



Energie- und Klimabilanz der Stadt Münster

Bilanzierung des Energieeinsatzes und der Treibhausgas-Emissionen
für das Jahr 2005

Münster, Mai 2007

Stadt Münster
Amt für Grünflächen und Umweltschutz
Albersloher Weg 33
48155 Münster

Bei Rückfragen wenden Sie sich an:
Birgit Wildt
wildtb@stadt-muenster.de

Energie- und Klimaschutzbilanz 2005 für die Stadt Münster

Die erste Energie- und Klimaschutzbilanz wurde für das Jahr 1990 im Endbericht des Beirates für Klima und Energie 1995 veröffentlicht und 1997 von der Koordinierungsstelle für Klima und Energie für das Jahr 1995 fortgeschrieben. Auf Grund des hohen Arbeitsaufwandes einer Bilanzierung, wurde 1998 beschlossen den fünf Jahreszyklus beizubehalten. Das Wuppertal-Institut wurde somit 2001 beauftragt die Bilanzierung für das Jahr 2000 aufzustellen und legte 2003 seinen Bericht vor.

Für das Jahr 2005 hat die Koordinierungsstelle für Klima und Energie die Systematik fortgeführt und entsprechend des methodischen Ansatzes des Beirates für Klima und Energie die Bilanz aufgestellt. Die vorliegende Energie- und Klimaschutzbilanz 2005 für die Stadt Münster gibt somit die Entwicklung der letzten fünfzehn Jahre wieder und stellt den Erfolgsstatus für die Erreichung des 1995 festgesetzten Klimaschutzzieles der 25 % CO₂-Reduzierung bis zum Jahr 2005 dar.

1 Emissionen im Energiesektor in Münster 1990 - 2005

Die Emissionen im Energiesektor lassen sich in drei wichtige Bereiche aufteilen:

- Niedertemperaturwärme zu Heizzwecken (Wohn-, Büro- und Dienstleistungsgebäude)
- Prozesswärme in Industrie- und Gewerbebetrieben sowie
- Stromeinsatz für Kraft, Licht und Kälte

Innerhalb dieser Bereiche können die Energieverbräuche nach den unterschiedlichen Energieträgern ausgewiesen werden, wodurch die Ergebnisse der Bilanz transparenter dargestellt und bewertet werden können. Mehr als zwei Drittel des Endenergieeinsatzes entfallen in den letzten 15 Jahren auf den Niedertemperaturbereich (2005 = 68 %), wobei die CO₂-Emissionen mit ca. 761.000 t im Jahr 2005 nur noch knapp 50 % der Emissionen im Energiesektor ausmachen während es 1990 noch fast 60% waren. Der Stromeinsatz mit 21 % sowie der Prozesswärmeanteil mit 11 % der Energieeinsätze wirken hier untergeordnet, jedoch entfallen 2005 auf den Stromeinsatz mit mehr als 600.000 t fast 40 % CO₂-Emissionen in Münster (1990 waren es noch 29,5%).

