsensfindungsprozeß zur künftigen ökologischen Bedeutung des Luftverkehrs im allgemeinen und zu den Entwicklungsperspektiven des FMO im besonderen.

Die Handlungsempfehlungen des Beirats

Die spezifischen Handlungsempfehlungen des Beirates für Klima und Energie zur Reduktion der verkehrlichen CO₂-Emissionen in Münster (V1-V4, vgl. Teil 1 des Endberichts) wie auch die Gliederung des vorliegenden Erläuterungsberichts (Teil 2) tragen der oben genannten Aufgliederung des Personenverkehrs Rechnung: Während die ersten beiden Empfehlungen V1 und V2 auf eine klimaverträgliche Gestaltung des Stadtverkehrs zielen (CO₂-Einsparpotential 2005/1990 bis zu 17%), zeigt die Empfehlung V3 mit Maßnahmen zum Ausbau und zur Attraktivitätserhöhung des Regionalbahnverkehrs Möglichkeiten zur Reduktion des Autoverkehrs im Stadt-Umland-Bereich auf (gegenüber der Trendentwicklung 1990 - 2005 bis zu 8 % CO₂-Einsparung). Die erwarteten Einspareffekte werden anhand von Szenario-Berechnungen ausführlich erläutert und begründet (vgl. unten, Abschn. 5.3 und 5.4).

Mit der Empfehlung V4 „Option Stadtbahn Münster“ (nach 2000) wird eine Möglichkeit zur weiteren Stärkung des ÖPNV und zur besseren Verknüpfung von Stadt- und Regionalverkehr aufgezeigt. Vorschläge für ein Linienkonzept und zum schrittweisen Aufbau eines Stadtbahnsystems enthält Abschnitt 5.5.

Ein nicht unbeträchtliches, wenngleich nur längerfristig zu erschließendes CO₂-Reduktionspotential liegt in einer veränderten, verkehrsvermeidenden Siedlungsweise und Raumnutzung auf der Basis einer Neubewertung der Prinzipien Dichte, Mischung und dezentrale Konzentration (vgl. Bergmann u.a. 1993). Auf der städtisch-regionalen Ebene bedeutet dies, der Entwicklung im Bestand und einer abgestimmten Siedlungserweiterung in ausgewählten Um-

landzentren den Vorrang vor einer flächenextensiven, autoorientierten Suburbanisierung zu geben; ebenso muß Konzentrationstendenzen von Wirtschaft und Verwaltung mit der Folge sich ausweitender Einzugsbereiche entgegengewirkt werden (ebenda., S. 515 ff.).

Mit der Beirats-Empfehlung V5 soll eine Diskussion über das künftige Leitbild verkehrsvermeidender, polyzentraler Stadt- und Raumstrukturen im Münsterland angestoßen werden. Die Enquete-Kommission des Bundestages „Schutz der Erdatmosphäre“ sieht gerade im gezielten weiteren Ausbau verkehrssparmer Raumstrukturen enorme Minderungspotentiale, wenn solche Maßnahmen auf längere Zeiträume angelegt werden (vgl. SPD-Bundestagsfraktion (Hrsg.) 1994, S. 18).

Mit der Empfehlung V6 will der Beirat für Klima und Energie die wachsende Klimarelevanz des Luftverkehrs ins Bewußtsein rücken und den Einstieg in luftverkehrsdämpfende Maßnahmen bewirken, soweit diese – bezogen auf den FMO – im Handlungsbereich der Stadt Münster liegen. Die luftverkehrsbedingten CO₂-Emissionen und die möglichen Reduktionspotentiale werden im Abschnitt 5.6 gesondert dargestellt, jedoch nicht in die CO₂-Gesamtbilanz des Verkehrs der Stadt Münster einbezogen, solange die Zuordnung von Verkehrsleistungen (und damit der CO₂-Emissionen) des Luftverkehrs zu einzelnen Versuherstandorten noch strittig ist.

Die gesellschaftlichen und stadtpolitischen Ausgangsbedingungen für Belange des Klimaschutzes auch in der Verkehrspolitik sind in Münster denkbar günstig: Die Einsetzung des Beirats für Klima und Energie vor drei Jahren ist der damaligen Ratsmehrheit von CDU und FDP zu verdanken; die jetzige rot-grüne Stadtregierung will die Empfehlungen des Beirats zügig und konsequent umsetzen. Maßnahmen zur weiteren Umverteilung des städtischen Personenver-

kehrts zugunsten des „Umweltverbundes“ (Bahn/Bus, Rad, zu Fuß) können in der „fahrradfreundlichen Stadt“ Münster auf breite Zustimmung rechnen.

Das genügt jedoch nicht, um das gesetzte CO₂-Reduktionsziel zu erreichen: Beträchtliche Einsparpotentiale könnten durch individuelle Verhaltensänderungen erschlossen werden, die außerhalb der Einflußsphäre verkehrspolitischer Maßnahmen liegen, aber durch allgemeine Öffentlichkeitsarbeit, Werbekampagnen, Verbraucherberatung usw. zu bewirken sind. Beispiele dafür sind kraftstoffsparende Fahrweise der Autofahrer, weniger entfernungsintensive Freizeit- und Erholungsaktivitäten oder die Präferenz für regionale Güter beim Einkauf. Mit der abschließenden Empfehlung V7 möchte der Beirat der Stadt Münster bzw. der neuen Koordinationsstelle Klima und Energie (KLENKO) beim städtischen Umweltamt entsprechende Anregungen geben.

5.2 Verkehrsentwicklung, CO₂-Emissionen und Klimaschutz

Zunächst sollen die allgemein anerkannten Prognoseergebnisse zur Entwicklung des Verkehrs und der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2005 (bzw. 2010) wiedergegeben und ein Prognos-Gutachten über die Wirksamkeit verschiedener verkehrspolitischer Maßnahmen zur CO₂-Reduktion kurz referiert werden. In Anlehnung an den Zweiten Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ werden abschließend Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik in Deutschland aufgezeigt.

5.2.1 Entwicklung der CO₂-Emissionen des Verkehrs bis zum Jahr 2005

Aufbauend auf den Verkehrsprognosen für den ersten gesamtdeutschen Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 92 hat die Prognos AG, Basel, zusammen mit dem Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU), Heidelberg, 1993 die voraussichtliche Entwicklung der Emissionen von Luftschadstoffen und CO₂ durch den Verkehr in West- und Ostdeutschland bis zum Jahr 2010 ermittelt (vgl. Becker u.a. 1993). Die zugrunde gelegten Verkehrsprognosen gehen von unterschiedlichen Szenarien für den BVWP aus, wobei das Szenario H für die wahrscheinlichste Entwicklung gehalten wird: Es unterstellt zwar keine gezielten Maßnahmen zur Reduktion des Straßen- und Luftverkehrs, berücksichtigt aber aktuelle Trends bei der Entwicklung der Nutzerkosten (höhere Kraftstoffkosten, Parkgebühren und Bahnpreise) sowie wachsende Zeitverluste der Kfz-Nutzung (Geschwindigkeitsreduktionen, Parkraumbewirtschaftung usw.). Demgegenüber beruht das Szenario F auf der prinzipiellen Beibehaltung der heute gültigen ordnungspolitischen Rahmenbedingungen („Status-quo-Variante“, ebenda S. 25).

Die Entwicklung der Schadstoff- und CO₂-Emissionen wurde für den Personen- und Güterverkehr, aufgegliedert auf die Verkehrsträger Straße/Schiene/Luft/Wasser, und für die alten und neuen Bundesländer getrennt berechnet. Um nicht auf das besondere Problem der Angleichung der Verkehrsverhältnisse in den neuen Ländern eingehen zu müssen, sollen hier nur ausgewählte Daten für Westdeutschland wiedergegeben werden, um den Rahmen für die CO₂-Minderungs politik der Stadt Münster abzustecken.

Der westdeutsche Straßenverkehr wird demnach im Jahr 2005 zwischen 20 % (Szenario H) und 27% (Szenario F) mehr CO₂ emittieren als 1987 (Becker u.a. 1993, Tab. 4.42), dem Basisjahr für den Beschluß der Bundesregierung, die CO₂-Emissionen bis 2005 um mindestens 25 % zu reduzieren. Das gesetzte

klimapolitische Ziel wird im Verkehrsbereich also völlig verfehlt, weshalb es der Bundesminister für Verkehr inzwischen für ein ehrgeiziges Ziel hält, die CO₂-Emissionen des Verkehrs auf dem Stand Anfang der neunziger Jahre zu stabilisieren. Für alle nichtverkehrlichen CO₂-Emittenten wurden dagegen Emissionsrückgänge prognostiziert.

Der Verkehr ist also das besondere „Sorgenkind“ der Klimaschutzpolitik. Dabei sind Personen- und Güterverkehr an der wachsenden Klimabelastung unterschiedlich beteiligt: So werden die CO₂-Emissionen des Personenverkehrs bis 2005 um 17 bzw. 22 %, die des Güterverkehrs aber um 36 bzw. 45 % ansteigen (gegenüber 1987; vgl. Becker u.a. 1993, Tab. 6.6 u. 6.12). Die Entwicklung der CO₂-Emissionen in dem für Münster relevanten Personennahverkehr wurde zwar nicht gesondert prognostiziert, doch kann davon ausgegangen werden, daß entsprechend der zu erwartenden Verkehrszunahme in den städtischen Einzugsbereichen die CO₂-Emissionen um jährlich knapp 1 % ansteigen werden.

Diese überschlägige Schätzung wird durch die von der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ zusammengestellten Daten zur Trendentwicklung des Verkehrsektors in Deutschland bestätigt, wonach die CO₂-Emissionen des regionalen Personenverkehrs von 1988 bis 2010 um etwa 20 %, die des Personenfernverkehrs jedoch um nahezu 70 % (darunter Luftverkehr 260 %) ansteigen werden (Deutscher Bundestag 1994, Tab. A-1). Geht man von einem rechnerischen Basiszustand nach Angleichung der neuen Länder an das Westniveau 1988 aus und bezieht den Güterverkehr mit ein, so beträgt von diesem Referenzzustand aus die zu erwartende Steigerung der CO₂-Emissionen bis 2005 ohne klimaorientierte Verkehrspolitik 35 %; nur etwa ein Drittel dieses Zuwachses wird durch den normalen technischen Fortschritt zu vermeiden sein (SPD-Bundestagsfraktion 1994, S. 10).

5.2.2 Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der verkehrlichen CO₂-Emissionen

Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr hatte die Prognos AG unter Mitwirkung des IFEU-Instituts Heidelberg sowie des Instituts für Energietechnik und Umweltschutz im TÜV Rheinland bereits 1990/91 in umfassender Weise die möglichen Konsequenzen zahlreicher Maßnahmen zur Änderung des Verkehrsverhaltens auf die Entwicklung der verkehrlichen CO₂-Emissionen bis zum Jahre 2005 quantitativ abgeschätzt (Rommerskirchen/Becker/Cerwenka/Eland 1991; vgl. auch Becker/Eland/Rommerskirchen 1992). Die 22 untersuchten Einzelmaßnahmen wurden den Kategorien

- ordnungs- und preispolitische Maßnahmen (M1 - M12),
- Infrastrukturmaßnahmen (M13 - M19) sowie
- Maßnahmen zur Organisation des Verkehrsablaufs (M20 - M22)

zugeordnet. Für den hier zu betrachtenden Personennahverkehr (Stadt- und Regionalverkehr Münster) und dessen Beeinflussung auf kommunaler Ebene sind die folgenden Einzelmaßnahmen relevant:

- M5 Verschärfung der Geschwindigkeitsbeschränkungen
- M6 Verschärfung der Geschwindigkeitskontrollen
- M8 Tarifmaßnahmen im ÖPNV
- M10 Parkraumbewirtschaftung
- M11 Maßnahmen zur Erhöhung des Besetzungs- bzw. Auslastungsgrades von Kfz
- M13 Verstärkter Ausbau der Schieneninfrastruktur
- M14 Abbau von kapazitätsbedingten Stauungen im Straßenverkehr
- M16 Reduzierung innerstädtischer Parkflächen
- M17 Sonstige ÖPNV-Verbesserungsmaßnahmen (Attraktivitätssteigerung)
- M18 Ausbau von Park+Ride-Anlagen

- M19 Radwegesystemausbau und -priorisierung
- M20 Verkehrsflußsteuerung
- M22 Schulung/Verhaltensänderung zugunsten energiesparenden Verhaltens/Werbung/Verbrauchsinformation

Die für das Jahr 2005 jeweils ermittelten CO₂-Emissionen im „Maßnahme-Fall“ werden zum einen mit der Trendrechnung für 2005 (ohne Maßnahmeneffekte) und zum anderen mit der Basissituation 1987 verglichen (vgl. Rommerskirchen u.a. 1991, S. 244 ff.). Die von der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ geforderte CO₂-Reduktion um 25 bis 30 % bis 2005 gegenüber 1987 wird von keiner der aufgeführten Maßnahmen auch nur annähernd erreicht; lediglich für die (hier ausgeklammerten) Maßnahmen „Erhöhung der Mineralölsteuer“ (M2) und „Emissions- bzw. fahrleistungsabhängige Verkehrsabgabe“ (M4) führen die angenommenen Veränderungen des Verkehrsmengengerüsts zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 7,0 bzw. 1,7 %.

Für die ausgewählten Maßnahmen im Bereich des Stadt- und Regionalverkehrs ergeben sich die in Tab. 5.1 zusammengestellten Veränderungen der CO₂-Emissionen bis 2005 im Vergleich mit der trendmäßigen Entwicklung und mit der Ausgangssituation 1987. Die Maßnahmen wurden nach der Abweichung vom Trend absteigend sortiert (erste Gruppe); die für die übrigen Maßnahmen errechneten Effekte sind so gering, daß sie als gleich unwirksam eingestuft werden müssen (zweite Gruppe).

Maßnahme	Veränd. zu Trend 2005 (%)	Veränd. zu Basis 197 (%)
M5 Geschwindigkeitsbeschränkungen	-8,0	6,4
M22 Schulung/Verhaltensänderung	-7,4	7,2
M11 Höherer Besetzungsgrad	-5,3	9,6

Maßnahme	Veränd. zu Trend 2005 (%)	Veränd. zu Basis 197 (%)
M20 Verkehrsflußsteuerung	-4,9	10,1
M13 Ausbau Schieneninfrastruktur	-3,7	11,5
M6 Geschwindigkeitskontrollen	-3,5	11,7
M19 Ausbau Radwegesystem	-2,0	13,4
M14 Ausbau Straßeninfrastruktur	-1,6	13,8
M8 Tarifmaßnahmen im ÖPNV	-0,6	15,0
M16 Reduzierung der Parkflächen	-0,6	15,0
M17 ÖPNV-Attraktivierungsmaßnahmen	-0,6	15,0
M10 Parkraumbewirtschaftung	-0,5	15,2
M18 Ausbau P+R-Anlagen	-0,5	15,2

Tabelle 5.1: Auswirkungen ausgewählter Maßnahmen auf die verkehrlichen CO₂-Emissionen bis 2005 gegenüber 1987 und Trendentwicklung (Quelle: Rommerskirchen u.a. 1991, Tab. 3-24)

Dieses Ergebnis überrascht natürlich, befinden sich doch gerade die klassischen Instrumente der Stadtverkehrsplanung zur Beeinflussung der Verkehrsmengen bzw. des Modal split – wie ÖPNV-Angebotspolitik, Parkraummanagement und Park+Ride – in dieser zweiten Gruppe. Dieser Befund dürfte aber im wesentlichen darauf zurückzuführen sein, daß die jeweils errechneten Effekte der CO₂-Minderung (gegenüber dem Trend) zum einen auf den gesamten Personen- und Güterverkehr und nicht allein auf den Personennahverkehr bezogen sind, insofern also rein quantitativ nicht „durchschlagen“; zum anderen wurden Effekte der Bündelung solcher Maßnahmen (zur gegenseitigen Unterstützung und Verstärkung der intendierten Wirkungen), was gerade für die Verkehrsplanung in Stadtregionen typisch ist, bei der CO₂-Abschätzung vernachlässigt.

So wurde kürzlich anhand des „ÖPNV-Modells Freiburg“ die besondere Wirksamkeit tarifpolitischer Maßnahmen zur stadt- und umweltverträglichen Veränderung des Modal split nachgewiesen; im Vergleich mit anderen Verkehrsräumen wurde dabei versucht, die Elastizität der ÖPNV-Nachfrage in bezug auf Verbesserungsmaßnahmen (Preis, Frequenz, Fahrzeit) zu bestimmen (Ruff/Selz 1995). Unter den raumwirksamen Maßnahmen zur CO₂-Vermeidung im Verkehr wird dem konsequenten Parkraummanagement in Kernstädten (Gebührenerhöhung, Verknappung des Stellplatzangebotes) eine besondere Bedeutung zugesprochen (Bergmann u.a. 1993, S. 529 ff.). Für zahlreiche europäische Städte war bzw. ist die Parkraumbewirtschaftung ein wichtiger Baustein für ein ökologisches Verkehrskonzept (Apel 1991, 1992).

Unter den Maßnahmen, für welche die Prognos AG CO₂-Einspareffekte gegenüber der Trendentwicklung bis 2005 ermittelt hat (vgl. Tab. 5.1, obere Gruppe), weist M5 „Verschärfung der Geschwindigkeitsbeschränkungen“ (auf 120 km/h auf Autobahnen und 80 km/h auf allen Außerortsstraßen) die größte Wirksamkeit auf. Diese Maßnahme hat für den Regionalverkehr im Umland der Stadt Münster Bedeutung, sofern die Höchstgeschwindigkeit auf den Straßen deutlich unter 100 km/h abgesenkt und die völlige Beachtung solcher Beschränkungen durchgesetzt werden kann. Bei unverändertem Befolgungsgrad würden die CO₂-Emissionen lediglich um 1,2 % unter dem Trend bis 2005 liegen. Das zeigt auch die Maßnahmewirkung „Verschärfung der Geschwindigkeitskontrollen“ (M6) an, die sich auf die konsequente Durchsetzung der bestehenden Geschwindigkeitsgrenzwerte bezieht.

Bemerkenswert ist die vergleichsweise hohe Wirksamkeit sog. „weicher“ Maßnahmen zur Verhaltensänderung wie hier M22, die auf eine kraftstoffsparende Fahrweise der Autofahrer (langsamer und beschleunigungsärmer) zielt. Informations- und Werbekampagnen der Kommunen können hierzu etwas beitragen. In der Beirats-Empfehlung V7 (vgl. Teil 1 des Endberichts) wird dieser Ge-

danke aufgegriffen. Maßnahmen zur geschwindigkeitsdämpfenden Verkehrsführung und Straßenraumgestaltung können das Ziel energiesparenden Autofahrens unterstützen.

Die Maßnahme M11, die nach dem CO₂-Einspareffekt an dritter Stelle steht (Tab. 5.1), betrifft die Erhöhung der Mitfahreranteile beim Pkw (höherer Besetzungsgrad), aber auch die bessere Auslastung der Lkw und die Vermeidung von Leerfahrten. Im Personenverkehr können entsprechende Infrastrukturangebote (Sammelplätze) oder organisatorische Maßnahmen (Mitfahrzentrale, Verkehrs- bzw. Mobilitätsberatung) zu verändertem Nutzerverhalten beitragen. Berufs- und Ausbildungsfahrten stellen ein besonderes Potential dar. Erst in Verbindung mit einer spürbaren Kostenerhöhung der Autobenutzung (durch City-Maut, Parkraumbewirtschaftung) wird es jedoch zu nennenswerten CO₂-Einsparungen kommen.

Die Maßnahmen M20 und M14, die eine mittlere bis schwache Wirksamkeit zur Lösung des CO₂-Problems aufweisen, beziehen sich auf den Kfz-Verkehr auf Autobahnen und Außerortsstraßen; sie könnten für eine CO₂-Reduktion im Regionalverkehr von Münster bedeutsam sein. Beide Maßnahmen zielen auf die Verstetigung des Verkehrsflusses, im ersten Fall mit „optimaler“ Geschwindigkeit (Pkw außerorts 95 km/h), im zweiten Fall unter Vermeidung von „Staugeschwindigkeiten“. Solche Effekte machen bekanntlich das Autofahren attraktiver, so daß mit Neuverkehr gerechnet werden müßte. Unter diesem Gesichtspunkt ist den errechneten Effekten dieser Maßnahmen grundsätzlich zu mißtrauen (das wird auch von der Enquete-Kommission gesehen; vgl. SPD-Bundestagsfraktion (Hrsg.) 1994, S. 13f.).

Der verstärkte Ausbau der Schieneninfrastruktur (M13) betrifft den Nah- und Fernverkehr. Im Personenverkehr wird angenommen, daß durch Netzverdichtung und Zugbeschleunigung Fahrgastanteile zurückgewonnen werden kön-

nen, die in der Vergangenheit an den motorisierten Individualverkehr verloren gegangen sind. Da auch der Güterverkehr in dieser Maßnahme enthalten ist, kann nur ein Teil des errechneten CO₂-Einspareffektes (vgl. Tab. 5.1) dem für Münster betrachteten Verkehrsbereich zugerechnet werden. Die eigenen Ermittlungen zur CO₂-Reduktion durch Ausbau des Schienenpersonennahverkehrs im Münsterland gehen weit über die Prognos-Abschätzungen hinaus (siehe unten, Abschnitt 5.4).

Der Prognos-Befund zum CO₂-Einspareffekt eines höheren Radfahrer-Anteils am städtischen Nahverkehr (M19) orientiert sich am Modal split fahrradfreundlicher Städte, der im Fall der Stadt Münster (1990: 34 % Radverkehr) kaum mehr übertroffen werden kann.

5.2.3 Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik

Unter diesem Titel veröffentlichte der Deutsche Bundestag den zweiten Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ zum Thema Mobilität und Verkehr (Deutscher Bundestag 1994). Zentrale Größe einer klimaverträglichen Verkehrspolitik ist aus Sicht der Enquete-Kommission die Verkehrsvermeidung; darunter ist die Reduzierung des Verkehrsaufwandes (Verminderung der Entfernungen), nicht jedoch eine Beschneidung der Mobilität zu verstehen (zum Mobilitätsbegriff vgl. Deiters 1992). Hierzu bedarf es einer grundlegend veränderten, „verkehrssparsamen“ Siedlungs- und Raumstrukturpolitik (dezentrale Konzentration, „Stadt der kurzen Wege“) und der Korrektur überzogener raumfunktionaler Spezialisierung in Stadt und Umland durch kleinräumige „Nachmischung“.