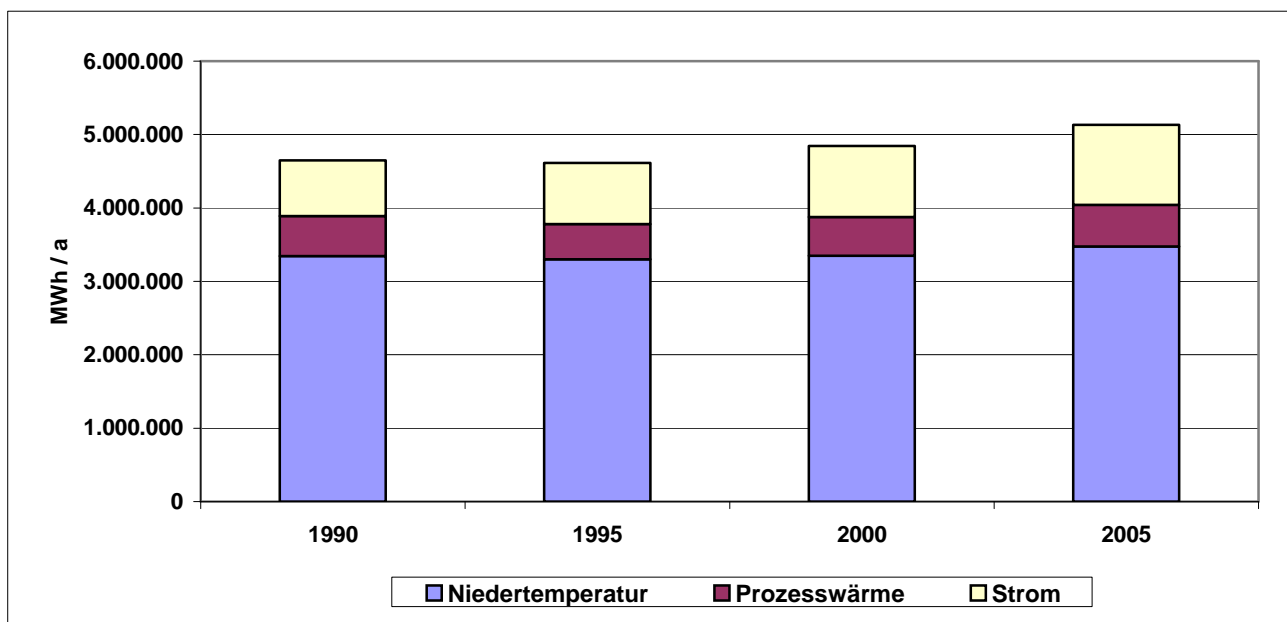
Tabelle 1: Endenergieeinsatz und CO₂-Emissionen im Energiesektor, 1990 bis 2005

Endenergie	Niedertemperatur- wärme (NTW) MWh/a	Prozess- wärme (PW) MWh/a	Strom (ohne NTW und PW) MWh/a	Gesamt MWh/a
1990	3.343.054	545.919	760.356	4.649.329
1995	3.298.795	483.077	833.176	4.615.048
2000	3.349.842	527.990	965.554	4.843.386
2005	3.473.891	568.487	1.089.479	5.131.857
1990 - 2005	3,9 %	4,1 %	43,3 %	10,4 %
CO₂	t/a	t/a	t/a	t/a
1990	955.439	197.522	483.586	1.636.548
1995	861.869	174.821	529.900	1.566.590
2000	848.606	165.507	560.021	1.569.134
2005	760.973	166.146	603.571	1.530.690
1990 - 2005	- 20,4 %	- 15,9 %	24,8 %	- 6,5 %

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, ist die Entwicklung des Endenergieeinsatzes und der CO₂-Emissionen in den drei Bereichen sehr unterschiedlich verlaufen. Von 1990 bis 1995 führt der deutliche Rückgang des Prozesswärmeeinsatzes und die leichte Verringerung bei der Niedertemperaturwärme insgesamt nur zu einem leichten Rückgang des Endenergieeinsatzes, da der steigende Stromeinsatz für Licht, Kraft, Kälte, etc. die Einsparungen im Wärmebereich kompensiert. Nach 1995 sind in allen drei Bereichen die Energieverbräuche stetig gestiegen, wobei die Niedertemperaturwärme nur leicht angestiegen ist und die Prozesswärme wie auch der Stromeinsatz deutlichere Steigerungen in den jeweiligen Fünfjahreszyklen aufweisen. Insgesamt ist von 1990 bis 2005 sowohl im Niedertemperatur- als auch im Prozesswärmebereich mit 3,9% bzw. 4,1% ein moderater Endenergiezuwachs zu verzeichnen. Der sehr starke Zuwachs im Stromsektor um mehr als 43% hat insgesamt zu einem Endenergiezuwachs von 10,4% geführt.