Flankiert werden soll die ansonsten eher längerfristig angelegte Strategie zur Verkehrsvermeidung durch die schrittweise Erhöhung des Raumwiderstandes

für den MIV (durch Tempolimit, Parkraumreduktion usw.) im Rahmen kurz- und längerfristig angelegter Programme. Die Verkehrsvermeidung hat ihren Schwerpunkt definitionsgemäß beim regionalen Personenverkehr; die bis zum Jahr 2005 erreichbare CO₂-Reduktion wird hier auf 7 % veranschlagt.

Die zweite Wirkungsebene ist die Verlagerung des Verkehrs auf emissionsärmere Verkehrsträger. Auf europäischer und nationaler Ebene werden die größten CO₂-Einspareffekte von der Verlagerung des Gütertransports von der Straße auf die Schiene erwartet. Im Bereich des Personennahverkehrs geht die Enquete-Kommission davon aus, daß bis zu 20 % der Autofahrten durch Wege zu Fuß oder mit dem Fahrrad ersetzt werden könnten (was sich wegen der kurzen Entfernungen allerdings nur geringfügig auf die CO₂-Gesamtminderung im Verkehrsbereich niederschlagen würde).

Entgegen den Erwartungen der Enquete-Kommission zeigt sich in der Prognose bis 2010, daß Verlagerungen im regionalen Personenverkehr weitaus klimawirksamer sind (CO₂-Reduktion um 10 %) als solche im Güterverkehr (-3 % CO₂); das hängt mit den energetisch ineffizienten Vor- und Nachläufen im Güternahverkehr bei Verlagerung auf den Bahnfernverkehr zusammen (vgl. SPD-Bundestagsfraktion 1994, S. 47). Für eine klimaverträgliche Verkehrspolitik der Stadt Münster ist dieser Befund von besonderer Bedeutung: Offenbar bestehen gerade im kommunalen Handlungsbereich in mittelfristiger Sicht (bis 2005/2010) erhebliche CO₂-Minderungspotentiale durch die Verlagerung des MIV auf öffentliche Verkehrsträger, bei kurzen Strecken auch auf den nichtmotorisierten Individualverkehr.

Die Enquete-Kommission vermutet, daß der gezielte Ausbau verkehrsvermeidender Siedlungs- und Raumstrukturen, der seine Wirkung allerdings sehr langsam entfaltet, über ein beträchtliches und nachhaltiges Minderungspotential verfügt. Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung, die bis 2005 zwar nur wenig

zur CO₂-Einsparung (3 - 4%) beitragen, müssen dennoch unverzüglich eingeleitet werden, da sie den Einstieg in die Entkoppelung von Verkehrszunahme und Wirtschaftswachstum darstellen und den Trend zur weiteren Zunahme der regionalen Personenverkehrsnachfrage über das Jahr 2005 bzw. 2010 hinaus brechen können. Gegenüber einer entsprechenden Trendfortschreibung schätzt die Enquete-Kommission das CO₂-Minderungspotential verkehrsvermeidender Standort- und Siedlungsstrukturen auf 20% (vgl. SPD-Bundestagsfraktion 1994, S. 38).

Für die künftige Flächennutzungs- und Standortplanung im Münsterland soll daher das Prinzip der dezentralen Konzentration Anwendung finden, wonach vor allem die Mittel- und Unterzentren im Einzugsbereich der Stadt Münster als Wirtschafts- und Versorgungsstandorte nachhaltig zu stärken sind. Die Funktion der Stadt Münster als überragendes Oberzentrum des Münsterlandes wird dadurch nicht berührt. Doch sollte die Stadt nicht in Konkurrenz zu den nachgeordneten Zentren treten. Indem diese ihr jeweiliges Umland künftig stärker an sich binden, wird der Regionalverkehr durch kürzere Pendler- bzw. Versorgungsfahrten deutlich entlastet. Die Empfehlung V5 des Beirats (vgl. Endbericht Teil 1, S. 58) bezieht sich auf diesen Handlungsbereich, der zwar außerhalb der Verkehrspolitik bzw. Verkehrsplanung liegt, langfristig aber erhebliche Auswirkungen auf das Verkehrsgeschehen besitzt.

5.3 Stadtverkehr Münster

Im folgenden werden die Ergebnisse der Analyse und Prognose (Szenario-Varianten) für den Binnenverkehr der Stadt Münster unter besonderer Berücksichtigung der CO₂-Reduktionspotentiale dargestellt. Die Berechnungen bilden die Grundlage für die Handlungsempfehlungen V1 und V2 des Beirats für Klima und Energie (vgl. Teil 1 des Endberichts). Unter den Szenario-Varianten der

Verkehrsentwicklung bis zum Jahr 2005 steht naturgemäß das „Klimaschutz-Szenario“ als anzustrebender Entwicklungspfad im Mittelpunkt der Betrachtung.

5.3.1 Mobilität und Verkehr in Münster 1990-1994

Der hohe Radverkehrsanteil an allen Mobilitätsvorgängen (Fahrten und Wege zu Fuß) der Wohnbevölkerung von Münster (1990: 34 %) ist für eine Stadt dieser Größenordnung einzigartig in Deutschland. Gegenüber 1982 konnte der Radverkehrsanteil (29 %) sogar noch erhöht werden. Dies ist nicht zuletzt das Ergebnis der mit 16,61 DM je Einwohner und Jahr Anfang der neunziger Jahre höchsten kommunalen Pro-Kopf-Ausgaben für den Radverkehr im Vergleich der Großstädte der alten Bundesländer mit 200.000 bis 500.000 Einwohnern (vgl. Zweiter Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“, Deutscher Bundestag (Hrsg.) 1994, Tab. 2.2-9 und 2.2-10).

Allerdings war der ÖPNV-Anteil mit nur 15 % des gesamten motorisierten Personenverkehrs (ÖV/MIV) in keiner anderen westdeutschen Großstadt dieser Einwohnergrößenklasse so niedrig wie in Münster 1990. Das gilt auch für andere ÖPNV-Kennzahlen wie Angebotsquantität (2.573 angebotene Platz-Kilometer pro Einwohner und Jahr) und Benutzungsfrequenz (88 ÖV-Fahrten pro Einwohner und Jahr), die zu den niedrigsten im Großstadtvergleich gehören (vgl. ebenda).

Faßt man jedoch die ÖPNV-Fahrten mit den per Fahrrad und zu Fuß zurückgelegten Wegen zum sog. Umweltverbund zusammen, so nimmt die Stadt Münster mit einem Anteil von 62 % dieser Verkehrsarten einen Spitzenwert unter den westdeutschen Großstädten ein. In der Umkehrung heißt dies, daß der Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) mit 38 % (1990) in keiner anderen Großstadt über 200.000 Einwohner so niedrig wie in Münster ist. Ungewöhnlich

hoch ist allerdings die Gesamtmobilität der Münsteraner, die für 1990 mit 3,61 Wegen pro Person und Tag ermittelt wurde (Stadt Münster 1992a, S. 43 ff.).

Auch wenn der städtische Modal split wegen des hohen Radverkehrsanteils vergleichsweise „umweltfreundlich“ ist, kann im Rahmen der klimapolitischen Ziele der Stadt Münster nicht darauf verzichtet werden, daß auch der Verkehrsbereich seinen Beitrag zur CO₂-Reduktion erbringt. Anderenfalls würde die Eigendynamik des Verkehrs die Einspareffekte in anderen Bereichen zunichte machen und der Verkehrssektor zum dominierenden CO₂-Erzeuger werden. Da eine deutliche Verminderung des Pkw-Verkehrs kaum über die weitere Steigerung des Radverkehrs zu erreichen sein wird, muß die städtische Verkehrspolitik am ÖPNV und der Erhöhung seines Beförderungsanteils zu Lasten des MIV ansetzen.

Die vom Stadtplanungsamt vorab bereitgestellten Daten aus der Haushaltsbefragung zu Zeitbudget und Verkehrsteilnahme in Münster 1994 (HHS Harloff Hensel Stadtplanung, Aachen) bestätigen im Vergleich zur Mobilitätsstruktur von 1990, daß ein attraktives öffentliches Nahverkehrsangebot für Münster in der Lage ist, den notwendigen Umstieg vom Pkw zu bewirken. Erstmals kann nunmehr aufgezeigt werden, wie sich die enormen Fahrgastzuwächse des Stadtbusverkehrs Münster seit 1990 (Zunahme um 53 %; vgl. Abbildung Anhang V.1, am Ende dieses Berichts) auf die individuelle Verkehrsmittelbenutzung (Modal split) im allgemeinen und auf die Verlagerung von Personenfahrten zwischen den Verkehrssystemen im besonderen ausgewirkt haben.

Der große Erfolg der ÖPNV-Offensive der Stadtwerke Münster beruht offenbar auf einem ganzen Bündel gut aufeinander abgestimmter Einzelmaßnahmen wie Fahrplanverdichtung (City-Takt, verbesserte Abendbedienung) und Ausweitung des Fahrtenangebotes (Schnellbusse in den Hauptverkehrszeiten, Kleinbus- und Sammeltaxi-Einsatz im Schwachlastverkehr), auf bestimmte Nutzergrup-

pen zielende Tarifangebote (Semesterticket für Studierende, Firmen-Abos für Berufspendler, Schüler-Freizeit-Karte, Umweltkarten usw.), verbesserte Linienführung und -verknüpfung (Bedienung des zentralen Prinzipalmarktes, Umsteigeanlagen) sowie Beschleunigung des Busverkehrs (durch Busspuren und Ampelvorrangschaltung).

Die Grundlage dazu bilden das Nahverkehrskonzept 2000 (Stadtwerke Münster 1991) und das ÖPNV-Förderprogramm Münster 1991 (Stadt Münster 1991). Das gesetzte Ziel, bis zum Jahr 2000 eine Fahrgastzunahme von 25 % zu erreichen, wurde in nur zwei Jahren bereits übertroffen (1992-1994: +30 %). Wie zu erwarten, schlägt sich diese Entwicklung in einer veränderten Verkehrsmittelwahlsituation in Münster nieder (vgl. Tab. 5.2).

	Verkehrsmittelwahl (%)				Wege pro Pers./Tag
	ÖPNV	MIV	Rad	zu Fuß	
1982	6,6	39,2	29,2	25,0	3,47
1990	6,6	38,3	33,9	21,2	3,61
1994	9,5	37,3	31,7	21,5	3,53

Tabelle 5.2: Mobilität und Verkehrsmittelwahl in Münster 1982-1990-1994 (Quelle: Zeitbudget und Verkehrsteilnahme Münster 1994, S. 6)

Während der Stadtbusverkehr (ÖPNV) drei Prozentpunkte hinzugewonnen hat und damit seinen Anteil auf nahezu 10 % steigern konnte, sank das Pkw-Aufkommen (MIV) um einen weiteren Prozentpunkt; noch stärker ging allerdings der Radverkehrsanteil zurück (um zwei Prozentpunkte gegenüber 1990), der mit 32 % aller Fahrten bzw. Wege in Münster aber immer noch deutlich über dem Niveau von 1982 liegt.

Aus der Haushaltsbefragung zum Verkehrsverhalten 1994 geht weiterhin hervor, daß die Grundkennziffer der Mobilität für Münster (3,53 Fahrten bzw. Wege

pro Person und Tag) gegenüber 1990 (3,61) leicht zurückgegangen ist. Das kann damit zusammenhängen, daß die Anzahl der Studierenden in Münster, die weitaus häufiger als andere Stadtbewohner „unterwegs“ sind (bis zu 5,1 Wege pro Tag), seit 1990 praktisch unverändert geblieben ist, während die übrige Wohnbevölkerung (Mobilitätsziffer 3,2) im gleichen Zeitraum um mehr als 4 % zugenommen hat. Der Anteil der Studierenden an der Gesamtbevölkerung der Stadt sank dadurch von 19 auf 18 %. Zugleich nahm die Mobilitätsziffer der Studenten seit 1990 weitaus stärker (-5,0 %) als im städtischen Durchschnitt (-2,2 %) ab. Mit 3,53 Fahrten bzw. Wegen pro Person und Tag liegt die Mobilitätskennziffer von Münster im Vergleich mit anderen Großstädten (Aachen 3,5; Essen 3,2) aber immer noch im oberen Bereich (vgl. Zeitbudget und Verkehrsteilnahme Münster 1994).

Die Veränderung der Mobilitätsstruktur hat sich in den einzelnen Stadtbezirken unterschiedlich ausgewirkt (Abb. Anhang V.2). Besonders auffällig sind die Abweichungen bei den Stadtbezirken 4 und 7: Im Bezirk „Mitte-Nordost“ (4), wo sich trotz überdurchschnittlichen Rückgangs der Gesamtmobilität (-8 %) die Anzahl der Stadtbusfahrten mehr als verdoppelt hat (von 13 auf 28 Fahrten pro 100 Einwohner/Tag), ist beim Kfz-Verkehr eine Verminderung um ein Viertel (von 127 auf 90 Personenfahrten pro 100 Einwohner/Tag) eingetreten; im Stadtbezirk 7 „Ost“ (7) hat entgegen dem gesamtstädtischen Trend nicht nur die Mobilität per Fahrrad und zu Fuß (+20 %), sondern auch der Kfz-Verkehr zugenommen (+6 %), während die Anzahl der Stadtbusfahrten um 17 % zurückging (von 35 auf 29 Fahrten pro Einwohner/Tag). Auswertungen auf der Ebene der Stadtbezirke sind allerdings mit Unsicherheiten behaftet, da die Teilstichproben zum Teil zu klein sind.

Die Verflechtungsbeziehungen zwischen den Stadtbezirken sind im Zeitraum 1990-1994 erstaunlich konstant geblieben (Abb. Anhang V.3), obwohl sich die Bevölkerungszunahme (+8.758 Einwohner) unterschiedlich auf die Stadtbezirke

ausgewirkt hat. Von allen am Stichtag erfaßten Mobilitätsvorgängen entfallen 37 - 38 % auf Fahrten bzw. Wege innerhalb des Stadtbezirks Mitte (Verkehrsbezirke 1-4) und 27 % auf solche innerhalb der einzelnen Außenstadtbezirke (5-9); hierin ist auch künftig das besondere Potential des Rad- und Fußverkehrs zu sehen. Weitere 24 % der Fahrten bzw. Wege der Münsteraner betreffen Verflechtungen zwischen den Innen- und Außenstadtbezirken, die in der Regel vom öffentlichen Nahverkehr gut abgedeckt werden. Wege zwischen den äußeren Stadtbezirken (einschließlich Tangentialverkehr, soweit dieser Bezirksgrenzen überschreitet) machen nur 5 % der Mobilitätsvorgänge aus. Die verbleibenden 6 % (1990) bzw. 7,5 % (1994) der Mobilitätsvorgänge der Münsteraner entfallen auf Fahrten ins Umland usw. (Auspendler, Freizeitverkehr).

Die zwischen 1990 und 1994 festgestellte Veränderung der Verkehrsmittelwahl in Münster ist natürlich nicht unabhängig vom bereits erwähnten Anstieg der Einwohnerzahl (+3,2 %) und vom Rückgang der Gesamtmobilität (-2,2 %). Um abzuschätzen, wie viele Personenfahrten in der Bilanz tatsächlich vom Pkw bzw. vom Fahrrad auf den Stadtbus verlagert worden sind, müssen solche Einflußfaktoren rechnerisch eliminiert werden (vgl. Tab. 5.3).

	ÖPNV	Kfz-Fahrer	Kfz-Mitfahrer	Rad	zu Fuß
Fahrten/Tag	+29.290	-10.154	+1.972 -8.182	-20.291	-817
Veränd. (%)	+44,9	-2,2	-6,1	-0,4	

Tabelle 5.3: Durch die ÖPNV-Offensive der Stadtwerke ausgelöste Verlagerungseffekte im Peronenverkehr der Stadt Münster 1990 - 1994 (Quelle: Zeitbudget und Verkehrsteilnahme 1994; eigene Berechnungen)

Danach hatten von den knapp 30.000 pro Tag zusätzlich vom ÖPNV beförderten Personen (1994) rund 8.200 zuvor den Pkw benutzt (28 %). Tatsächlich ist unter den neuen Busfahrgästen mehr als ein Drittel vom Auto umgestiegen, wenn man nur die Selbstfahrer betrachtet (täglich mehr als 10.000). Die gleich-

zeitige Zunahme der Mitfahrer im Pkw eines anderen (um nahezu 2.000 pro Tag) hat zwar den Besetzungsgrad der Fahrzeuge leicht ansteigen lassen (was verkehrspolitisch durchaus erwünscht ist), mindert aber den Gesamteffekt der Verlagerung zugunsten des ÖPNV auf unter 30 %. Die Umverteilung des Personenverkehrs ist hauptsächlich zu Lasten des Radverkehrs gegangen. Aus der Bilanzierung der Verlagerungseffekte ergibt sich, daß fast 70 % der neuen Busfahrgäste zuvor das Fahrrad benutzt hatten; weitere 3 % waren früher zu Fuß gegangen.

Abb. Anhang V.4 veranschaulicht diesen Sachverhalt: Mit jedem dritten zusätzlichen Beförderungsfall im ÖPNV konnte eine Pkw-Fahrt eingespart werden; deren Anteil an allen Fahrten bzw. Wegen der Münsteraner ging seit 1990 um 2,2 % zurück (eine Verkehrsentlastung trat allerdings nicht ein, weil wegen des Einwohnerzuwachses die Anzahl der Pkw-Fahrten im Binnenverkehr der Stadt Münster bis 1994 sogar leicht zunahm). Zwei von drei zusätzlichen Busfahrgästen benutzten für die betreffenden Wege also zuvor das Fahrrad; der Radverkehr ging seit 1990 um 6 % zurück.

Die abgelaufene Entwicklung ist angesichts des für eine Großstadt ungewöhnlich hohen Radverkehrsanteils (32 %) keineswegs besorgniserregend, zumal die Verkehrsmittel des Umweltverbundes (Rad, Fuß, Bus + Bahn) einen Prozentpunkt des gesamten Modal split hinzugewinnen konnten. In Zukunft müßte jedoch durch eine gezielte Radverkehrsförderung vermieden werden, daß der wachsende ÖPNV dem Radverkehr auch dort Potentiale entzieht, wo dieser Vorteile besitzt (kurze Wege) und aus Gründen der Umwelt- und Stadtverträglichkeit weiterhin dominant sein sollte.

Dennoch muß auch künftig in Kauf genommen werden, daß Ausbau und Attraktivitätssteigerung des ÖPNV nicht nur die gewünschten Umsteigeeffekte vom motorisierten Individualverkehr auslösen, sondern auch Verlagerungen

vom Radverkehr zur Folge haben. Das gilt besonders dann, wenn Angebotsverbesserungen (z. B. in Form tarifpolitischer Anreize) gerade auf solche potentiellen Nutzergruppen zielen, deren Verkehrsverhalten durch eine hohe Affinität zum Fahrrad bestimmt ist. Das belegen Repräsentativbefragungen zum Verkehrsverhalten der Studierenden in Münster im Zusammenhang mit der Einführung des Semestertickets sehr deutlich.

So haben die von Bernd Schulze-Waltrup an der Universität im April 1992 (also vor Einführung des Semestertickets) durchgeführten Erhebungen ergeben, daß 55 % die Studierenden das Fahrrad ganzjährig benutzen und weitere 30 % nur im Sommer mit dem Rad fahren; diese steigen im Winter zu 53 % auf den Pkw und zu 35 % auf den Bus um. Bei schlechtem Wetter benutzen 26 % der sonst radfahrenden Studenten den Pkw und 20 % den Bus. Da bei einer Bewertung verschiedener Angebotsmerkmale des ÖPNV der Tarif (Fahrpreis) am schlechtesten abschnitt, vermutete Schulze-Waltrup, daß die Einführung eines Semestertickets (an der Universität seit Sommersemester 1993) eine nicht unbeträchtliche Fahrtenverlagerung vom Fahrrad auf den Bus auslösen würde (vgl. Stadt Münster 1994b, Teil A, S. 41 ff.)

Mit einer Befragung der Münsterschen Fachhochschulstudenten an zwei FH-Parkplätzen im April 1993, also im zweiten Semester nach der dortigen Einführung des Semestertickets, konnte Elke Willhaus (Stadt Münster 1994b, Teil B) nachweisen, daß 46 % aller Befragten und 59 % der in Münster Wohnenden den Bus häufiger als früher nutzen, wobei der Bus allerdings eher für Freizeit-zwecke als für Fahrten zur FH eine Alternative zum Pkw wurde. Ohne es quantitativ belegen zu können, geht die Verfasserin davon aus, daß deutlich mehr Radfahrer witterungsbedingt als Pkw-Nutzer aus Kostengründen in den Bus umsteigen. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Einschätzung vieler Befragter (auch Pkw-Nutzer), daß eine Verbesserung des ÖPNV-Nutzungsbedingungen (Semesterticket) ohne gleichzeitige Restriktionen gegenüber dem

MIV wenig erfolgversprechend sei, wenn die Entlastung der Stadt vom Autoverkehr das primäre Ziel ist (ebenda, S. 74).

Nach einer noch nicht veröffentlichten, im Auftrag der Stadt Münster durchgeführten Untersuchung durch den ADFC-Landesverband Nordrhein-Westfalen haben Befragungen im Universitäts-/Innenstadtbereich Münster im Sommersemester 1994 ergeben, daß Veränderungen der Verkehrsmittelwahl durch das Semesterticket lediglich von der Hälfte der Studierenden bestätigt wurden; 32 % davon gaben an, insgesamt mehr Bus zu fahren, 21 % nur bei schlechtem Wetter. Erhebliche Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl sind demnach nur bei Studierenden mit Wohnsitz außerhalb Münsters eingetreten, die für Heimfahrten nunmehr die Bahn (57 %) bzw. den Bus (14 %) statt den eigenen Pkw nutzen. Von allen befragten Studierenden mit ständiger Pkw-Verfügbarkeit (36 %) gaben allerdings nur 24 % an, daß sie weniger Pkw und mehr Bus fahren würden. „Dies bestätigt die vielfach geäußerte Vermutung, daß das Semesterticket nur in geringem Maße zu Verkehrsverlagerungen vom Pkw zum ÖPNV, sondern eher zu einer Verringerung von Fußwegen und Radfahrten bei ungünstiger Witterung führt“ (ADFC 1995, S. 14 f.).

Nach Schätzungen der Stadtwerke Münster GmbH sind etwa 60 % des Fahrgastzuwachses im Stadtbusverkehr 1993 (3,49 Mio Personenfahrten) auf das Semesterticket zurückzuführen; das entspricht rund 2,1 Mio zusätzlichen Beförderungsfällen allein aus der Gruppe der Studierenden in Münster. Die Haushaltsbefragung von Harloff Hensel im Herbst 1994 hatte ergeben, daß 75,2 % der Studierenden vom Semesterticket Gebrauch machen und durchschnittlich 218 ÖPNV-Fahrten pro Jahr unternehmen (vgl. Zeitbudget und..., S. XIV.2). Das entspricht, auf drei Viertel der in Münster wohnenden Studierenden (ca. 38.200) hochgerechnet, einem jährlichen ÖPNV-Aufkommen von 8,33 Mio beförderten Studenten. Demnach wäre allein ein Viertel der studentischen ÖPNV-

Fahrten 1994 im Jahr der Einführung des Semestertickets an der Wilhelms-Universität (ab Sommersemester 1993) hinzugekommen.

Wenn das Semesterticket auch 1994 ähnlich erfolgreich war – der ebenfalls hohe Zuwachs des Fahrgastaufkommens im Stadtbusverkehr (3,14 Mio zusätzlich beförderte Personen) spricht dafür – so erklärt allein dies schon einen nicht unbedeutenden Anteil der Umsteiger vom Fahrrad auf den Bus (siehe oben): Mehr als 40 % der jetzigen Stadtbusfahrten mit dem Semesterticket müßten demnach zuvor Radfahrten der Studierenden gewesen sein, und mindestens 60 % der seit 1990 vom Fahrrad auf den Stadtbus verlagerten Personenfahrten in Münster sind solche der Studierenden. Damit hängt offensichtlich zusammen, daß die Gesamtmobilität der Studierenden zwischen 1990 und 1994 um 5 %, der Radverkehr jedoch um 11 % abnahm (Stadt Münster 1992a, Bild 8.2; Zeitbudget und Verkehrsteilnahme Münster 1994, S. S. V.4).

Auch künftig wird es sich bei Ausweitung des Fahrgastpotentials für den Stadtbusverkehr nicht vermeiden lassen, daß es neben den – erwünschten – Umsteigern vom Pkw auf öffentliche Verkehrsmittel auch Verlagerungen vom Radverkehr (z. T. auch von bisher zu Fuß zurückgelegten Wegen) gibt, die natürlich keinen Beitrag zur angestrebten Verkehrsentslastung leisten. Ob solche Verkehrsverlagerungen weiterhin im bisher beobachteten Umfang (vgl. oben) zu erwarten sind, ist nach der obigen Analyse nicht auszuschließen, wenn gleich nicht sehr wahrscheinlich. Denn keine andere Verkehrsteilnehmergruppe, die zur stärkeren ÖPNV-Nutzung angeregt werden sollte, ist so stark fahrradorientiert wie die Studenten.

Doch könnte eine weitere Verdichtung des Fahrtenangebotes im Stadtbusverkehr in Verbindung mit günstigen Tarifangeboten auch für Berufstätige und Hausfrauen, die viele Fahrten – vor allem im Kurzstreckebereich – mit dem Fahrrad durchführen, ein Anreiz zum Umstieg auf den ÖPNV sein. Der „Ver-

kehrsmarkt" muß also künftig sehr sorgfältig beobachtet werden, um mit einem differenzierten Instrumentarium verkehrspolitischer Maßnahmen die angestrebten Verhaltensänderungen zu unterstützen und unerwünschte Effekte der Verkehrsmittelwahl weitgehend zu unterbinden.

Für die Szenario-Betrachtung der künftigen Verkehrsentwicklung unter der Zielsetzung einer weitgehenden Reduktion der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen wird dies der entscheidende Ansatzpunkt sein (vgl. unten).

5.3.2 CO₂-Emissionen des Verkehrs 1990 und 1994

Für den Binnenverkehr der Stadt Münster kann mit Hilfe der Mobilitätsstruktur für die Wohnbevölkerung 1990 und 1994 (Fahrten bzw. Wege pro Person und Tag) unter Zugrundelegung der jeweiligen Einwohnerzahl zunächst das gesamte werktägliche Verkehrsaufkommen (Personenfahrten bzw. -wege) ermittelt werden. Die Basis für die CO₂-Abschätzung ist jedoch die Verkehrsleistung (in Pkm). Zu deren Berechnung wurde anhand der Mobilitätshebung 1990 die mittlere Fahrtweite für Pkw (5,7 km) und Linienbusse (6,6 km) bestimmt; diese Werte wurden auch für 1994 zugrunde gelegt, da entsprechende Daten aus der Haushaltsstichprobe 1994 zum Zeitpunkt der Berechnungen noch nicht vorlagen.

Die so ermittelte werktägliche Personenverkehrsleistung im Binnenverkehr der Stadt Münster (nur motorisierter Verkehr) ist von 2,57 Mio Pkm (1990) auf 2,74 Mio Pkm (1994) bzw. um 6,7 % angestiegen. Dabei kam es, wie schon dargelegt, zur deutlichen Umschichtung bei den Verkehrsträgern: während die Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr (ÖV) um 46 % zunahm, sank sie im motorisiertem Individualverkehr (MIV) um 1,3 % ab (vgl. Tabelle Anhang V.1).

Zur Berechnung der CO₂-Emissionen des Binnenverkehrs der Stadt Münster 1990 wurde auf die vom IFEU-Institut Heidelberg für 1988 ermittelten spezifischen Gesamtemissionen des Personennahverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland zurückgegriffen (Knörr 1991): Für Pkw und Kombi betragen sie im Innerortsverkehr 0,23 kg CO₂/Pkm, für den Linienbus im Nahverkehr 0,06 kg CO₂/Pkm. Der durchschnittliche Besetzungsgrad der Pkw/Kombi im Stadtverkehr wurde 1988 auf 1,2 Personen je Fahrzeug geschätzt; Linienbusse waren 1988 im Durchschnitt zu rund 18 % ausgelastet (Verhältnis Pkm zu Platz-km). Damit sind die spezifischen CO₂-Emissionen – wie übrigens auch der spezifische Primärenergieverbrauch – beim Pkw in der Stadt rund viermal so hoch wie beim Bus. Diese Werte werden für 1990 zugrunde gelegt.

Wegen der nur geringfügigen Verbesserungen des spezifischen Primärenergieverbrauchs aller Verkehrssysteme bis zum Jahr 2000 (vgl. unten) werden die spezifischen CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 1994 konstant gehalten. Die Berechnungen führen zu dem Ergebnis, daß im Personenverkehr der Stadt Münster (ohne Einpendler) 1990 517,8 t CO₂/Tag und 1994 523,3 t CO₂/Tag emittiert wurden. Das entspricht einer Zunahme um 1 %.

Die Hochrechnung aufs Jahr ist mit einer Unsicherheit verbunden, weil sich die bisherigen Abschätzungen auf Werktage beziehen und keine empirischen Befunde über Art und Umfang des Wochenend- und Feiertagsverkehrs vorliegen. Wegen der hohen Bedeutung des Berufs- und Ausbildungsverkehrs erscheint es daher angemessen, nicht auf 365, sondern lediglich 300 Tage pro Jahr hochzurechnen.

Die Kohlendioxid-Emissionen des Stadtverkehrs Münster betragen demnach für die Jahre

1990: 155,3 CO₂ kt/a

1994: 157,0 CO₂ kt/a.

Dies sind die für die prognostische Abschätzung der CO₂-Minderungspotentiale im Binnenverkehr der Stadt Münster maßgeblichen Basiswerte. Gegenüber der Abschätzung im Zwischenbericht des Beirats (Binnenverkehr Münster 1990: 135,5 kt CO₂/a; vgl. Stadt Münster 1993a, Anhang Tab. 3) fällt der Wert für 1990 nun deutlich höher aus; das ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß für die jetzigen Berechnungen die spezifischen Kraftstoffverbräuche und CO₂-Emissionsfaktoren der Pkw im Nahverkehr verwendet wurden, die um etwa 13 % über den entsprechenden Durchschnittswerten des Gesamtverkehrs liegen, mit denen im Zwischenbericht gerechnet wurde.

Die CO₂-Emissionen des Binnenverkehrs der Stadt Münster haben zwischen 1990 und 1994 trotz beträchtlicher Verlagerung vom MIV auf den ÖV leicht zugenommen (um 1 %). Dabei weichen die Veränderungsdaten in den Stadtbezirken zum Teil beträchtlich vom Durchschnitt der Gesamtstadt ab (Abb. Anhang V.5): Die größte relative Abnahme weisen die Stadtbezirke 4 „Mitte-Nordost“, 5 „West“ und 1 „Altstadt“ auf; dagegen haben die CO₂-Emissionen in den Bezirken 9 „Hiltrup“ und 3 „Mitte-Ost“ im Vergleich zur Gesamtstadt (+1 %) überdurchschnittlich zugenommen. Die Abweichungen lassen sich überwiegend auf die unterschiedliche Mobilitätsstruktur der Stadtbezirke und die Veränderungen im Bevölkerungsbestand zurückführen.

Noch aufschlußreicher für Vergleichszwecke ist der Kennwert „einwohnerspezifische CO₂-Emissionen des Verkehrs“, d.h. der verkehrsbedingte Pro-Kopf-Ausstoß an Kohlendioxid, bezogen auf die Gesamtstadt und auf die Stadtbezirke. Für die Stadt Münster ergibt sich für die beiden Vergleichsjahre

1990: 1,90 kg CO₂/Einwohner/Tag

1994: 1,86 kg CO₂/Einwohner/Tag

Pro Kopf ist also der verkehrsbedingte CO₂-Ausstoß in Münster von 1990 bis 1994 um knapp 2 % zurückgegangen. Dieser Erfolg beruht etwa je zur Hälfte

auf der Verlagerung von Pkw-Fahrten auf den ÖPNV (siehe oben) und auf dem Rückgang der Gesamtmobilität der Bevölkerung.

Beim Vergleich der Verkehrsbezirke nach diesem Indikator (Abb. Anhang V.6) zeigt sich nun sehr deutlich, daß die Innenstadtbezirke (1-4) für beide Vergleichsjahre unterdurchschnittlich und die Außenstadtbezirke überdurchschnittlich ausgeprägt sind. Das hängt natürlich eng mit der unterschiedlichen Verkehrsmittelorientierung der Wohnbevölkerung zusammen – eher „umweltverträglich“ in der Stadtmitte, stärker Pkw-bezogen in den Stadtrandbereichen. Die niedrigste einwohnerspezifische CO₂-Emission des Verkehrs 1994 tritt erwartungsgemäß im Stadtbezirk 1 „Altstadt“ auf, während der Bezirk 9 „Hiltrup“ den höchsten Wert aufweist.

5.3.3 Szenarien für die Entwicklung des Personenverkehrs der Stadt Münster bis 2005

Methodische Vorbemerkungen

Für eine Vorausschätzung der künftigen Verkehrsentwicklung und der CO₂-Emissionen des Verkehrs müssen in der Regel Annahmen über zu erwartende Veränderungen der maßgeblichen Bestimmungsgrößen des Verkehrssystems getroffen werden. Diese können unterteilt werden in Faktoren, die im wesentlichen von außen auf das System einwirken (Rahmenbedingungen), und solche, die den inneren Wirkungszusammenhang bestimmen (Verhaltensparameter).

Zu den äußeren Bestimmungsgrößen des städtischen Personenverkehrs hinsichtlich Verkehrsaufkommen und -leistung (Reiseweiten) sowie Verkehrsmittelwahl zählen unter anderem die Bevölkerungsverteilung und -entwicklung (Verkehrsquellen) sowie die Siedlungs- und Raumstruktur einschließlich Lage der Funktionsstandorte (Verkehrsziele). Sie werden entweder konstant gehalten

ten (z. B. Siedlungsstruktur) oder entsprechend anderer Prognosen variiert (z. B. Bevölkerung).

Für die Analyse und Prognose des städtischen Verkehrsgeschehens ist die individuelle Verkehrsmittelwahl von ausschlaggebender Bedeutung. Sie wird maßgeblich von der individuellen Verkehrsmittel-Verfügbarkeit bzw. vom Verkehrsangebot bestimmt. Während die fortschreitende private Motorisierung kommunalpolitisch kaum zu beeinflussen ist, gehört die Gestaltung der Nutzungsbedingungen des Autos und die Bereitstellung attraktiver Verkehrsalternativen (ÖV, Rad) zu den wichtigsten Handlungsfeldern städtischer Verkehrspolitik.

Sollen die Konsequenzen der weiteren Verkehrsentwicklung (auf den CO₂-Ausstoß bis 2005) aufgezeigt werden, die ohne grundlegende Veränderung des verkehrs- bzw. stadtplanerischen Handlungsprogramms zu erwarten sind, handelt es sich um eine Status-quo-Prognose. Heute spricht man eher von „Trend-Szenario“, was besagt, daß die Ableitung relevanter Einflußgrößen aus der Vergangenheitsentwicklung („Trend“) nicht mathematisch exakt (wie bei der Prognose), sondern auch argumentativ erfolgt. Im vorliegenden Fall wird dieser Ansatz „Basis-Szenario“ genannt, weil die darin aufgezeigte Entwicklung die Grundlage für die Beurteilung der Wirksamkeit verkehrspolitischer Maßnahmen (auf die CO₂-Reduktion) darstellt. – Ziel-Szenarios sind demzufolge Voraussetzungen einer Verkehrsentwicklung unter dem Einfluß bestimmter Handlungsprogramme und Maßnahmen, die dem Ziel einer künftig klimaverträglichen Verkehrsgestaltung dienen.

Abschließend soll anhand des Parameters „mittlere Reiseweite“ auf ein grundsätzliches Problem bei der Erstellung von Prognosen bzw. Szenarios hingewiesen werden. Vereinfachende Annahmen sind natürlich unvermeidlich – sei es, daß es an geeigneten Daten oder genauerem Kenntnis der relevanten Ursa-

che-Wirkungs-Zusammenhänge ermangelt oder sei es, daß die Beziehungen sonst zu komplex würden und die rechnerischen Ableitungen nicht mehr ohne weiteres nachvollziehbar wären. Nicht selten wird man aber gezwungen sein, Einflußgrößen konstant zu halten, obwohl sie einem zeitlichen Wandel unterliegen.

Das trifft für die durchschnittlichen, verkehrsmittelspezifischen Reiseweiten im städtischen Personenverkehr zu, mit deren Hilfe die Brücke zwischen Mobilität und Verkehrsaufwand geschlagen wird. So werden Reiseweiten nicht nur von der Leistungsfähigkeit der Verkehrssysteme (bessere Straßen, schnellere Autos; Stadtbahn statt Bus), sondern auch von den sich wandelnden gesellschaftlichen Präferenzen und individuellen Aktivitätenmustern bestimmt. Wegen der Komplexität der Einflußfaktoren wird es daher schwierig sein, künftige Größenordnungen mittlerer Reiseweiten z. B. beim Auto (unter Berücksichtigung des Berufs-, Versorgungs- und Freizeitverkehrs) einigermaßen exakt zu begründen.

Im vorliegenden Fall kommt erschwerend hinzu, daß es auf Grund der zunächst unvollständigen Datenlage noch nicht einmal möglich war, die Veränderung der durchschnittlichen Reiseweiten für die zurückliegenden Jahre zu bestimmen. Reiseweiten-Verteilungen auf der Basis der Haushaltsbefragungen zur Verkehrsteilnahme standen nur für 1990 zur Verfügung; dabei konnten die mittleren Reiseweiten lediglich aus Entfernungsklassen abgeleitet werden, sind also mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Folgende Werte wurden auf diese Weise ermittelt:

für den öffentlichen Verkehr (ÖV):	6,6 km
für den motorisierten Individualverkehr (MIV):	5,7 km

Diese Werte wurden für die Ermittlung der Ausgangssituation (Fahrleistungen und CO₂-Emissionen 1994) ebenso wie für die verschiedenen Prognosevarianten (Szenarios) zugrunde gelegt. Dies kann bei Verminderung der durchschnitt-

lichen Reiseweiten im ÖPNV (etwa als Folge der Ausweitung des Zeitkartenbesitzes) zu tendenzieller Überschätzung der künftigen Beförderungsleistung des ÖPNV (in Personenkilometern) und der daraus abgeleiteten CO₂-Emissionen führen. Indem vor allem Kurzstreckenfahrten mit dem Pkw auf das Fahrrad, auf Wege zu Fuß und zum Teil auch auf den Bus verlagert werden, wird demgegenüber die mittlere Reiseweite im MIV ansteigen; hier würden die fahrleistungsabhängigen CO₂-Emissionen zukünftig tendenziell zu gering abgeschätzt. Ob sich die möglichen Fehler dabei weitgehend ausgleichen, kann im vorliegenden Modellrahmen nicht beantwortet werden.

Basis-Szenario

Mit dem Basis-Szenario wird die Entwicklung des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung in Münster bis zum Jahr 2005 unter der Prämisse abgeschätzt, daß sich die Verkehrsteilnahme der Münsteraner nicht grundlegend verändert. Die bekannten Programme und Maßnahmen zur Verkehrsgestaltung und -beeinflussung wirken fort, was bedeutet, daß der Modal split nicht konstant bleibt, sondern sich – erkennbaren Trends 1982-1990-1994 folgend – bis 2005 leicht verändert (Näheres dazu im folgenden Abschnitt).

Damit kommt dem Basis-Szenario die besondere Aufgabe zu, die Auswirkungen unterschiedlicher Vorausschätzungen der Wohnbevölkerung und ihrer Verteilung im Stadtgebiet auf den städtischen Personenverkehr und seine modale Verteilung zu ermitteln. Im vorliegenden Fall sollen dazu zwei Varianten der Bevölkerungsprognose bzw. -projektion für die Stadt Münster zugrunde gelegt werden:

Variante 1: „Kleinräumige Bevölkerungsprognose bis 2005“ des Statistischen Amtes der Stadt Münster

Die Bevölkerungsprognose verknüpft kleinräumig und demographisch gegliederte Einwohnerbestandszahlen mit den prognostizierten Raten für Geburten und Sterbefälle sowie für Zu- und Fortzüge. Die Planungen der Wohnbautätigkeit in der Stadt Münster werden in die Bevölkerungsprognose einbezogen. Das Aufzeigen der künftigen Entwicklung in den Stadtteilen gilt als wichtige Orientierung für die Planungen der Fachämter (Stadt Münster 1994a, vgl. auch Stadt Münster 1993d).

Nach der 8. Fortschreibung dieser Bevölkerungsprognose rechnet man in Münster nur noch mit einer leicht abgeschwächten Zunahme der Wohnbevölkerung von 280.701 Einwohnern (1994) auf 283.220 Einwohner im Jahr 2000; für die folgenden fünf Jahre wird erwartet, daß die Bevölkerungszahl wieder auf das Ausgangsniveau absinkt (2005: 280.678 Einwohner).

Variante 2: Zielprojektion der Bevölkerungsentwicklung bis 2010 nach dem Handlungsprogramm Wohnen“

Die Bevölkerungsprognose der Stadt Münster wird als Grundlage für die langfristige Flächenvorsorge nicht anerkannt. Vielmehr soll mit dem „Handlungsprogramm Wohnen“ der zu erwartenden Bevölkerungsentwicklung, insbesondere der Abwanderung ins Umland, entgegengewirkt werden. Es ist das Ziel, bis zum Jahr 2010 zusätzlich 20.000 Einwohner mit Wohnraum und Infrastruktur zu versorgen (Stadt Münster 1993c). Die Wohnbevölkerung von Münster wird unter diesen Prämissen bis zum Jahr 2000 auf 287.200 und bis 2005 (interpolierter Wert) auf 292.600 Einwohner (+4,2 % gegenüber 1994) angewachsen sein.

Auch die folgenden Ziel-Szenarien werden für beide Varianten der Bevölkerungsvorausschätzung berechnet.

Ziel-Szenarien

Als Ziel-Szenario wird hier ein Prognoseansatz bezeichnet, mit dem die Wirkungen eines bestimmten verkehrsplanerischen Handlungsprogramms auf Umfang und Verteilung des städtischen Verkehrs abgeschätzt werden. Im Mittelpunkt stehen also die dadurch voraussichtlich bewirkten Verhaltensänderungen der Verkehrsteilnehmer.

Den beiden Ziel-Szenarien werden zwei, aufeinander aufbauende Handlungskonzepte zugrunde gelegt:

für Ziel-Szenario A: „ÖPNV-Offensive“ (Empfehlung V1)

für Ziel-Szenario B: „ÖPNV-Offensive + MIV-Restriktion“ (Empfehlung V2)

Wie bereits dargestellt, hat die Umsetzung des Nahverkehrskonzepts 2000 der Stadtwerke Münster in Verbindung mit dem ÖPNV-Förderprogramm der Stadt dazu geführt, daß die Fahrgastzahlen in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen sind; von 1990 bis 1994 ist das Beförderungsaufkommen des Stadtbusverkehrs um mehr als die Hälfte angewachsen.