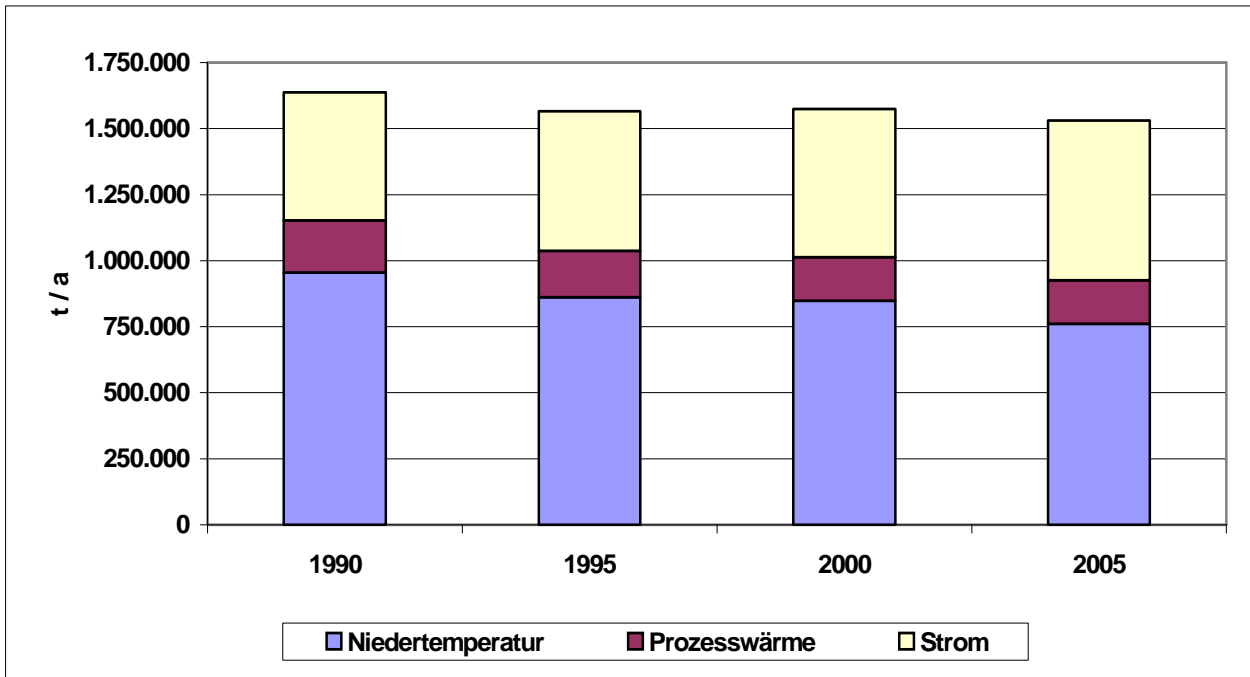
Abbildung 1: Endenergieeinsatz im Energiesektor, 1990 bis 2005



Trotz dieser Steigerung des Endenergieeinsatzes zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen für Münster mit einer Reduzierung um 6,5% ein positives Bild. Hauptgrund für diese Entwicklung sind die Veränderungen im Energieträgermix und in der Kraft- und Heizkraftwerksstruktur. Dabei ist der Energieträgermix vor allem durch den Ausbau des Gaseinsatzes zu Lasten von Heizöl und Kohle sowie die Verdrängung von Strom aus dem Wärmemarkt verändert worden. Zudem haben bundesweit geringere spezifische Emissionen beim Strombezug und die emissionsmindernde Strom- und Fernwärmeerzeugung in BHKW's und dem Heizkraftwerk der Stadtwerke durch einen stetig steigenden Erdgaseinsatz zu den deutlichen CO₂-Emissionsminderungen geführt.

Insgesamt sind sowohl im Niedertemperaturwärme- als auch im Prozesswärmebereich deutliche Einsparungen von 20,4% bzw. 15,9% festzustellen, während die Stromemissionen um fast 25% seit 1990 gestiegen sind und einen Großteil der Einsparungen in den beiden Wärmebereichen kompensiert haben.

Abbildung 2: CO₂-Emissionen im Energiesektor, 1990 bis 2005



Die einzelnen Effekte zur Entwicklung des Endenergieeinsatzes und der CO₂-Emissionen werden im Folgenden sektorweise erläutert.