Szenario A baut auf der konsequenten Fortsetzung dieser Programme auf; ein Fahrgastzuwachs um nochmals 50 % bis zum Jahr 2000 und um weitere 20 % bis 2005 wird für möglich gehalten. Der Trend zur weiteren Abnahme der Gesamtmobilität in Münster, die mit 3,53 Fahrten bzw. Wegen pro Einwohner und Tag (1994) im Städtevergleich immer noch sehr hoch ist, wird anhalten (2005: 3,36 Wege je Einwohner und Tag). Der zwischen 1990 und 1994 festgestellte Umsteigeeffekt auf den ÖPNV, wonach von drei zusätzlichen Personenfahrten im ÖPNV eine vom Pkw und zwei vom Fahrrad verlagert wurden, wird sich im

wesentlichen fortsetzen – solange jedenfalls andere verkehrspolitische Maßnahmen dieser Tendenz nicht entgegenwirken.

Szenario B geht davon aus, daß die ÖPNV-Angebots-Offensive in ein umfassendes verkehrsplanerisches Entwicklungskonzept der Stadt integriert wird; der Anteil von Pkw-Nutzern unter den Umsteigern auf den Bus soll durch Restriktionen des MIV (besonders im Innenstadtbereich) und durch weiteren Ausbau des Radwegenetzes (vor allem in den Außenstadtbezirken) systematisch erhöht werden. Unter diesen Bedingungen sind noch größere Zuwächse des ÖPNV-Aufkommens zu erwarten (jährlich +10 % bis 2000, danach +5 % pro Jahr). Im Vergleich zu den - an sich unerwünschten - Umsteigern vom Fahrrad auf den Stadtbus werden immer mehr Pkw-Fahrten auf den ÖPNV verlagert (bis 50 % aller Umsteiger im Jahr 2005).

Szenarien im Vergleich: Die Entwicklung der Verkehrsmittelwahl bis 2005

In Abb. Anhang V.7 werden die unter verschiedenen Szenario-Bedingungen jeweils erreichbar erscheinenden Veränderungen der Verkehrsmittelwahl bis 2005 (drei Szenarien) der Entwicklung des Modal split zwischen 1982 und 1994 gegenübergestellt. Danach würde die Status-quo-Entwicklung praktisch keine Veränderung in Richtung umweltverträglicherer Verkehrsmobilität in Münster erbringen.

Bei konsequenter Fortsetzung der offensiven ÖPNV-Angebotspolitik könnte bis 2005 der ÖPNV-Anteil um acht Prozentpunkte erhöht (auf 18 %) und der Pkw-Anteil um drei Prozentpunkte gesenkt werden (gegenüber 1994); der Anteil des Umweltverbundes hätte sich von 63 % (1994) auf 66 % (Radverkehr 27 %) verbessert. – Eine Entwicklung nach dem Klimaschutz-Szenario würde demgegenüber eine ziemlich ausgeglichene Verkehrsmittelverteilung herbeiführen, wie sie für eine Großstadt wie Münster geradezu ideal wäre: der

Pkw-Anteil wäre auf 30 % zurückgegangen, und 70 % aller Fahrten bzw. Wege der Münsteraner entfielen auf Verkehrsarten des Umweltverbundes, die mit Anteilswerten zwischen 21 und 25 % jeweils etwa ein Drittel davon umfassen.

5.3.4 Verkehrsentwicklung und CO₂-Emissionen unter Status-quo-Bedingungen: Das Basis-Szenario 2005

Die wesentlichen Eckdaten und Prämissen für eine Verkehrsprognose unter Status-quo-Bedingungen sind im vorhergehenden Abschnitt bereits dargelegt worden. Sie sind im einzelnen der Tabelle Anhang V.2 zu entnehmen.

Beide Varianten der Einwohnerentwicklung bis zum Jahr 2005 wurden der Abschätzung des künftigen Verkehrsaufkommens zugrunde gelegt (Tab. V.2, Abschn. a), obwohl nur die Variante 1 (Fortschreibung der kleinräumigen Bevölkerungsprognose des Statistischen Amtes) die Eigenschaft einer Status-quo-Abschätzung besitzt. Aus Sicht der Stadtentwicklungsplanung entspricht dies der Untergrenze eines Entwicklungskorridors, dessen obere Grenzen durch die Bevölkerungsprojektion des „Handlungsprogramms Wohnen“ bestimmt werden. Um die Konsequenzen einer solchen auf Wachstum setzenden Stadtentwicklungspolitik für den städtischen Personenverkehr – ohne grundlegende Veränderung der verkehrsplanerischen Rahmenbedingungen – sichtbar zu machen, wurde auch diese Variante in die Status-quo-Prognose einbezogen.

Auch wenn der Modal split (Tab. V.2, Abschn. b) bis zum Jahr 2005 im wesentlichen konstant gehalten wird, so wird doch der erkennbare Trend vorsichtig extrapoliert. So steigt der ÖPNV-Anteil von 10 % (1994) auf 11 bzw. 12 % (2000 bzw. 2005) leicht an, während der Anteil des motorisierten Individualverkehrs mit 37 % unverändert bleibt (er betrug 1990 38 %). In Abhängigkeit vom

steigenden ÖV-Anteil sinkt der Anteil des Radverkehrs (1994: 32 %) auf 31 bzw. 30 % (2000 bzw. 2005) leicht ab. Der Anteil der zu Fuß zurückgelegten Wege bleibt mit 21 % bis 2005 konstant. Die Gesamtmobilität, die von 1990 bis 1994 um 2,2 % abgenommen hat, wird unter Status-quo-Bedingungen bis zum Jahr 2005 weiter leicht absinken (auf 3,50 Fahrten bzw. Wege pro Einwohner und Tag).

Das Aufkommen im städtischen Personenverkehr (Tab V.2, Abschn. c) nimmt unter Status-quo-Bedingungen der Einwohnerentwicklung (Variante 1) bis zum Jahr 2000 leicht zu (um 1,6 % gegenüber 1994), um im Jahr 2005 fast wieder das Niveau von 1990 zu erreichen (Abnahme gegenüber 1994 um knapp 1 %). Das Aufkommen im ÖPNV wird bis 2005 um 18 % zugenommen haben, während die Anzahl der Radfahrten in der Stadt um 6 % abnehmen wird (gegenüber 1994). Unter Zugrundelegung der oberen Variante der Einwohnerentwicklung (Variante 2) nimmt das gesamte Verkehrsaufkommen von 1990 bis 2005 um gut 3 % zu; entsprechend höher fällt unter den gesetzten Prämissen der Zuwachs des ÖPNV-Aufkommens (+23 %) aus, während das Aufkommen im Radverkehr nur um 2 % gegenüber 1994 sinken würde.

Die Fahrleistungen im motorisierten Verkehr in den Jahren 2000 und 2005 (Tab. V.2, Tabelle e) sind abgeleitete Größen aus dem Verkehrsaufkommen (Tab. V.2, Abschn. c) und der mittleren Reiseweite für den ÖV bzw. MIV, die in Ermangelung empirischer Anhaltspunkte über Veränderungstrends konstant gehalten wird. Unter Status-quo-Bedingungen der Bevölkerungsentwicklung in Münster nehmen die Verkehrsleistungen (in Pkm) bis 2005 um 3 %, unter Bedingungen des angestrebten Bevölkerungszuwachses um 7 % zu.

Die Abschätzung der CO₂-Emissionen des städtischen Personenverkehrs (Tab. V.2, Abschn. g) beruht, wie schon dargelegt, auf den für 1988 und 2000 vom IFEU-Institut Heidelberg berechneten spezifischen CO₂-Emissionen des Nah-

verkehrs in der Bundesrepublik Deutschland (Knörr 1991). Für den ÖPNV kann der Wert (0,06 kg CO₂/Pkm) bis 2005 konstant gehalten werden, da die zu erwartenden fahrzeugtechnischen Verbesserungen voraussichtlich durch steigenden Fahrkomfort (geringeres Platzangebot pro Fahrzeug) kompensiert werden. Beim MIV kann jedoch mit einer relativen Entlastung der spezifischen CO₂-Emissionen – von 0,23 auf 0,21 kg CO₂/Pkm 1994 bis 2005 – gerechnet werden (vgl. Tab. V.2, Abschn. f).

Das Basis-Szenario führt somit zu dem Ergebnis, daß die CO₂-Emissionen des Binnenverkehrs der Stadt Münster zwischen 1990 und 2005 je nach zugrunde gelegter Bevölkerungsentwicklung um 7 % (Variante 1) bzw. um 3 % zurückgehen würden. Der Vergleich mit 1994 ergibt eine um jeweils einen Prozentpunkt höhere Abnahmerate, da die CO₂-Emissionen des Verkehrs im Zeitraum 1990-1994 um 1 % zugenommen hatten.

Das gesetzte Ziel, den CO₂-Ausstoß zwischen 1990 und 2005 um mindestens 25 % zu reduzieren, wird unter diesen Bedingungen der Verkehrsentwicklung erheblich verfehlt.

5.3.5 „ÖPNV-Offensive“ und die Entwicklung des Verkehrs sowie der CO₂-Emissionen bis 2005: Das Ziel-Szenario A

Im Unterschied zum Basis-Szenario werden in dieser Prognose-Variante die Wirkungen einer weiterhin offensiven ÖPNV-Angebotspolitik auf die künftige Mobilitätsstruktur, das Verkehrsaufkommen und die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen der Stadt Münster abgeschätzt. Die Ausgangsdaten, Annahmen und Berechnungsschritte sind der Tabelle Anhang V.3 zu entnehmen.

Unter dieser Prämisse (vgl. Handlungsempfehlung V1) wird der ÖPNV-Anteil von bisher 10 % (1994) auf 18 % im Jahr 2005 ansteigen. Da der enorme Fahrgastzuwachs des ÖPNV seit 1990 zu zwei Dritteln darauf beruht, daß Radfahrten auf den Stadtbus verlagert wurden, muß bei Ausbau des ÖPNV auch weiterhin mit einem relativen Rückgang beim Radverkehr gerechnet werden (von 32 auf 27 % 1994-2005). Die offensive ÖPNV-Politik läßt den Anteil der Pkw-Fahrten an allen Mobilitätsvorgängen der Stadtbevölkerung von 37 auf 34 % sinken. Der Anteil der zu Fuß zurückgelegten Wege bleibt mit 21 % gleich. Die Gesamtmobilität geht auf einen für die Stadtgrößenklasse Münsters „normalen“ Umfang zurück (3,36 Fahrten bzw. Wege pro Einwohner und Tag, vgl. Tab. V.3, Abschn. b).

Das Verkehrsaufkommen im ÖPNV steigt je nach prognostizierter Bevölkerungsentwicklung um 80 % (Variante 1) bzw. 88 % (Variante 2) gegenüber 1994 an; dementsprechend sinkt das MIV-Aufkommen bis 2005 um 13 % bzw. 9 %. Der Rückgang der Gesamtmobilität bewirkt, daß trotz wachsender Einwohnerzahl (Variante 2) das gesamte Verkehrsaufkommen der Münsteraner nicht ansteigt (Tab. V.3, Abschn. c).

Für die Berechnung der Fahrleistungen (Tab. V.3, Abschn. e) und der CO₂-Emissionen des städtischen Personenverkehrs gelten die gleichen Grundannahmen über die mittlere Reiseweite und die spezifischen CO₂-Emissionen für den ÖV und MIV wie beim Basis-Szenario. Als Ergebnis (vgl. Tab. V.3, Abschn. g) kann festgehalten werden, daß bei konsequenter Fortführung der Angebotsoffensive im Stadtbusverkehr die CO₂-Emissionen bis 2005 um 12 % (Bevölkerungsvariante 1) bzw. 8 % (Variante Einwohnerzuwachs) vermindert werden können.

Damit wäre das gesetzte Ziel der CO₂-Reduktion 1990-2005 (mindestens 25 %) bei Stabilisierung der Einwohnerzahl der Stadt Münster auf dem Niveau von 1994 fast zur Hälfte zu erfüllen.

5.3.6 „ÖPNV-Offensive plus MIV-Restriktion“ -Verkehrsentwicklung und CO₂-Emissionen bis 2005: Das Ziel-Szenario B – Klimaschutz-Szenario –

Eine weitere Verbesserung des Ergebnisses ist, wie schon dargelegt, bei konsequenter Unterstützung der ÖPNV-Strategie durch gezielte Maßnahmen zur Einschränkung des Pkw-Verkehrs einerseits und zur Sicherung des hohen Niveaus im Radverkehr der Stadt Münster andererseits zu erreichen. Dies ist Gegenstand der Handlungsempfehlung V2, die auf der Beirats-Empfehlung V1 (s. oben) aufbaut und einen Weg zur klimaverträglichen Verkehrspolitik für die Stadt Münster aufzeigt.

Der Umstieg vom Pkw auf das öffentliche Verkehrsmittel muß vor allem dort unterstützt werden, wo die ÖPNV-Bedienungsqualität schon heute hoch ist. Das trifft in erster Linie für den Zielverkehr in die Innenstadt zu. Eine deutliche Verknappung des innerstädtischen Parkraumangebotes (Verringerung innerhalb des II. Tangentenringes um mindestens ein Drittel) gehört ebenso dazu wie die weitere Verkehrsberuhigung der Altstadt bis hin zur Sperrung für den Pkw-Verkehr (mit Ausnahme des Liefer- und Anwohnerverkehrs). Dadurch könnte man auch zusätzliche Verkehrsflächen gewinnen, die für eine Ausweitung des Stadtbusverkehrs, aber auch für weitere Verbesserungen zur innerstädtischen Radverkehrserschließung, erforderlich sind.

Außerhalb der Innenstadt müssen Maßnahmen zur Geschwindigkeitsdämpfung des MIV wie Rückbau von Hauptverkehrsstraßen – bei gleichzeitiger Einrich-

tung von Busspuren und Radwegen – sowie zur flächenhaften Verkehrsberuhigung durch Tempo-30-Zonen das Umsteigen der Pkw-Nutzer auf den ÖPNV unterstützen.

Eine Verdoppelung des Fahrgastaufkommens gegenüber 1994 kann aber nicht allein durch Umverteilung von Verkehrsflächen bewältigt werden. Vielmehr bedarf es einer umfassenden Neuordnung des Stadtbusverkehrs hinsichtlich Linieneinführung und Umsteigemöglichkeiten innerhalb des gesamten Stadtgebietes im Rahmen eines „Nahverkehrskonzepts 2005/2010“. Die wesentlichen Komponenten des neuen Konzepts sollten zum einen die stärkere Vernetzung des Buslinienverkehrs im Stadtgebiet mit optimalen Umsteigebedingungen und hoher Taktfrequenz und zum anderen die Ausschöpfung der Möglichkeiten zur bedarfsangepaßten differenzierten Bedienung in Räumen bzw. Zeiten schwacher Verkehrsnachfrage sein.

Ob das angestrebte ÖPNV-Aufkommen von über 60 Mio. beförderten Personen pro Jahr noch im herkömmlichen Buslinienverkehr zu bewältigen ist oder ob dieser durch ein schrittweise auszubauendes Stadtbahnsystem unterstützt und fortentwickelt werden muß, ist aus Sicht des Beirats eine offene, ohne zusätzliche Untersuchungen nicht zu beantwortende Frage. Der Beirat empfiehlt daher die Vergabe einer Durchführbarkeitsstudie zur Prüfung der „Option Stadtbahn Münster“ (vgl. Handlungsempfehlung V4 in Verbindung mit Erläuterungen in Abschnitt 5.5 dieses Bandes).

Für den weiteren Ausbau des Radverkehrs sollte die systematische Erschließung der Außenstadtbezirke Vorrang haben, um die jeweils hohen Anteile des dortigen Binnenverkehrs weitgehend auf das Fahrrad zu verlagern. Attraktive Fahrradtrassen (Straßen mit Rad-Vorrang) zwischen den Außenstadtbezirken und der Innenstadt verstärken die Bereitschaft zur Radbenutzung auch auf die-

sen Relationen. Die dazu benötigten Verkehrsflächen können durch entsprechende Restriktionen des Pkw-Verkehrs gewonnen werden.

Die Ergebnisse dieses Ziel-Szenario sind der Tabelle Anhang V.4 zu entnehmen. Die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen sind unter den Bedingungen einer solchen Stadtverkehrspolitik je nach Verlauf der Einwohnerentwicklung um 13 bis 17 % gegenüber 1990 zurückzuführen. Ein höheres CO₂-Minderungspotential dürfte kaum zu realisieren sein; das dieser Entwicklung zugrunde liegende verkehrspolitische Handlungskonzept kommt also dem gesetzten Ziel einer mindestens 25 %igen CO₂-Reduktion am nächsten und wird daher „Klimaschutz-Szenario“ genannt.

5.3.7 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Tabelle Anhang V.5 enthält die Ergebnisse der drei Szenario-Rechnungen im Überblick. Abbildung Anhang V.8 veranschaulicht die je nach Ansatz und Entwicklungspfad unterschiedlichen CO₂-Einsparpotentiale im Bereich des Stadtverkehrs Münster (Binnenverkehr) gegenüber 1990.

Die wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Unter Status-quo-Bedingungen (Basis-Szenario) können bis zum Jahr 2005 bei nahezu gleichbleibender Einwohnerzahl (Variante 1: Kleinräumige Bevölkerungsprognose) jährlich 10,9 kt CO₂ und bei Bevölkerungszunahme (Variante 2: Handlungsprogramm Wohnen) jährlich lediglich 4,8 kt CO₂ gegenüber 1990 eingespart werden. Das entspricht einer Reduktion um 7 bzw. 3 %.
2. Unter Bedingungen fortgesetzter „ÖPNV-Angebots-Offensive“ (Ziel-Szenario A) betragen die jährlichen Einsparpotentiale bis 2005 (gegenüber 1990) 18,6

kt CO₂ (Variante 1) bzw. 12,8 kt CO₂ (Variante 2); das entspricht einer relativen Minderung verkehrsbedingter CO₂-Emissionen um 12 bzw. 8 %. Gegenüber der Trendentwicklung (Basis-Szenario) stellt dies allerdings nur eine geringfügige Verbesserung (um 5 %) dar.

3. Das verkehrspolitische Handlungskonzept, das dem „Klimaschutz-Szenario“ (Ziel-Szenario B) zugrunde liegt, bewirkt einen jährlichen CO₂-Einspareffekt bis 2005 um 26,3 bzw. 20,8 kt (je nach Bevölkerungsentwicklung). Gegenüber 1990 ist das ein Minus von 17 bzw. 13 % des verkehrsbedingten CO₂-Ausstoßes; die Trendentwicklung wird um 11 % übertroffen. Ein größeres CO₂-Minderungspotential im Stadtverkehr dürfte bei der vergleichsweise guten verkehrlichen Ausgangssituation in Münster (63 % aller Fahrten bzw. Wege der Münsteraner entfallen 1994 auf die Verkehrsarten des Umweltverbundes) kaum zu erschließen sein.

Die Konsequenzen für eine klimaverträgliche Stadtverkehrspolitik für Münster liegen auf der Hand. Eine weiterhin offensive ÖPNV-Angebotspolitik muß künftig unterstützt werden durch Restriktionen des motorisierten Individualverkehrs (um Autofahrer stärker als bisher zum Umsteigen auf öffentliche Verkehrsmittel zu „bewegen“) und Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs namentlich in den Außenstadtbezirken (damit Radfahrer im geringeren Umfang als bisher auf den ÖPNV „abwandern“). Der Beirat für Klima und Energie legt der Stadt Münster eine solche Verkehrspolitik mit seiner Handlungsempfehlung V2 nahe (vgl. Teil 1 des Endberichts, S. 53).

5.4 Regionalverkehr im Münsterland

Die hohe Bedeutung des Regionalverkehrs wurde schon im Zwischenbericht des Energiebeirats herausgestellt. Aus den dort entwickelten Relationen der CO₂-Emissionen zwischen dem Münsterschen Binnenverkehr und dem auf

Münster ausgerichteten Ziel- und Quellverkehr von etwa 1 : 3 ergibt sich, daß die herkömmliche Beschränkung auf den Verkehr innerhalb der Stadtgrenzen zu einem wenig aussagekräftigen Bild führt. Für eine einigermaßen zuverlässige Einschätzung der Klimabelastungen ist es unbedingt erforderlich, den Regionalverkehr mit zu berücksichtigen. Dies wird auch gestützt durch die allgemeine verkehrswissenschaftliche Erkenntnis, daß die Verkehrsweiten ansteigen, was in der Praxis bedeutet, daß häufig - bei gleich großer Zahl der am Quell- und am Zielort zurückgelegten Kilometer - die Transitzkilometer durch andere Gemeinden ansteigen.

Allerdings ist auf die vergleichsweise eingeschränkte Datenlage eben so Rücksicht zu nehmen wie auf die herkömmlicherweise recht beschränkten und wenig entwickelten Einflußmöglichkeiten der Kommunen auf den ein- und ausstrahlenden Verkehr außerhalb des eigenen Gemeindegebietes. Die Darstellung erfolgt daher in einer vereinfachten Form, verbunden mit dem Hinweis auf einen entsprechenden Vertiefungsbedarf. Zweck der vorliegenden Darstellung kann es entsprechend auch nicht sein, für einzelne Zahlenangaben eine besondere Genauigkeit zu beanspruchen, vielmehr sollen vor allem unterschiedliche Gestaltungsoptionen in ihrer Bedeutung und in deren quantitativen Relationen herausgestellt werden.

5.4.1 Ziel- und Quellverkehr 1990 und 1994 und dessen CO₂-Emissionen

Das Verkehrsbild im Bezugsjahr 1990 orientiert sich an den im Zwischenbericht dargestellten Zahlenwerten. Die dort entwickelten Zahlenrelationen scheinen auch heute noch plausibel. Die im Verkehrsbericht der Stadt Münster 1993 dargestellten täglichen Fahrtzahlen lassen allerdings die Möglichkeit zu, daß die Verkehrsmenge im Zwischenbericht zu niedrig abgeschätzt wurde. Die Unsicherheiten dürften insbesondere auf die Schwierigkeit zurückzuführen sein, bei

insgesamt dominantem Pendlerverkehr (Berufs- und Ausbildungspendler) von Verkehrsdaten für normale Arbeitstage auf Gesamtzahlen für das ganze Jahr zu kommen. Der gesamte Wertebereich könnte demnach entsprechend zu erhöhen sein; die Auswirkungen einer Modifikation auf die Mehrbelastungs- bzw. Einsparpotentiale allerdings wären eher geringfügig.