Entwicklung im Niedertemperaturwärmebereich

Die Entwicklung des Niedertemperaturwärmemarktes in Münster ist seit 1990 durch gegenläufige Trends gekennzeichnet.

Einerseits sind die Energieträger Heizstrom, Öl und Kohle vor allem durch Erdgas substituiert worden, andererseits ist dadurch sowie durch die Umstellung des Heizwerkes der Universität von Kohle auf Erdgas in 2005 der Erdgasabsatz in Münster mit ca. 300.000 MWh nochmals deutlich angestiegen. Insgesamt hat diese Entwicklung zu einer deutlichen Reduzierung der CO₂-Emissionen beim Heizstrom, Öl und Kohle geführt, im Gegenzug sind natürlich die Emissionen beim Erdgas angestiegen.

Der bedeutendste Anteil am Einsparungserfolg im Niedertemperatursektor ist der Verbesserung der spezifischen Emissionsfaktoren für die Bereitstellung der Fernwärme in Münster zu zurechnen. Durch einen stetig steigenden Erdgasanteil im kohlebetriebenen Heizkraftwerk Hafen der Stadtwerke Münster GmbH ist der Emissionsfaktor für Fernwärme von 350 g/kWh im Jahr 1990 auf 258 g/kWh im Jahr 2000 reduziert worden. Seit November 2005 läuft das Heizkraftwerk am Hafen als modernes GuD-Heizkraftwerk (Gas- und Dampfdruck-Heizkraftwerk) ausschließlich mit Erdgas, wodurch sich der Emissionsfaktor für 2005 auf 104 g/kWh¹ verringert. Zudem wirkt sich hier auch die positive Entwicklung im Bereich der Blockheizkraftwerke in Münster aus, deren Zahl in den letzten fünfzehn Jahren alleine bei der Stadtwerke Münster GmbH auf mehr als 20 Anlagen mit einer Gesamtfeuerungsleistung von fast 28 MW angestiegen ist.

¹ Entsprechend der Systematik des Beirates für Klima und Energie wird für die Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme eine Stromgutschrift über die Substitution von Strom aus Steinkohle gefeuerten Mittellastkraftwerken von 925 g/kWh angesetzt.

Tabelle 2: Endenergieeinsatz und CO₂-Emissionen der Niedertemperaturwärmebereitstellung in Münster, 1990 bis 2005

Endenergie	Kohle / Sonstiges					Summe
	Heizstrom	Erdgas	Fernwärme	Öl	tiges	
	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
1990	172.725	1.548.022	589.003	1.007.782	25.522	3.343.054
1995	152.824	1.730.438	645.159	759.193	11.181	3.298.795
2000	115.425	1.773.107	644.106	809.815	7.389	3.349.842
2005	112.926	2.067.773	624.555	668.637	-	3.473.891
1990 – 2005	-34,6%	33,6%	6,0%	-33,7%	-	3,9%
CO ₂	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
1990	159.771	309.604	206.307	272.101	7.657	955.439
1995	141.362	346.088	166.083	204.982	3.354	861.869
2000	106.768	354.621	166.349	218.650	2.217	848.606
2005	104.457	413.555	64.837	178.125	-	760.973
1990 – 2005	-34,6%	33,6%	-68,6%	-34,5%	-	-20,4%

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

In den letzten fünfzehn Jahren ist der Endenergieeinsatz im Niedertemperaturwärmemarkt mit einer Steigerung von 3,9% bzw. etwas mehr als 130.000 MWh relativ konstant geblieben. Dies ist bei einer Zunahme der Wohnfläche in Münster von fast 20% (1,8 Mio. m²) seit 1990 nicht selbstverständlich. Bei fast gleichbleibender Einwohnerzahl ist ein Zuwachs von ca. 8.000 Wohngebäuden oder 22.000 Wohnungen zu verzeichnen, wodurch die Zahl der Personen pro Wohnung von 2,25 auf 1,93 sank. Trotz dieses starken Zuwachs an Wohngebäuden und beheizter Wohnfläche sowie der gestiegenen Zahl der Haushalte ist der Endenergieeinsatz für Heizzwecke nicht weitergestiegen. Damit wird deutlich, dass die Erfolge bei der Umsetzung energieeffizienter Neubauten sowie umfangreicher Energiesparmaßnahmen im Gebäudebestand in Münster Wirkung zeigen.

Tabelle 3: Entwicklung von Bevölkerung und Wohnungen in Münster zwischen 1990 und 2005

	1990	1995	2000	2005
Wohnberechtigte Bevölkerung	275.150	279.632	279.461	278.925
Wohngebäude	40.495	42.923	45.679	48.016
Wohnungen	122.405	130.906	139.060	144.160
Personen/Whg.	2,25	2,14	2,01	1,93
Wohnfläche (m ²) (LDS)	9.385.400	10.036.600	10.743.200	11.164.600

Quellen: Stadt Münster Statistische Jahresberichte 1990 und 2005, LDS Statistisches Jahrbuch NRW

Insgesamt konnte durch den Bau des GuD-Heizkraftwerkes der Stadtwerke Münster GmbH die seit 1995 anhaltende Reduzierung der CO₂-Emissionen im Niedertemperaturssektor nochmals deutlich verstärkt werden und von 12 % im Jahr 2000 nunmehr auf 20% gesteigert werden. In 2006 wird die Bilanz des Niedertemperaturmarktes in Münster nochmals wesentlich besser aussehen, da dann das GuD-Heizkraftwerk ganzjährig mit Erdgas befeuert wird (vgl. Tabelle 10).

Entwicklung im Prozesswärmebereich

Der Prozesswärmemarkt spielt in Münster mit ca. 10% der Energieeinsätze eine untergeordnete Rolle. Nach einem Rückgang des Energieeinsatzes um mehr als 10 % im Jahr 1995 ist ein kontinuierlicher Anstieg bis 2005 um rund 4% zu verzeichnen. Dem deutlichen Anstieg beim Erdgas von fast 26% stehen erhebliche Reduzierungen beim Heizöl und Strom entgegen. Insgesamt ist

ein CO₂-Emissionsrückgang im Prozesswärmemarkt von fast 16% in Münster seit 1990 zu verzeichnen.

Tabelle 4: Endenergieeinsatz / CO₂-Emissionen der Prozesswärmebereitstellung in Münster, 1990 bis 2005

Endenergie	Erdgas MWh/a	Öl MWh/a	Strom MWh/a	Summe PW MWh/a
1990	324.000	23.000	198.919	545.919
1995	286.077	21.000	176.000	483.077
2000	352.796	21.500	153.694	527.990
2005	407.930	15.260	145.297	568.487
1990 – 2005	25,9%	-33,7%	-27,0%	4,1%
CO₂	t/a	t/a	t/a	t/a
1990	64.800	6.210	126.512	197.522
1995	57.215	5.670	111.936	174.821
2000	70.559	5.805	89.142	165.507
2005	81.586	4.065	80.495	166.146
1990 – 2005	25,9%	-34,5%	-36,4%	-15,9%

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Entwicklung im Stromsektor

Der Stromeinsatz ist in Münster seit 1990 um mehr als 19% stetig gestiegen, wobei insbesondere zwischen den Jahren 2000 und 2005 nochmals mit über 100.000 MWh ein weiterer deutlicher Anstieg erfolgt ist. Der Zuwachs ist ausschließlich auf die mit über 40% steigende Nutzung von Strom für Licht/Kraft, EDV, etc. zurückzuführen. Der Stromeinsatz im Wärmebereich für Heizstrom und Prozessanwendungen ist dagegen deutlich gesenkt worden, da die Substitution von Strom vor allem durch Erdgas in diesen Bereichen seit Jahren sehr erfolgreich ist.