Anders als beim innerstädtischen Verkehr kann beim Regionalverkehr die Unterteilung von Fahrrad- und Fußgängerverkehr unterbleiben - der nicht motorisierte Verkehr ist zusammengenommen nur von nachrangiger Bedeutung, der enthaltene Fußgängerverkehr kann als eigenständige Größe vernachlässigt werden. Demgegenüber reicht es nicht aus, den öffentlichen Verkehr zusammengefaßt zu betrachten, der sich derzeit im innerstädtischen Verkehr praktisch auf den Busverkehr beschränkt; vielmehr muß zwischen Bus und Bahn unterschieden werden.

Bei der Aufteilung der Wege ergibt sich erwartungsgemäß nur ein geringer Anteil der nicht motorisierten Verkehre (NMV) und eine starke Dominanz des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Der öffentliche Verkehr (ÖV) tritt auch zusammengenommen nur als Nebengröße in Erscheinung. Bei den mittleren Fahrtlängen unterscheiden sich die öffentlichen Verkehrsmittel und der MIV nicht gravierend, während der nicht motorisierte Verkehr naturgemäß auf kürzere Reiseweiten beschränkt ist. Die Aufteilung des Verkehrsaufwands (Personenkilometer, Pkm) ähnelt daher weitgehend jener des Verkehrsaufkommens (Wege).

Tabelle 5.4: Strukturgrößen im Regionalverkehr

	NMV	Bus	Bahn	MIV
Verteilung der Wege in %	2,0	3,7	9,0	85,3
mittlere Distanz in km	2,9	20,5	26,7	25,5
Verteilung der Pkm in %	0,2	3,0	9,7	87,1

Für die Fortschreibung des Verkehrsbildes von 1990 auf 1994 wurde eine Ausweitung der Verkehrsleistung (des Verkehrsaufwands) um jährlich 1 % angesetzt. Dies ist ein eher konservativer Wert. Die Strukturgrößen – Aufteilung der Wege auf die Verkehrsmittel (modal split) und mittlere Distanzen der Verkehrsmittel – wurden beibehalten, da sicher der PKW-Verkehr zunimmt, aber auch im öffentlichen Verkehr Erhöhungen infolge der Angebotsverbesserungen unterstellt werden können. Daraus ergeben sich folgende Mengen des Münster betreffenden regionalen Ziel- und Quellverkehrs:

Tabelle 5.5: Verkehrskennwerte im Regionalverkehr 1990 und 1994

	NMV	Bus	Bahn	MIV
Mio. Wege 1990	1,9	3,4	8,4	79,3
Mio. Pkm 1990	5,4	69,6	224,7	2.020,1
Mio. Wege 1994	1,9	3,5	8,7	82,5
Mio. Pkm 1994	5,6	72,4	233,8	2.102,1

Die Absolutzahlen machen das besondere Gewicht des Automobilverkehrs besonders deutlich. Zu erkennen ist beispielsweise, daß trotz der geringen – möglicherweise zu niedrigen – Zuwachsraten die Erhöhung der Pkm im MIV in den vier Jahren von 1990 bis 1994 mehr ausmacht als der gesamte Busverkehr.

Diese Bedeutungsrelationen prägen auch die CO₂-Emissionsmengen, da der vorherrschende MIV auch durch die höchsten Emissionsraten gekennzeichnet

ist. Die spezifischen Emissionsgrößen wurden an den für den Binnenverkehr gewählten Werten orientiert und zwischen 1990 und 1994 nicht variiert. Für den Busverkehr wurden 0,06 kg CO₂/Pkm angesetzt, sowie für den MIV – etwas günstiger als im Binnenverkehr – 0,20 kg CO₂/Pkm; für die Bahn wurde wegen der üblichen Dieseltraktion und bei vermutlich nur mäßigen Besetzungsgraden mit 0,12 kg CO₂/Pkm ein Wert in doppelter Höhe des Busverkehrs verwendet, der allerdings noch immer viel besser ist als beim Automobilverkehr.

Tabelle 5.6: Emissionskennwerte im Regionalverkehr 1990 und 1994

	Bus	Bahn	MIV	gesamt
kt CO ₂ 1990	4,2	27,0	404,0	435,2
Anteile 1990 in %	1	6	93	100
kt CO ₂ 1994	4,3	28,1	420,4	452,8
Anteile 1994 in %	1	6	93	100

Aus diesen Ansätzen ergeben sich jährliche Belastungsmengen von 435 kt CO₂ im Jahr 1990 bzw. 453 kt CO₂ im Jahr 1994, jeweils weitgehend – zu etwa 93 % – durch die CO₂-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs geprägt. Im Vergleich mit den für den Münsterschen Binnenverkehr mit derzeitigen jährlichen CO₂-Emissionen von 150 - 160 kt zeigt sich das – unbeschadet der größeren Unsicherheiten bei der Berechnung – große Belastungsgewicht des Regionalverkehrs.

5.4.2 Ziel- und Quellverkehr im Basis-Szenario und dessen CO₂-Emissionen

Bei Fortsetzung der gegenwärtigen Entwicklung wird auch weiterhin von einer jährlichen Ausweitung des Ziel- und Quellverkehrs um ein Prozent ausgegangen. Diese – niedrige – Zuwachsraten erscheinen auch bei Durchführung der vor-

gesehenen siedlungsstrukturellen Verbesserungen in Münster und dem Münsterland allein aus dem fortbestehenden Trend einer intensiveren Verflechtung heraus plausibel. Gründe für eine signifikante Änderung der Verkehrsmittelwahl sind bei fortgesetzter trendmäßiger Entwicklung nicht zu erkennen. Die laufende Verkehrszunahme tritt als belastender Faktor in Erscheinung. Ebenfalls als konservativ, d.h. verhältnismäßig günstig, ist die Annahme einzustufen, den modal split nicht weiter zugunsten des MIV zu verändern: Es könnte durchaus argumentiert werden, daß der öffentliche Verkehr, so er nicht eine grundsätzliche Wende zu höherer Bedeutung erreichen kann, auch nicht in der Lage ist, seinen gegenwärtigen Marktanteil zu halten.

Demgegenüber ist bei den spezifischen Belastungen (CO₂-Menge pro Personenkilometer) eine entlastende Entwicklung auch schon im Trend zu erwarten, wengleich in eher bescheidenem Umfang. Für den PKW-Verkehr wird – analog dem Binnenverkehr – eine Verbesserung um 10 %, somit eine Absenkung des spezifischen Emissionsmenge von 0,20 kg CO₂/Pkm (1990 und 1994) über 0,19 (im Jahr 2000) auf 0,18 kg CO₂/Pkm (im Jahr 2005) erwartet; für den Bahnverkehr kann ein Rückgang ebenfalls um 0,02 kg/Pkm, von 0,12 auf 0,10 kg CO₂/Pkm (im Jahr 2005) unterstellt werden. Die ohnehin günstigen Werte im Busverkehr werden allerdings nicht weiter ermäßigt, die denkbaren Veränderungen wären auch für das Gesamtergebnis ohne Relevanz.

Rechnerisch ergeben sich aus diesen Ansätzen zunächst noch bis zum Jahr 2000 geringfügige Erhöhungen auf 455,9 kt CO₂ und anschließend eine leichte Abnahme auf 453,1 kt CO₂ im Jahr 2005. Angesichts der vielen Unschärfen der Berechnung ist in der Praxis davon auszugehen, daß die Verbesserungen in den spezifischen Emissionen durch die Verkehrsausweitung kompensiert wird und die Gesamtbelastung im wesentlichen auf dem hohen Niveau verharrt, wobei sowohl marginale Erhöhungen als auch marginale Entlastungen denkbar sind.

Tabelle 5.7: Verkehrs- und Emissionskennwerte im Regionalverkehr 2000 und 2005, Basis-Szenario

	Bus	Bahn	MIV	gesamt
Mio. Pkm 2000	76,9	248,2	2.231,4	2.562,4
kt CO ₂ 2000	4,6	27,3	424,0	455,9
Mio. Pkm 2005	80,8	260,9	2.345,3	2.693,1
kt CO ₂ 2005	4,8	26,1	422,2	453,1

Diese Aussage deckt sich in ihrem Kern mit aktuellen Verkehrsszenarien (vgl. SCHALLABÖCK/HESSE 1994); auch die neue SHELL-Prognose (1995) deckt sich in dem positiv dargestellten „Neue Horizonte“-Pfad hiermit weitgehend, trotz wiederum verhältnismäßig optimistischer Annahmen.

5.4.3 Szenario „ÖPNV-Offensive“ und dessen CO₂-Emissionen

Als erstes Zielszenario wurde wie im Binnenverkehr zunächst ein Szenario „ÖPNV-Offensive“ gebildet. Hierfür erschien es als sinnvoll, die im „Konzept für eine Neue Bahn“ (SCHALLABÖCK/HESSE 1995) entwickelten Überlegungen und Grundsätze für eine offensive Entwicklung des Schienenverkehrs auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungen zum Schienenverkehr im Münsterland, insbesondere der Studie der Akademie für Umweltforschung und -bildung in Europa (3. Aufl. 1995), auf ihre Tragfähigkeit und Übertragbarkeit zu prüfen. Dies geschah in einer im Materialanhang (Teil 3) beigegebenen Studie (HÜSING 1995).

Im Anschluß an die Durchmusterung des Schienennetzes, den derzeitigen Betrieb und die vorstellbaren Ausbaumaßnahmen wurden auf den schienennahen Korridoren im einzelnen die Potentiale des ÖV unter der Bedingung einer star-

ken Angebotsverbesserung abgeschätzt. Als charakteristisch für die Angebotsqualität im Zielzustand können folgende Merkmale herausgestellt werden:

- Erhöhung der Angebotsfrequenz (typischerweise Halbstundentakt),
- Übergang zu deutlich kundenfreundlicherem und effizienterem Rollmaterial,
- verbesserte Anschlüsse im Bahnbereich (integraler Taktfahrplan),
- verbesserte Verknüpfung mit dem sonstigen öffentlichen Verkehr außerhalb der Stadt Münster (Lage der Bushaltestellen und Zeitlage der Buskurse),
- verbesserte Einbindung in die Münsteraner Verkehrsangebote (zusätzliche Haltepunkte in Münster mit Verknüpfungsfunktion),
- möglicherweise Integration des Angebots mit einem Stadtbahnsystem in Münster (vgl. unten Kap. 5.5).

Selbstverständlich wird davon ausgegangen, daß der Erfolg eines entsprechenden ÖV-Ausbaus nicht durch zielwidrige Maßnahmen im Bereich des MIV konterkariert wird. Dies betrifft vor allem im fließenden Verkehr die Beförderungsgeschwindigkeit im MIV, die nicht weiter zu erhöhen, sondern tendenziell zu reduzieren ist, sowie im ruhenden Verkehr das Angebot an PKW-Abstellplätzen, das nicht weiter auszubauen, sondern tendenziell abzubauen ist.

Für die sich daraus im Zielzustand ergebende (potentielle) Verkehrsverteilung auf die einzelnen Verkehrsträger wurde dann eine schrittweise Erreichung in den Prognosejahren 2000 und 2005 abgeleitet; dabei wurde unterstellt, daß bis zum Jahr 2000 der Modal Split zu einem Drittel, sowie weiter im Jahr 2005 zu zwei Dritteln in Richtung auf den Zielzustand verschoben werden könnte.

Die sonstigen Strukturgrößen, insbesondere die mittleren Reiseweiten und damit der gesamte Verkehrsaufwand, sowie die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emissionen wurden weitgehend gleich gehalten. Insbesondere wurde bei-

spielsweise davon abgesehen, bei Automobilen den technisch mit geringen Komforteinbußen erreichbaren Stand als allgemein eingeführt anzusetzen („3-Liter-Autos“) – eine solche Entwicklung erscheint nur beschränkt allein im regionalen Maßstab durchsetzbar. Die hierfür erforderliche nachdrückliche Stützung durch bundes- oder europaweite Festlegungen (etwa Flottenverbrauchslimits) werden jedoch seit mehreren Jahren nicht konkret in Angriff genommen. Lediglich bei der Bahn selbst wurden szenarioentsprechend kräftige Effizienzsteigerungen im Zuge der Ausbaustrategie angesetzt, bis zum Jahr 2005 eine Halbierung von den gegenwärtig 0,12 auf dann 0,06 kg CO₂/Pkm.

Tabelle 5.8: Verkehrs- und Emissionskennwerte im Regionalverkehr 2000 und 2005, Szenario ÖPNV-Offensive

	Bus	Bahn	MIV	gesamt
Mio. Pkm 2000	87,4	346,9	2.122,2	2.562,4
kt CO ₂ 2000	5,2	31,2	403,2	439,7
Mio. Pkm 2005	102,9	468,4	2.115,6	2.693,1
kt CO ₂ 2005	6,2	28,1	380,8	415,1

Im Ergebnis können durch die Verschiebung von Verkehrsaufwand auf emissionsärmere Verkehrsmittel gegenüber dem Basisszenario deutliche Verminderungen der CO₂-Emissionen erzielt werden, freilich weit davon entfernt, die hochgesteckten Klimaschutzziele einzulösen: Die etwa 440 kt CO₂ im Jahr 2000 und 415 kt CO₂ im Jahr 2005 bedeuten zwar gegenüber den zeitgleichen Werten der Basisszenarien Verminderungen um rd. 3,5 % bzw. 8,5 %, gegenüber dem Ausgangswert für 1990 ergibt sich jedoch rechnerisch bis 2000 sogar noch eine geringfügige Zunahme (um etwa 1 %) und danach nur eine mäßige Abnahme (um knapp 4 %).

Selbst eine ehrgeizige ÖPNV-Strategie verfehlt somit bei unveränderten sonstigen Rahmenbedingungen deutlich die gesetzten Ziele: Bei unverändertem

Anstieg des gesamten Verkehrs nimmt dann der öffentliche Verkehr grosso modo nur weniger belastend die zusätzlichen Verkehrsmengen auf, während der Automobilverkehr sich wenig ändert; die trendmäßige Abnahme der spezifischen Treibstoffverbräuche der PKW wiederum liefert keine ausreichenden Zielbeiträge.

5.4.4 Szenario „Klimaschutz“ und dessen CO₂-Emissionen

In einem erweiterten „Klimaschutz“-Szenario wurde deswegen die Möglichkeit betrachtet, daß es gelingt, die Wachstumsdynamik des Verkehrs durch Verkehrsvermeidung zu brechen: Statt der jährlichen Ausweitung des Verkehrsaufwands um ein Prozent wurde eine jährliche Senkung des Verkehrsaufwands um ein Prozent angesetzt; die Veränderung des Modal Split wurde gegenüber dem Szenario „ÖPNV-Offensive“ beibehalten.

Bezüglich einer solchen Entwicklung erscheint gleichermaßen klar, daß sie bei geeigneter sachlicher Flankierung ohne besondere Friktionen realisierbar wäre, daß aber andererseits nicht ernsthaft ein präzises Maßnahmenkonzept darstellbar ist, das mit einiger Sicherheit zu diesem Ergebnis führt. Insofern zeigt dieses Szenario mehr die Potentiale einer solchen Entwicklung auf, als daß es deren Bedingungen bestimmen kann.

Allgemein läßt sich als Bedingungsrahmen für eine weitgehend störungsarme Entwicklung in diese Richtung eine Kombination von Verhaltensänderungen, bzw. diesbezüglichen Bereitschaften, und von Änderungen der Siedlungsstruktur, bzw. funktionalen Zuweisungen zu Räumen, formulieren. Als zentrale Stichworte können zum einen gelten die Erhöhung des Raumwiderstands als Unterstützung verkehrsärmerer Verhaltensattitüden, sowie zum anderen die dezentrale Konzentration von Funktionen, die ein hohes Maß an Zielerreichung

in geringerer Entfernung unterstützt. Für beide Leitvorstellungen läßt sich gegenwärtig feststellen, daß sie zwar allgemein gern im Munde geführt, jedoch wegen erwartbarer Widerstände aus der Bevölkerung nur sehr ungern in die Praxis umgesetzt werden. Aus diesem Grund kann als wichtigste Voraussetzung die Suche nach einem sozialen Konsens über ein Leben mit weniger Verkehrsaufwand angesehen werden; dies umso mehr, als die Wirksamkeit denkbarer Maßnahmen sehr nachhaltig von der Qualität einer solchen Konsensbildung mitbestimmt wird.

Bei Realisierung einer entsprechenden Trendwende im Verkehrsaufwand lassen sich naturgemäß selbst in dem hier zugrundegelegten Fall einer nur bescheidenen Vermeidungsrate erhebliche Entlastungen sichern.

Tabelle 5.9: Verkehrs- und Emissionskennwerte im Regionalverkehr 2000 und 2005, Szenario Klimaschutz

	Bus	Bahn	MIV	gesamt
Mio. Pkm 2000	77,5	307,7	1.882,2	2.272,7
kt CO ₂ 2000	4,7	27,7	357,6	390,0
Mio. Pkm 2005	82,6	375,9	1.697,8	2.161,3
kt CO ₂ 2005	5,0	22,6	305,6	333,1

Die berechneten Emissionsmengen von 390 kt CO₂ im Jahr 2000 und 333 kt CO₂ im Jahr 2005 bedeuten gegenüber dem Basis-Szenario in den gleichen Bezugsjahren Reduktionen um rund 14,5 % bzw. 26,5 %, gegenüber dem Ausgangszustand 1990 beträgt die Reduktion etwa 23,5 %. Damit können die Klimaschutzziele als zu einem großen Teil erfüllt gelten, selbst in diesem Fall aber müssen zur vollen Einlösung der angestrebten Reduktionsziele weitere Effekte realisiert werden, etwa infolge geänderter verkehrlicher Rahmenbedingungen durch Maßnahmen auf Bundesebene.

5.4.5 Zusammenfassung und Szenarienvergleich

Die Ergebnisse der Szenario-Rechnungen sind bezüglich der CO₂-Emissionen nachfolgend im Vergleich zur Situation 1990 zusammenfassend gegenübergestellt. Gegenüber dem Basis-Szenario, das sogar eine Erhöhung um einige Prozent (gerechnet: 4 %) erwarten läßt, ergeben sich im Szenario „ÖPNV-Offensive“ Verminderungen um einige Prozent (gerechnet: 5 %); an die Zielgröße heran reicht nur das Szenario „Klimaschutz“ mit einer Abnahme um – rechnerisch – nahezu ein Viertel, das sich jedoch kaum präzise maßnahmenmäßig operationalisieren läßt.

Tabelle 5.10: CO₂-Emissionen im Regionalverkehr in den Szenarien, Index: 1990 = 100

	Basis-Szenario	Szenario ÖPNV-Offensive	Szenario Klimaschutz
1990	100		
1994	104		
2000	105	101	90
2005	104	95	77

Die daraus zu ziehenden Konsequenzen sind insbesondere in der Handlungsempfehlung V3, Teil 1 des Endberichts enthalten. Sieht man von den – durch die Stadt Münster wenig beeinflussbaren Verbrauchsverbesserungen bei PKW ab – erhält man die dort dargelegten etwas günstigeren Gesamtergebnisse. Am Umfang der Maßnahmenwirkungen ändert dies praktisch nichts. Zur Stützung des weitergehenden Klimaschutzszenarios konnten lediglich allgemeine Handlungsempfehlungen (vgl. V5, V7 in Teil 1) abgeleitet werden. Welche konkreten CO₂-Einsparungen bei Realisierung dieser Empfehlungen eintreten, kann man dagegen nicht bestimmen. In Teil 1 sind deshalb hierzu auch keine Zahlenwerte angegeben obzwar es sich ersichtlich um hohe Potentiale handelt.

5.5 Option Stadtbahn Münster

Im Rahmen der Studie zum Schienenverkehr (HÜSING 1995) wurde auch der Frage nach der Möglichkeit und Sinnfälligkeit einer Stadtbahn in Münster nachgegangen.

Neben der Möglichkeit des Zu-Fuß-Gehens stehen als alternative Fortbewegungsmöglichkeit zum Auto die Verkehrsmittel des sog. Umweltverbunds zur Verfügung. In Münster sind dies die Eisenbahn (derzeit Deutsche Bahn), der Bus und das Fahrrad. Da trotz der Vielzahl der Eisenbahnstrecken innerhalb des Stadtgebiets außer dem Hauptbahnhof fast keine weiteren Eisenbahn-Haltestellen existieren, scheidet die Bahn im Stadtverkehr – abgesehen vom neuen Haltepunkt Münster-Nord – aktuell als Konkurrentin aus.

Der Bus hingegen (und natürlich erst recht das Fahrrad) stellt eine gute und vielgenutzte Alternative zum Auto dar. Zwischen den Systemen Bus und Eisenbahn klafft aber eine deutliche Lücke. Eine Stadt wie Münster mit einer Viertelmillion Einwohner kann begründet ein System installieren, das diese Lücke schließt. Dafür kommt nur ein spurgebundenes Verkehrsmittel in Frage. Auch aus einem schrittweise ausgebauten Angebot des Busverkehrs ergibt sich auf Dauer die Frage, ob und in welcher Art Hauptstrecken durch eine leistungsfähigere Verkehrsform bedient werden können.

Ein gewöhnliches S-Bahn-System, wie es für größere Ballungsräume geeignet ist, ist für den innerstädtischen Verkehr in Münster sicher überzogen. Es bietet sich eine leichtere Variante an, wie ein Straßenbahn- oder Stadtbahn-System, das dann sozusagen als *S-Bahn light* eingesetzt werden könnte.

Die spezielle Situation in Münster spricht für eine Stadtbahn gegenüber der reinen Straßenbahn. Folgende Punkte verdeutlichen dies:

- Ein Straßenbahn-System würde eine zu grobe Nähe zum sehr gut ausgebauten, attraktiven Münsterschen Bus-System aufweisen.
- Eine Stadtbahn ist aufgrund ihrer gegenüber der Straßenbahn höheren Systemgeschwindigkeit die schärfere Konkurrentin zum Auto.
- Eine Kompatibilität mit der Eisenbahn ist nur durch ein Stadtbahn-System zu leisten.

Durch ihre größere Attraktivität kann die Stadtbahn per se mehr Autofahrer zum Umsteigen anreizen. Dies würde letztendlich zu geringeren Emissionen führen, wenn parallel der MIV so restriktiv behandelt wird, daß kein Neuverkehr auf der Straße entsteht. Wenn die Stadtbahn als System begriffen wird, das als solches einen nachhaltigen ökologischen Nutzen haben kann, muß ein Netz entstehen, das intelligente Verbindungen zwischen den einzelnen Linien und vor allem zu den übrigen Verkehrsträgern herstellt, insbesondere denen des Umweltverbands. Es sind z. B. Umsteigepunkte zwischen Eisenbahn und Stadtbahn an den Stadtgrenzen zu schaffen, die ein optimiertes Umsteigen ermöglichen. Eingebettet in ein funktionierendes Gesamtverkehrssystem kann die Stadtbahn dann einen Großteil der Verkehrslast übernehmen.

Eine mögliche Streckenführung in Münster kann man sich unterschiedlich vorstellen. Die Lage der Hauptverkehrsströme und die bauliche Struktur der Stadt legen jedoch nahe, die Strecken zum einen entlang der Haupteinfallsstraßen zu legen und zum anderen in Form eines Ringes um die Altstadt. Als zentraler Verknüpfungspunkt sowohl zwischen den Stadtbahn-Linien als auch zur DB kann dann der Hauptbahnhof gewählt werden.

So entsteht ein Netz mit acht Ästen, die an ihren Enden in den Vororten wiederum an die Eisenbahn angeschlossen sind. Notwendig wäre für eine solche Lösung ein Neubau von etwa 50 Kilometern Stadtbahn-Strecke, die dann im 10-Minuten-Takt bedient werden könnten. Damit bestünde die Möglichkeit, mit

12.000 Zugkilometern jeden Tag mindestens 100.000 Kfz-Kilometer einzusparen. Eine detaillierte Darstellung enthält die Studie von Hüsing zum Schienenverkehr, die in Teil 3 enthalten ist.

Eine weitere Vertiefung dieser Option ist in der Empfehlung V4 in Teil 1 des Endberichts vorgeschlagen.

Eigenständige CO₂-Einsparungspotentiale werden dieser Maßnahme nicht zugerechnet, vielmehr wird in den für den Binnen- wie Regionalverkehr entwickelten Szenarien einer ÖPNV-Offensive die Realisierung der im Detail geprüften sachdienlichen Entwicklung, ggf. unter Einschluß eines Stadtbahnsystems, angenommen wird (vgl. Kapitel 5.3).

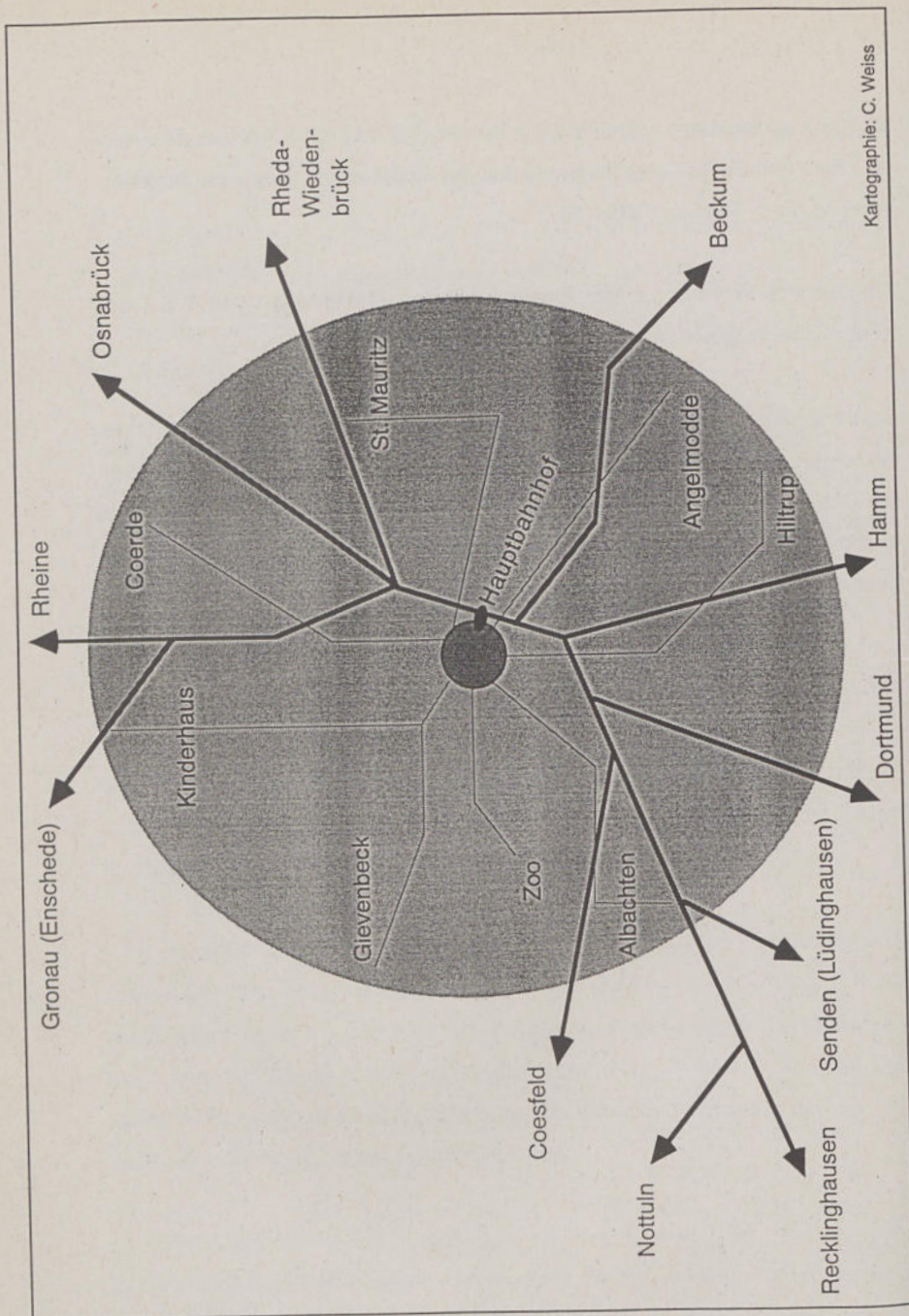


Abbildung: Netzgraph zur Stadtbahn aus HUSING 1995

5.6 Flugverkehr

Mehr noch als bei der regionalen Verkehrsverflechtung 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.

5.6.1 Zur Bedeutung des Luftverkehrs für die Klimabelastung

Generell ist die Debatte um die Bedeutung des Luftverkehrs für die Klimabelastung durch eine traditionell starke Unterschätzung, durch uneinheitliche Abgrenzungen und durch unsichere Bewertungen belastet.

Die herkömmliche verkehrliche Abgrenzung, nur den Luftverkehr über dem Bundesgebiet, und soweit er hier auch Bodenberührung hat, einzubeziehen (beschränktes Territorialprinzip), ist zwar als Beurteilungsmaßstab langsam auf dem Rückzug; danach fallen lediglich etwa 2,5 - 3 % des Personenverkehrs (Pkm) auf den Luftverkehr. Bei Zurechnung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen entsprechend der inländischen Marktgabe (nach dem Abgrenzungsprinzip der Energiebilanz) entfallen bereits etwa 10 % des Endenergieverbrauchs und in weitgehend gleicher Größenordnung des CO₂-Ausstoßes des Verkehrssektors auf den Luftverkehr.

Legt man, wie von manchen Seiten vorgeschlagen, gemäß dem Verursacherprinzip den Luftverkehr der Inländer zugrunde, oder der Personen, die im Inland ihren Hauptwohnsitz haben, so dürfte der Luftverkehrsanteil an den verkehrsbedingten Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen Deutschlands bereits auf ein Sechstel oder mehr ansteigen; präzise Berechnungen sind hierzu allerdings bislang nicht verfügbar, Untersuchungen am IFEU-Institut bestätigen jedoch die Richtigkeit der genannten Größenordnung. Auch für die vorliegende Darstellung wird nach dem Verursacherprinzip abgegrenzt, Bezugsgröße ist die Bevölkerung Münsters.

Besondere Probleme bringt die derzeit wissenschaftlich nicht abschließend beurteilbare Bewertung der Luftfahrtemissionen in Reiseflughöhe. JOHNSON (1994) beziffert allein die Klimawirksamkeit der NO_x-Emissionen in Reiseflughöhe als in gleicher Größenordnung wie die CO₂-Emissionen, auch IPCC (1994) weist auf diese Möglichkeit hin. Deshalb wurde vorgeschlagen (SCHALLABÖCK 1995, zuerst 1993), modellhaft den Energieverbrauch der Flugzeuge im Vergleich zu dem des anderen Verkehrs doppelt zu gewichten, der Luftverkehr wäre dann bereits mit etwa 30 % an den verkehrsbedingten Klimabelastungen beteiligt. Zu betonen ist hierzu allerdings mit SCHUMANN (1995), daß die tatsächliche Belastung sowohl größer als auch kleiner sein könnte; obwohl allgemein eher von einer signifikanten, über die CO₂-bedingten Belastungen hinausgehenden Klimabelastung durch den Luftverkehr ausgegangen wird, wird deswegen nachfolgend nur die CO₂-Belastung dargestellt. Die Möglichkeit einer dadurch bedingten relevanten Problemunterschätzung ist deshalb nicht aus den Augen zu verlieren.

Unabhängig von diesen nicht ohne weiteres lösbaren Bewertungsproblemen ist es die unerhörte Dynamik der Entwicklung des Luftverkehrs und seines Energieverbrauchs, die große Probleme verursacht, zum Teil aber auch in fachkundigen Kreisen unterschätzt wird. So ist der Energieverbrauch im Luftverkehr

von 1987 – dem Startjahr für die Reduktionsziele der 1. Klima-Enquete-Kommission und der (früheren) Bundesregierung – bis 1994 um etwa zwei Drittel angestiegen (Alte Bundesländer, Inlandsmarktabgabe); bis 2005 ist selbst bei abnehmenden Zuwachsraten ein Anstieg um weitere gut 70 % zu erwarten, was zu einem Energieverbrauch des Luftverkehrs in nahezu dreifacher Höhe verglichen mit 1987 führt. Teilweise in der Literatur vertretene deutlich niedrigere Wachstumserwartungen (vgl. z. B. DIW 1994) müssen demgegenüber als zwischenzeitlich überholt gelten: Auch für 1994 ist beim Passagieraufkommen und beim Energieverbrauch des Luftverkehrs wieder ein Anstieg um etwa 8 % festzustellen (vgl. FISCHER 1995 und ARBEITSGEMEINSCHAFT ENERGIEBILANZEN), womit sich der historische Wachstumspfad von jährlich +7,5 bis +8 % fortsetzt (+7,8 % p.a. bei den Passagieren für 1984 - 1992 nach KNISCH 1995). Demgegenüber sollte nach den Klimaschutzzielen der 1. Klima-Enquete-Kommission bis 2005 generell nicht eine Verdreifachung des fossilen Energieverbrauchs und der entsprechenden CO₂-Emissionen, sondern eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 30 % erfolgen.

5.6.2 Die Bedeutung des Flughafens für das Fluggeschehen der Region

Aus der kürzlich vorgelegten Darstellung der Verkehrsverflechtung 1991 (INTRA-PLAN 1995) 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.

Wichtig erscheint der nochmalige Hinweis, daß sich die hier dargestellten Flugreiseintensitäten auf die Reisetätigkeit der Bevölkerung beziehen, unabhängig von der Frage, welche (deutschen) Flughäfen hierbei tatsächlich genutzt wur-

den; Abflüge aus der Planungsregion Münster (Abgrenzung gemäß Bundesverkehrswegeplanung) wurden somit dieser Planungsregion zugerechnet, egal ob tatsächlich von FMO aus geflogen wurde, oder nach einer Bahn- oder PKW-Anreise erst ab z. B. Düsseldorf.

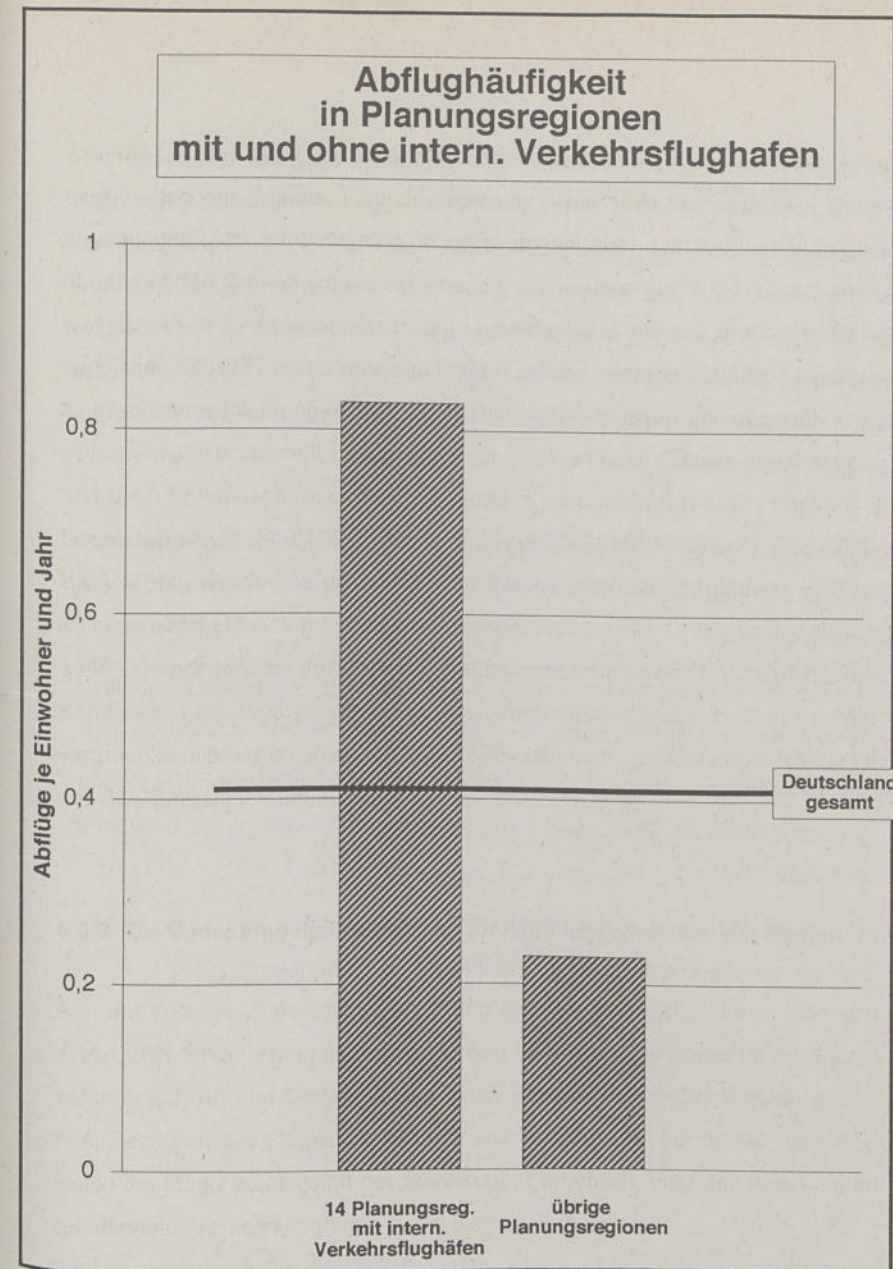
Tabelle 5.11: Flugreiseintensität in Regionen mit und ohne Verkehrsflughäfen

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, Stuttgart, Nürnberg, München, Berlin, Dresden, Leipzig

Quelle: INTRAPLAN (Hg.): Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991, München 1995; eigene Berechnungen



Quelle: nach INTRAPLAN, Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991

Abbildung: Flugreiseintensität in Regionen mit und ohne Flughäfen

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.

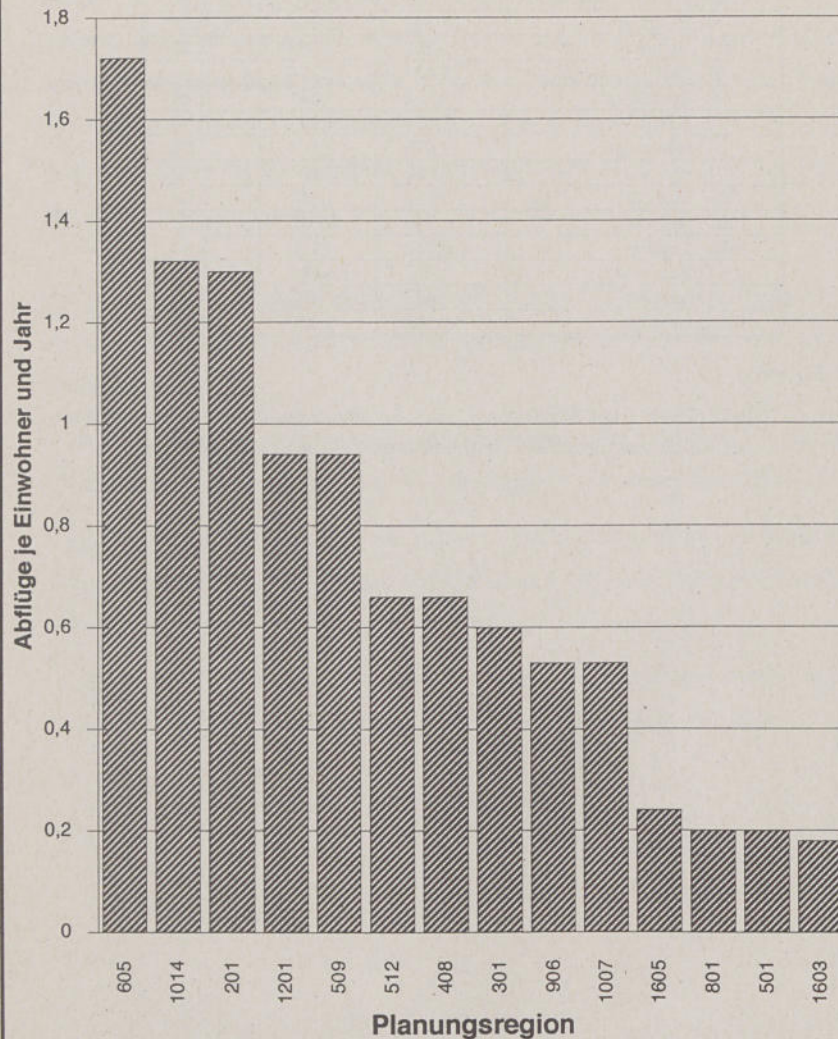
Tabelle 5.12: Flugreiseintensität in den 14 Regionen mit Verkehrsflughäfen

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

Abflughäufigkeit in Planungsregionen mit intern. Verkehrsflughäfen



Quelle: nach INTRAPLAN, Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1991

Abbildung: Flugreiseintensität in den Regionn mit Verkehrsflughäfen

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 Flugreisehäufigkeit 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.

Tabelle 5.13: 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	27.510	26.241	62.787	167.316
nicht gewerblich	13.523	14.842	8.698	3.312
Rundflüge (Startort = Zielort)	6.642	2.510	5.181	8
nach dt. Regionalflughäfen	1.215	1.677	6.186	2.214
nach dt. intern. Flughäfen	4.255	5.259	20.955	38.230
ins europäische Ausland	1.826	1.897	20.527	90.851
nach der übrigen Welt	49	56	1.240	32.701

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 Proportio-

nen 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 5.14: Gliederung der Einsteiger von den Flughäfen Münster-Osnabrück, Köln und Frankfurt

gewerbliche Einsteiger nach Streckenzielkategorien	FMO 1990	FMO 1992	CGN 1992	FRA 1992
gew. Einsteiger insgesamt	132.042	199.858	1.683.545	14.993.475
Rundflüge (Startort = Zielort)	-	-	-	128
nach dt. Regionalflughäfen	178	766	22.219	43.202
nach dt. intern. Flughäfen	84.114	111.126	884.460	3.203.132
ins europäische Ausland	44.552	83.130	715.858	6.406.728
nach der übrigen Welt	3.198	4.836	61.008	5.340.285

Quelle: Stat. Bundesamt Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr 1990 und 1992; eigene Berechnungen

5.6.3 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 Reishäufigkeiten 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 Wa-

rendorf. 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.

Die Reiseweite im Luftverkehr kann für Deutschland insgesamt mit durchschnittlich etwa 2.500 km abgeschätzt werden; dieser Wert ergibt sich aus einem 80 %igen Anteil grenzüberschreitender Flüge mit einer mittleren Reiseweite von etwa 3.000 km und einem 20 %igen Anteil der Inlandsflüge mit angesetzten 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 5.000 km hin und retour steht. Für Münster ergibt sich bei Übertragung dieser Größen eine Flugkilometerleistung von rd. 1.000 km je Einwohner im Jahr 1990.

Tabelle 5.14: Kenngrößen des Flugverkehrs der Münsteraner Bevölkerung 1990

Gegenstand	Einheit	Größe
Bevölkerung 1990		271.943
Flugreiseintensität 1990	Abflüge / Einwohner	0,20
Gesamtzahl der Abflüge 1990		54.389
Reiseweite je Abflug 1990	km	5.000
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

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 Gütertransport 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.

Tabelle 5.15: 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

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.

5.6.4 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 Verbrauchssteigerung 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).

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 Verfünffachung 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 5.16: 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

5.6.5 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 kann 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.

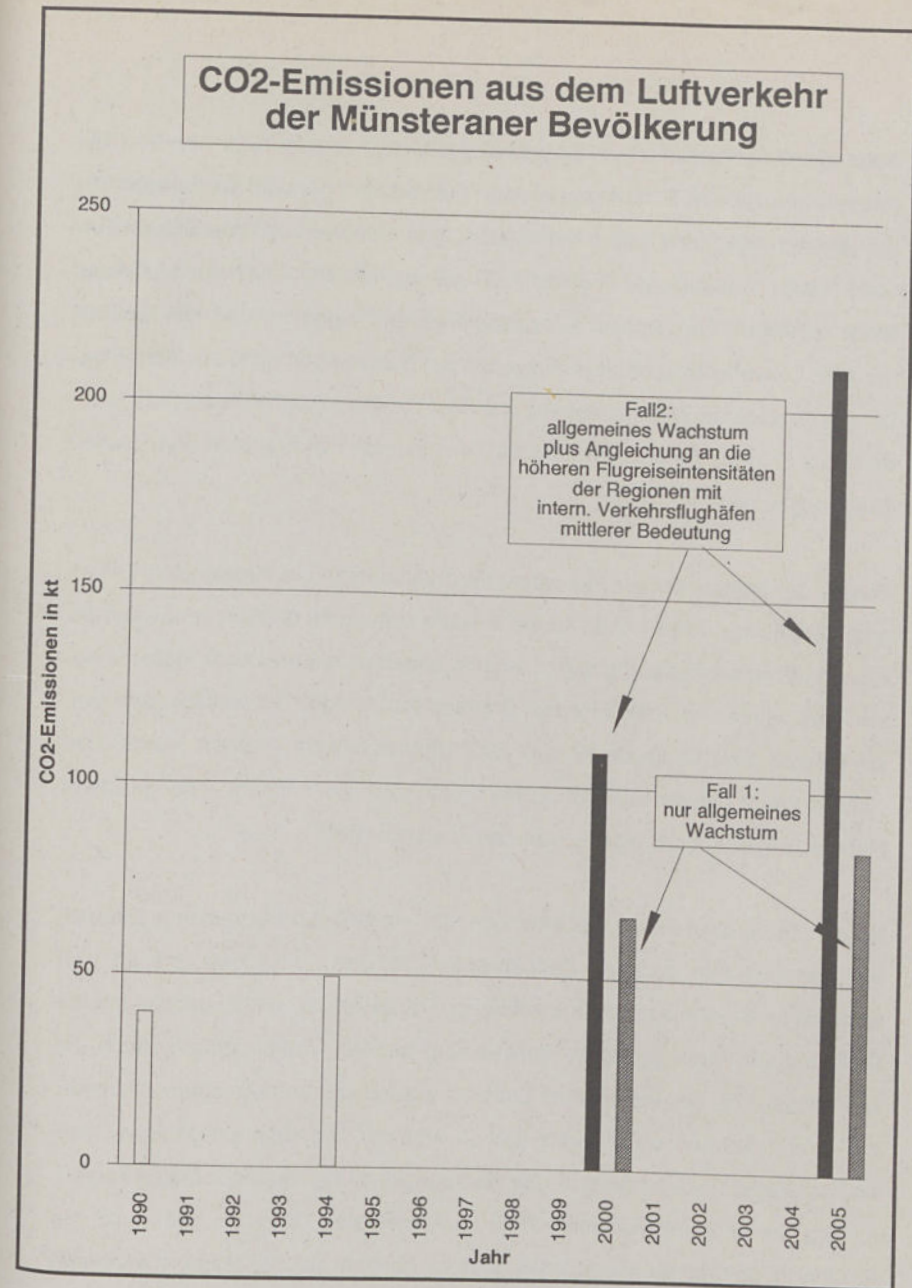


Abbildung: CO₂-Emissionen in den Flugverkehrsszenarien

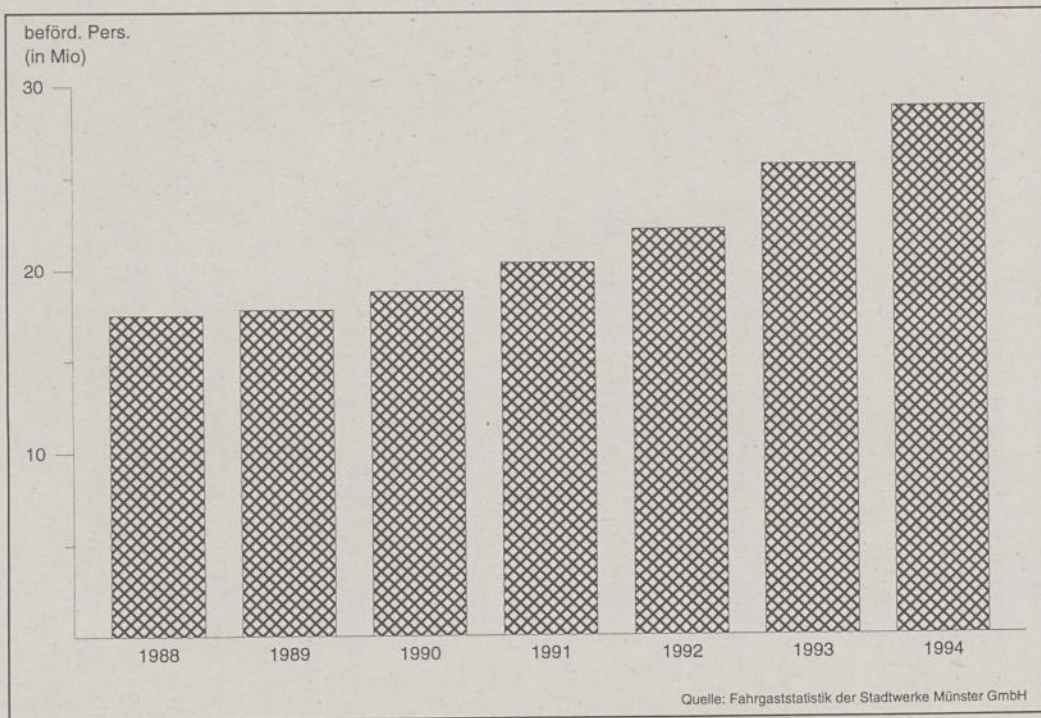
Auch für diese Zahlen ist zu berücksichtigen, daß es sich nicht um die CO₂-Emissionen des von FMO ausgehenden Luftverkehrs handelt, sondern um die Emissionen des Luftverkehrs der Münsteraner Bevölkerung. Wie BROCKHAGEN (1995) in detaillierter Form für Köln gezeigt hat, ergibt sich auch für diese Stadt 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.

Wegen der sehr einfachen 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.

Wegen der in allen Fällen weiterhin geringen Anzahl von Flugreisen je Einwohner und weiterhin geringen Zeitaufwänden für den Luftverkehr erübrigt sich weiteres 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.

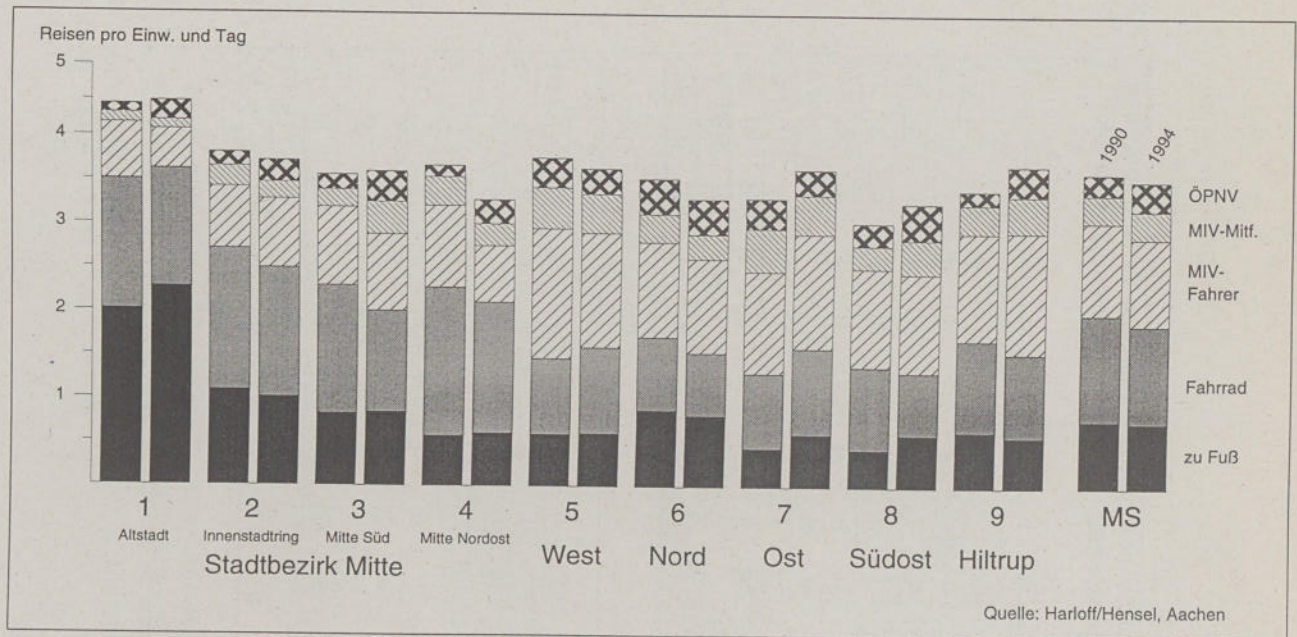
Die großen hier in Rede stehenden CO₂-Mengen und die mögliche Entwicklungsdynamik begründen die Empfehlung V6 im Teil 1 des Endberichts; es schiene widersinnig, in einigen Sachbereichen mit großen Anstrengungen Einsparungen der CO₂-Emissionen durchzusetzen, wenn diese Anstrengungen durch Unachtsamkeit in anderen Bereichen wieder kompensiert würden.

Abbildung Anhang V.1



Entwicklung des Fahrgastaufkommens im Stadtbusverkehr Münster 1988 - 1994

Abbildung Anhang V.2



Mobilitätsstruktur in den Stadtbezirken 1990 und 1994

Verkehrsverflechtungen zwischen den Verkehrsbezirken
Stadt Münster 1990 und 1994 (alle Wege, in Promille)

1990										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	33	30	8	11	14	5	5	4	3	114
2	31	79	15	21	21	8	7	5	7	194
3	8	15	53	4	7	2	1	2	5	98
4	10	21	4	41	7	6	5	4	2	100
5	14	23	8	7	85	4	1	3	5	149
6	5	8	2	5	4	46	1	1	1	74
7	4	6	1	5	1	2	28	2	1	50
8	4	5	2	4	3	1	2	40	4	65
9	3	7	5	2	5	1	1	4	70	97
	114	193	98	100	148	74	51	65	97	940

1994										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	34	29	10	11	14	6	4	4	4	116
2	30	77	14	24	21	5	6	6	5	188
3	9	14	41	6	8	1	1	3	7	90
4	12	23	5	34	7	5	5	3	2	96
5	13	21	8	6	82	4	1	3	5	143
6	6	6	1	5	4	41	2	1	1	67
7	5	6	1	5	1	1	33	2	1	55
8	4	6	3	3	2	2	2	42	5	69
9	4	5	7	3	4	1	1	5	71	101
	117	187	90	97	143	66	55	69	101	925



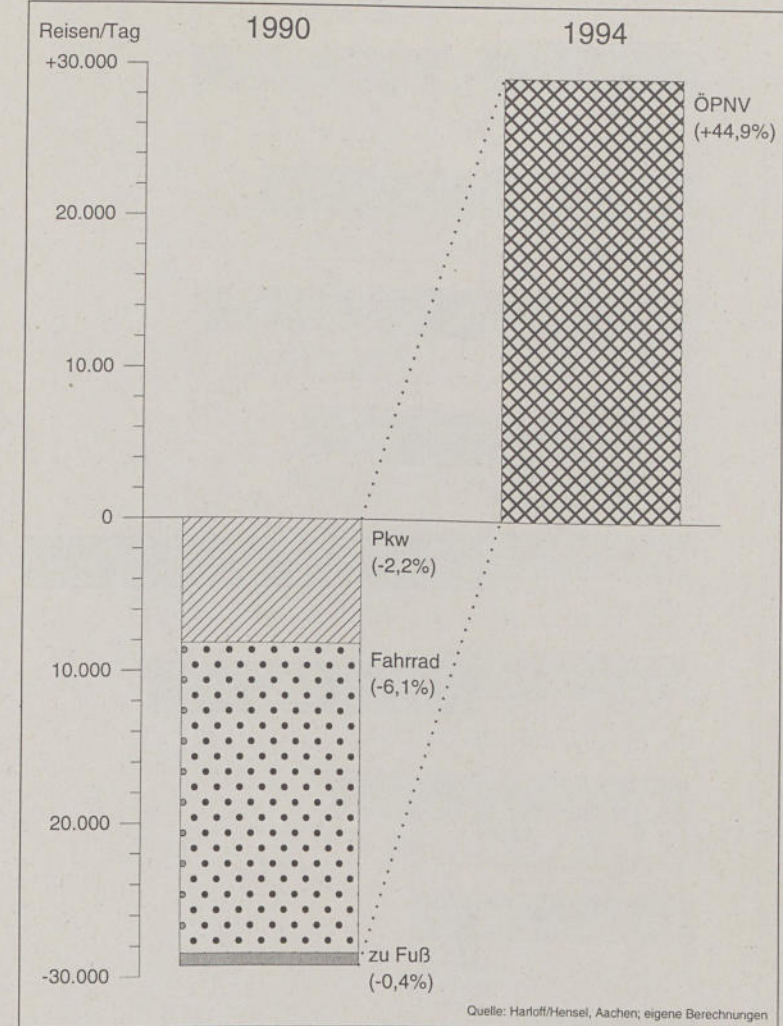
	Verkehr im Stadtbezirk Mitte		Binnenverkehr der Bezirke
---	---------------------------------	---	------------------------------

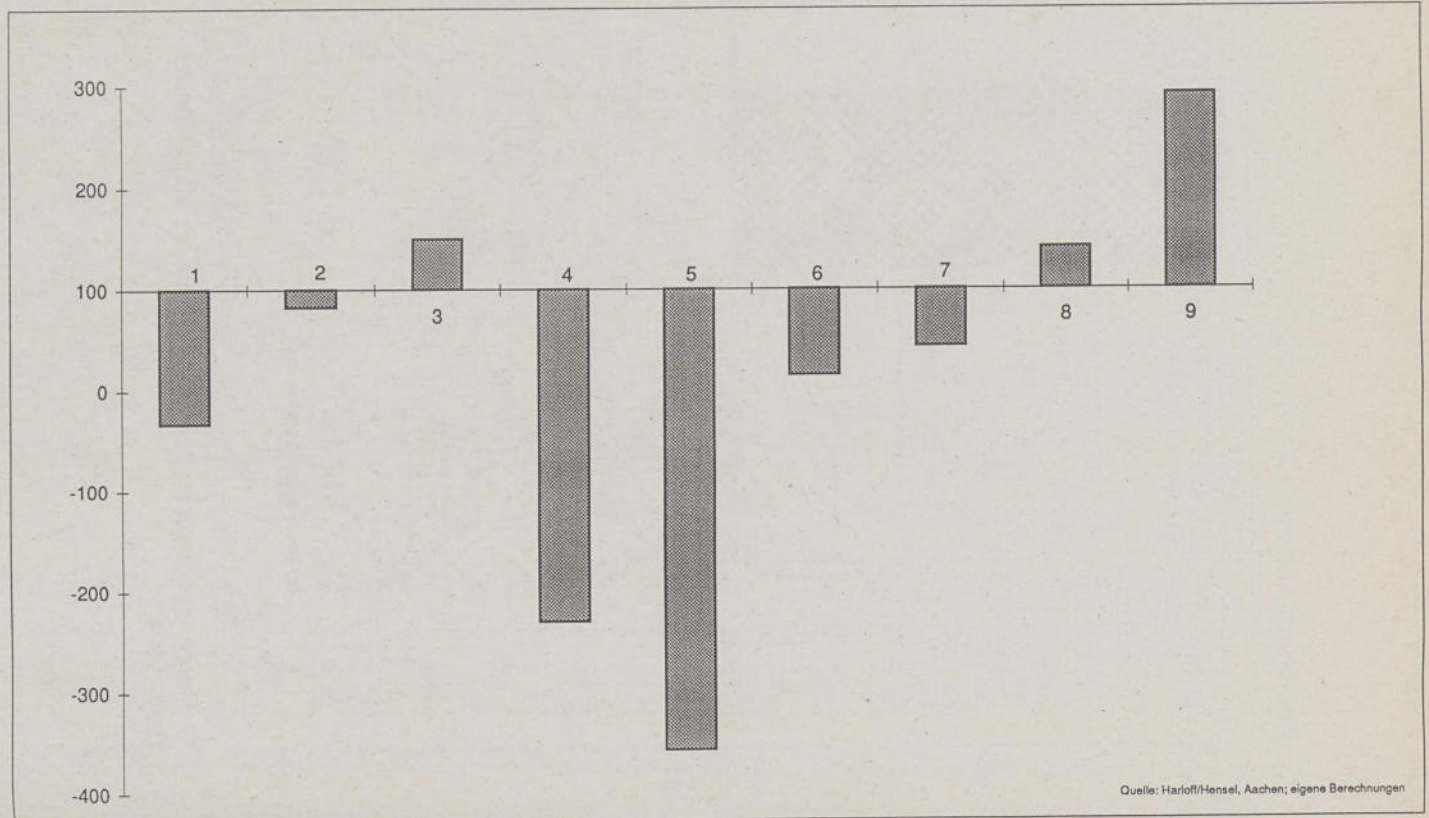
Abbildung
Anhang V.3

Abbildung Anhang V.4



Verlagerungseffekte im Personenverkehr der Stadt Münster
1990 - 1994

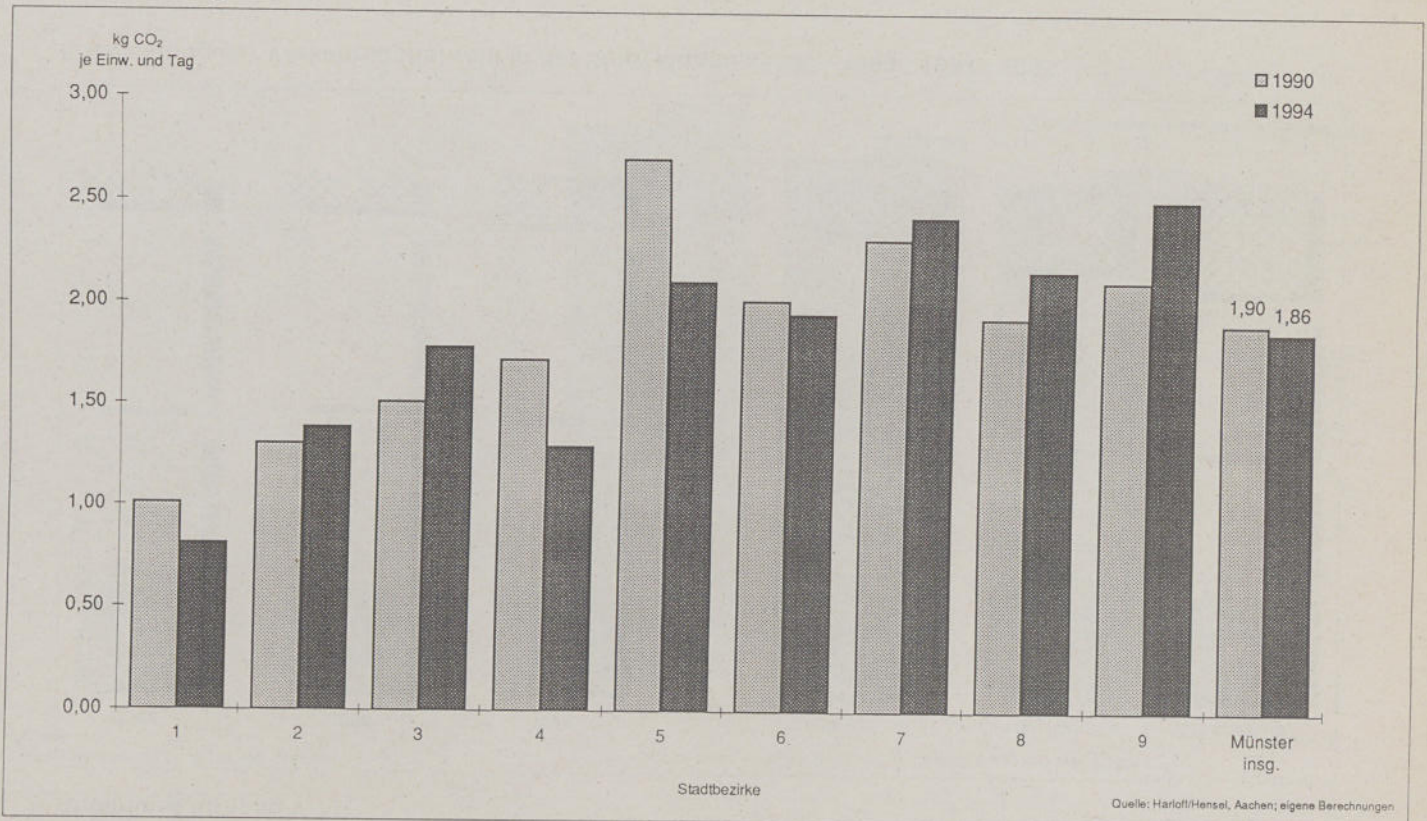
Abbildung Anhang V.5



Veränderung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen 1990-1994 nach Stadtbezirken gemessen an der gesamtstädtischen Veränderung (= 100)

208

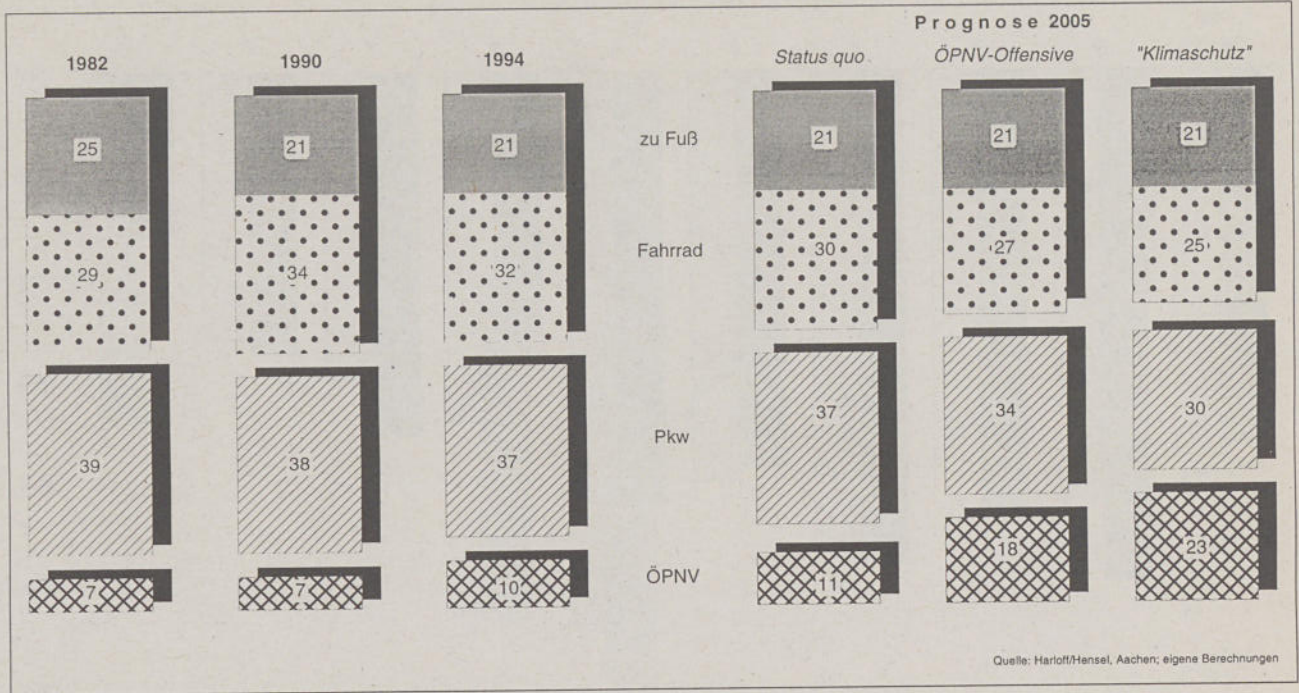
Abbildung Anhang V.6



Einwohnerspezifische CO₂-Emissionen des Verkehrs in den Stadtbezirken, 1990 und 1994

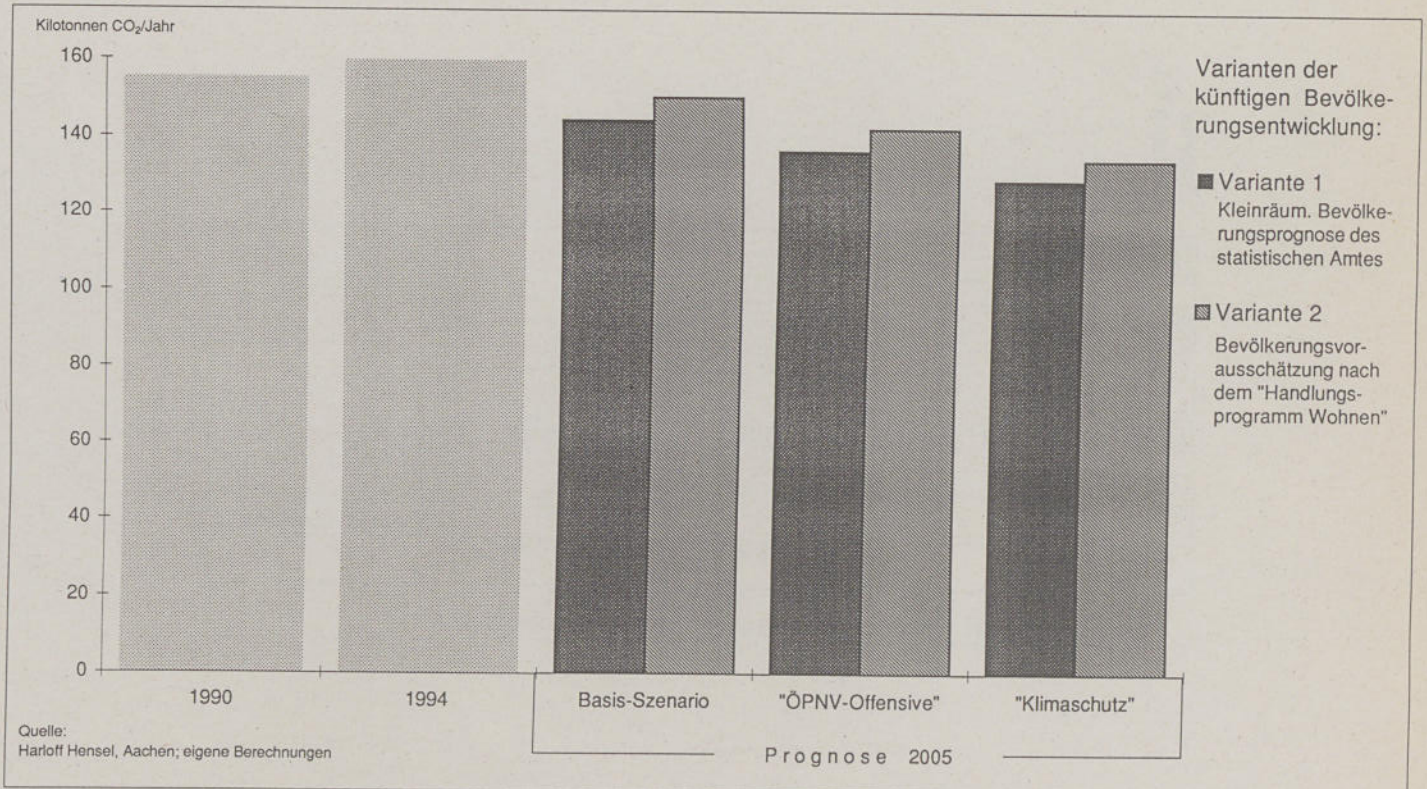
209

Abbildung Anhang V.7



Entwicklung der Verkehrsmittelwahl in der Stadt Münster 1982 - 1990 - 1994 - 2005

Abbildung Anhang V.8



CO2-Emissionen im Stadtverkehr Münster 2005 (im Vergleich zu 1990 und 1994)

CO₂-Emissionen im Stadtverkehr Münster 1990 und 1994

	1990		1994		Insgesamt
	ÖV	MIV	ÖV	MIV	
Klassischer Modal Split					
Fahrten/Pers. u. Tag	0,24	1,38	0,34	1,32	1,66
in %	15	85	21	80	100
Fahrleistung					
Pkm/Tag	430.758	2.139.103	629.893	2.111.995	2.741.889
in %	17	83	23	77	100
CO ₂ -Emissionen					
Tonnen/Tag	25,8	492,0	37,8	485,8	523,6
kt/a	7,7	147,6	11,3	145,7	157,0
in %	5	95	7	93	100
Emissionsänderung					
gegenüber 1990 (kt/a)			3,6	-1,9	1,7
in %			47	-1	1

Tabelle
Anhang V.1

**Prognose der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen
unter Status-quo-Bedingungen: Basis-Szenario 2005**

a) Einwohnerentwicklung

Variante 1 (Kleinräumige Bevölkerungsvorausschätzung)				
1990	1994	2000	2005	
271.943	280.701	283.220	280.678	
Variante 2 (Bevölkerungsentw. Handlungsprogramm Wohnen)				
1990	1994	2000	2005	
271.943	280.701	287.200	292.600	

b) Modal Split (Reisen pro Person und Tag)

	ÖV	MIV	Rad	zu Fuß	Insgesamt
1990	0,24	1,38	1,22	0,77	3,61
in %	7	38	34	21	100
1994	0,34	1,32	1,12	0,75	3,53
in %	10	37	32	21	100
2000	0,37	1,31	1,09	0,75	3,52
in %	11	37	31	21	100
2005	0,4	1,30	1,05	0,75	3,50
in %	12	37	30	21	100

c) Aufkommen (Reisen/Tag)

	ÖV	MIV	Rad	zu Fuß	Insgesamt
1990	65.266	375.281	331.770	209.396	981.714
1994	95.438	370.525	314.385	210.526	990.875
Variante 1					
2000	104.791	371.018	308.710	212.415	996.934
2005	112.271	364.881	294.712	210.509	982.373
Variante 2					
2000	106.264	376.232	313.048	215.400	1.010.944
2005	117.040	380.380	307.230	219.450	1.024.100

d) Mittlere Reiseweite (in km)

1990	6,6
2005	5,7

e) Fahrleistungen im motorisierten Verkehr (Pkm)

	ÖV	MIV	Insgesamt
1990	430.758	2.139.103	2.569.861
in %	17	83	100
1994	629.893	2.111.995	2.741.889
in %	23	77	100
Variante 1			
2000	691.623	2.114.803	2.806.426
in %	25	75	100
2005	740.990	2.079.824	2.820.814
in %	26	74	100
Variante 2			
2000	701.342	2.144.522	2.845.865
in %	25	75	100
2005	772.464	2.168.166	2.940.630
in %	26	74	100

f) CO₂-Emissionsfaktoren (in kg CO₂/Pkm)

	ÖV	MIV
1990	0,06	0,23
1994	0,06	0,23
2000	0,06	0,22
2005	0,06	0,21

g) CO₂-Emissionen (in kg CO₂/Tag)

	ÖV	MIV	Insgesamt
1990	25.845	491.994	517.839
in %	5	95	100
1994	37.794	485.759	523.553
in %	7	93	100
Variante 1			
2000	41.497	465.257	506.754
in %	8	92	100
2005	44.459	436.763	481.222
in %	9	91	100
Variante 2			
2000	42.081	471.795	513.875
in %	8	92	100
2005	46.348	455.315	501.663
in %	9	91	100

Tabelle
Anhang V.2

**Prognose der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen
Ziel-Szenario "ÖPNV-Offensive" (A)**

a) Einwohnerentwicklung

Variante 1 (Kleinräumige Bevölkerungsvorausschätzung)				
	1990	1994	2000	2005
	271.943	280.701	283.220	280.678
Variante 2 (Bevölkerungsentw. Handlungsprogramm Wohnen)				
	1990	1994	2000	2005
	271.943	280.701	287.200	292.600

b) Modal Split (Reisen pro Person und Tag)

	ÖV	MIV	Rad	zu Fuß	insgesamt
1990	0,24	1,38	1,22	0,77	3,61
in %	7	38	34	21	100
1994	0,34	1,32	1,12	0,75	3,53
in %	10	37	32	21	100
2000	0,51	1,21	0,98	0,71	3,41
in %	15	35	29	21	100
2005	0,61	1,15	0,90	0,70	3,36
in %	18	34	27	21	100

c) Aufkommen (Reisen/Tag)

	ÖV	MIV	Rad	zu Fuß	Insgesamt
1990	65.266	375.281	331.770	209.396	981.714
1994	95.438	370.525	314.385	210.526	990.875
Variante 1					
2000	143.158	342.209	278.810	201.603	965.780
2005	171.789	323.773	251.484	196.032	943.078
Variante 2					
2000	145.170	347.018	282.728	204.436	979.352
2005	179.086	337.525	262.166	204.358	983.136

d) Mittlere Reiseweite (in km)

	ÖV	MIV
	6,6	5,7

e) Fahrleistungen im motorisierten Verkehr (Pkm)

	ÖV	MIV	Insgesamt
1990	430.758	2.139.103	2.569.861
in %	17	83	100
1994	629.893	2.111.995	2.741.889
in %	23	77	100
Variante 1			
2000	944.843	1.950.594	2.895.437
in %	33	67	100
2005	1.133.807	1.845.506	2.979.313
in %	38	62	100
Variante 2			
2000	958.121	1.978.005	2.936.126
in %	33	67	100
2005	1.181.967	1.923.895	3.105.862
in %	38	62	100

f) CO₂-Emissionsfaktoren (in kg CO₂/Pkm)

	ÖV	MIV
1990	0,06	0,23
1994	0,06	0,23
2000	0,06	0,22
2005	0,06	0,21

g) CO₂-Emissionen (in kg CO₂/Tag)

	ÖV	MIV	Insgesamt
1990	25.845	491.994	517.839
in %	5	95	100
1994	37.794	485.759	523.553
in %	7	93	100
Variante 1			
2000	56.691	429.131	485.821
in %	12	88	100
2005	68.028	387.556	455.585
in %	15	85	100
Variante 2			
2000	57.487	435.161	492.648
in %	12	88	100
2005	70.918	404.018	474.936
in %	15	85	100

Tabelle
Anhang V.3

**Prognose der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen
Ziel-Szenario "ÖPNV-Offensive + MIV-Restriktion" (B)
- Klimaschutz-Szenario -**

a) Einwohnerentwicklung

Variante 1 (Kleinräumige Bevölkerungsvorausschätzung)				
	1990	1994	2000	2005
	271.943	280.701	283.220	280.678
Variante 2 (Bevölkerungsentw. Handlungsprogramm Wohnen)				
	1990	1994	2000	2005
	271.943	280.701	287.200	292.600

b) Modal Split (Reisen pro Person und Tag)

	ÖV	MIV	Rad	zu Fuß	insgesamt
1990	0,24	1,38	1,22	0,77	3,61
in %	7	38	34	21	100
1994	0,34	1,32	1,12	0,75	3,53
in %	10	37	32	21	100
2000	0,60	1,16	0,94	0,71	3,41
in %	18	34	27	21	100
2005	0,77	1,02	0,86	0,70	3,36
in %	23	30	25	21	100

c) Aufkommen (Reisen/Tag)

	ÖV	MIV	Rad	zu Fuß	Insgesamt
1990	65.266	375.281	331.770	209.396	981.714
1994	95.438	370.525	314.385	210.526	990.875
Variante 1					
2000	170.271	327.861	264.834	201.603	965.780
2005	217.313	287.436	240.282	196.032	943.078
Variante 2					
2000	172.664	332.469	268.555	204.436	979.352
2005	226.544	299.645	250.489	204.358	983.136

d) Mittlere Reiseweite (in km)

	ÖV	MIV
	6,6	5,7

e) Fahrleistungen im motorisierten Verkehr (Pkm)

	ÖV	MIV	Insgesamt
1990	430.758	2.139.103	2.569.861
in %	17	83	100
1994	629.893	2.111.995	2.741.889
in %	23	77	100
Variante 1			
2000	1.123.789	1.868.809	2.992.598
in %	38	62	100
2005	1.434.266	1.638.387	3.072.653
in %	47	53	100
Variante 2			
2000	1.139.581	1.895.071	3.034.652
in %	38	62	100
2005	1.495.187	1.707.978	3.203.166
in %	47	53	100

f) CO₂-Emissionsfaktoren (in kg CO₂/Pkm)

	ÖV	MIV
1990	0,06	0,23
1994	0,06	0,23
2000	0,06	0,22
2005	0,06	0,21

g) CO₂-Emissionen (in kg CO₂/Tag)

	ÖV	MIV	Insgesamt
1990	25.845	491.994	517.839
in %	5	95	100
1994	37.794	485.756	523.553
in %	7	93	100
Variante 1			
2000	67.427	411.138	478.565
in %	14	86	100
2005	86.056	344.061	430.117
in %	20	80	100
Variante 2			
2000	68.375	416.916	485.290
in %	14	86	100
2005	89.711	358.675	448.387
in %	20	80	100

Tabelle
Anhang V.4

BECKER, Udo; Mario ELAND, Stefan ROMMERSKIRCHEN (1992): Reduktion von CO₂-Emissionen des Verkehrs. Wirksamkeit verschiedener Szenarien und einzelner Maßnahmen. In: Der Nahverkehr Heft 5, S. 19 - 26 (Kurzfassung des o. g. Prognos-Gutachtens 1991).

BERGMANN, Eckhard; Dieter KANZLERSKI, Ingrid OTTO, Aribert PETERS, Stefan SCHMITZ, Gerhard WAGNER, Claus-C. WIEGANDT (1993): Raumstruktur und CO₂-Vermeidung. In: Informationen zur Raumentwicklung Heft 8, S. 489 - 567.

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

DEITERS, Jürgen (1992): Auto-Mobilität und die Folgen. Bestimmungsgründe des Verkehrswachstums und die Notwendigkeit einer neuen Verkehrspolitik. In: Geographie heute Heft 102, S. 4 - 11.

DEITERS, Jürgen (1995): Erschließung von Potentialen für den öffentlichen Nahverkehr. In: Geographische Rundschau 47, Heft 10, S. 556-560.

DEUTSCHER BUNDESTAG (Hrsg. 1994): Zweiter Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ zum Thema Mobilität und Klima: Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik. Bonn (BT-Drucksache 12/8300).

DIW 1994: Personenverkehrsprognose für die Bundesrepublik Deutschland (Bearb.: Kloas/Kuhfeld), in: DIW-Wochenbericht 22/1994

FISCHER, Roland (1995): Gewerblicher Luftverkehr 1994, in: Wirtschaft und Statistik 8/1995, S. 617 - 621

HÜSING, Jens-Martin (1995): Schienenverkehrskonzept Region Münster; in: Endbericht des Klimabeirats der Stadt Münster, Teil 3: Einzelstudien und -analysen

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 University Press 1995

JOHNSON, C. E. (1994): Global Warming from Aircraft NO_x 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

KNÖRR, Wolfram (1991): Pkw, Bus oder Bahn? Emissionsminderungspotentiale im Nahverkehr. In: Informationen zur Raumentwicklung Heft 1/2, S. 51 - 60.

ROMMERSKIRCHEN, Stefan; Udo BECKER, Peter CERWENKA, Mario ELAND (1991): Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der ver-

kehrlichen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005. (Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bonn, durch die Prognos AG, Basel, unter Mitwirkung des IFEU-Instituts, Heidelberg, und des TÜV-Rheinland, Köln). Basel.

RUFF, Thomas; Thomas SELZ (1995): Deutliche Nachfragesteigerungen – Das ÖPNV-Modell Freiburg. In: Internationales Verkehrswesen Heft 5, S. 255 - 261.

SCHALLABÖCK, Karl Otto (1993): Zur Bedeutung des Luftverkehrs im klimapolitischen Verkehrsdiskurs, Wuppertal 1993

SCHALLABÖCK, Karl Otto / HESSE, Markus (1994): Konzept für eine Neue Bahn, Materialband, Wuppertal 1994

SCHALLABÖCK, Karl Otto (1995): Luftverkehr und Klima – ein Problemfall, Wuppertal 1995

SCHALLABÖCK, Karl Otto / HESSE, Markus (1995): Konzept für eine Neue Bahn, Endbericht, Wuppertal 1995

SCHUMANN, Ulrich (1995) Schreiben an Schallaböck v. 15.03.95, zitiert in Schallaböck 1995

SHELL (1995): Gipfel der Motorisierung in Sicht, Hamburg 1995, SHELL – Aktuelle Wirtschaftsanalysen 9/1995, Heft 26

SPD-Bundestagsfraktion (Hrsg. 1994): Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik. Handlungsempfehlungen der Arbeitsgruppe „Klima“ der SPD-Bundestagsfraktion in der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“. Bonn.

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1991): ÖPNV-Förderprogramm Münster 1991. Münster (Beiträge zur Stadtforschung Stadtentwicklung Stadtplanung 4/91).

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1992a): Programm fahrradfreundliche Stadt Münster - Zeitbudget und Verkehrsteilnahme. (Bearb.: HHS Harloff Hensel Stadtplanung, Aachen). Münster (Beiträge zur Stadtforschung Stadtentwicklung Stadtplanung 3/92).

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1992b): Stadtklima Münster. Entwicklung und Begründung eines klimarelevanten Planungskonzeptes für das Stadtgebiet von Münster. Münster (Werkstattberichte zum Umweltschutz 1/92).

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1993a): Zwischenbericht des Beirates für Klima und Energie der Stadt Münster 1993. Münster (Werkstattberichte zum Umweltschutz 2/93).

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1993b): Verkehrsbericht Münster 1993. Münster (Beiträge zur Stadtforschung Stadtentwicklung Stadtplanung)

STADT MÜNSTER (1993c): Handlungsprogramm Wohnen. Entwurf der AG-Wohnen der Stadtverwaltung Münster (Anlage zur Vorlage an den Rat Nr. 572/93).

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1993d): Bevölkerungsentwicklung und Kleinräumige Bevölkerungsprognose 1993. Münster (Beiträge zur Statistik Nr. 60).

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1994a): Ergebnisse der kleinräumigen Bevölkerungsprognose - Entwicklung der Bevölkerung bis 2005. In: Statistischer Bericht Heft 1, S. 17 - 68.

STADT MÜNSTER (Hrsg. 1994b): Verkehrsmittelwahl und ÖPNV-Akzeptanz der Studierenden in Münster. Mit Beiträgen von Bernd Schulze-Waltrup (Teil A, S. 1-86) und Elke Willhaus (Teil B, S. 1-95). Münster ((Beiträge zur Stadtforschung Stadtentwicklung Stadtplanung 7/94).

STADTWERKE MÜNSTER GmbH (1991): Nahverkehrs-Konzept 2000. Münster.

STADTWERKE MÜNSTER GmbH (Hrsg. 1992): Expertise zur ÖPNV-Strategie im Rahmen des Verkehrskonzeptes der Stadt Münster unter Berücksichtigung von CO₂-Minderungszielen, durchgeführt von der Prognos AG, Basel (Bearb.: Mario Eland, Stephan Kritzing, Udo Becker). Münster.

STATISTISCHES BUNDESAMT: Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr, jährlich

ZEITBUDGET UND VERKEHRSTEILNAHME MÜNSTER 1994. Auswertung der Haushaltsbefragung. (Bearb.: HHS Harloff Hensel Stadtplanung Ingenieurgesellschaft mbH, Aachen (im Auftrag der Stadt Münster - Stadtplanungsamt). Aachen, Juni 1995 (Entwurf).

In der Reihe „Werkstattberichte zum Umweltschutz“ sind bisher folgende Titel erschienen:

Luftmeßkonzept	1/1988 (vergriffen)
Alllastenbericht, 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 Verdichtungs-	
räumen	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, Wasser-	
wirtschaft und Naturschutz	6/1990
Der Schutz des Hiltruper 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 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.