Tabelle 5: Stromeinsatz und CO₂-Emissionen 1990 bis 2005

Endenergie	Heizstrom (temp.-bereinigt) MWh/a	Prozesswärme Strom MWh/a	Licht/Kraft/ etc. MWh/a	Summe MWh/a
1990	172.725	198.919	760.356	1.132.000
1995	152.824	176.000	833.176	1.162.000
2000	115.425	153.694	965.554	1.234.673
2005	112.926	145.297	1.089.479	1.347.702
1990 - 2005	-34,6%	-27,0%	43,3%	19,1%
CO₂	t/a	t/a	t/a	t/a
1990	159.771	126.512	483.586	769.870
1995	141.362	111.936	529.900	783.198
2000	106.768	89.142	560.021	755.932
2005	104.457	80.495	603.571	788.522
1990 - 2005	-34,6%	-36,4%	24,8%	2,4%

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Die mit dem Stromeinsatz verbundenen CO₂-Emissionen sind seit 1990 insgesamt zwar nur leicht um 2,4% gestiegen, dafür sind jedoch ähnlich wie bei Energieeinsatz zwei gegenläufige Trends verantwortlich. Während auf der einen Seite die Emissionen im stromseitigen Wärmemarkt deutlich

reduziert werden konnten, stiegen die Emissionen der reinen Stromanwendung auf der anderen Seite im gleichen Maße.

Die abgeschwächte und moderate Entwicklung der CO₂-Emissionen für die Stromanwendungen ist durch die positive Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren bedingt. Während 1990 und 1995 der Emissionsfaktor des vom Vorlieferanten VEW bezogenen Stroms (636 g/kWh) verwendet wurde, ist seit der Liberalisierung des Strommarkts der Deutsche Strommix relevant, da immer größere Mengen zwischen den Versorgern frei gehandelt werden und die von den Stadtwerken bezogene elektrische Energie nicht mehr allein von einem Vorlieferanten kommt. Der Deutsche Strommix hat sich von 580 g/kWh in 2000 auf nunmehr 554 g/kWh in 2005 weiterhin verbessert und ist insgesamt seit 1990 um fast 13% gesunken. Diese Entwicklung hat dazugeführt, dass trotz eines Anstieges des Stromverbrauches für Licht/Kraft/etc. um 43,3% seit 1990, die CO₂-Emissionen „nur“ um fast 25% angestiegen sind.

In 2005 sind mit fast 201 Mio. kWh rund 16% des Stromabsatzes in Münster von der Stadtwerken Münster GmbH in eigenen Erzeugungsanlagen (Heizkraftwerk Hafen, BHKW's, Gasexpansionsanlage, Wasserkraft, etc.) hergestellt worden. Ab 2006 steigt durch den ganzjährigen Betrieb des GuD-Heizkraftwerkes am Hafen dieser Anteil mit 570 Mio. kWh auf fast 50% an.

2 Emissionen des Personenverkehrs in Münster 1990 - 2005

Entsprechend der Systematik und Abgrenzung des Beirates für Klima und Energie wird die Emissionsbilanz für den Personenverkehr ohne den Flug- und Güterverkehr erstellt. Der Grund für diese Abgrenzung liegt in der fehlenden Datentransparenz und der überwiegend überregionalen Bedeutung sowohl des Güter- als auch des Flugverkehrs für Münster. Jedoch werden somit der bundesweit deutlich ansteigende Güterverkehr sowie der ebenfalls dynamisch ansteigende Flugverkehr hiermit nicht berücksichtigt.

Der Personenverkehr verursacht 2005 mit insgesamt 556.000 t etwa 27 % der CO₂-Emissionen in Münster. Seit 1990 sind die CO₂-Emissionen des Personenverkehrs insgesamt um 36.400 t/a bzw. 6,1% verringert worden. Diese deutliche Reduktion trotz steigender Wegezahlen sowohl im Binnen- wie auch im Regionalverkehr ist vor allem auf die stetige Verbesserung der Emissionsfaktoren für die Kraftfahrzeugflotte um rund 20% zurückzuführen. Zudem ist durch den guten Modal Split im Umweltverbund (fast 60% für ÖPNV, Rad- und Fußverkehr) in Münster der Anteil der Kraftfahrzeuge mit knapp 40% sehr gering. Ausschlaggebend ist hier in erster Linie der hohe Radverkehrsanteil.

Tabelle 6: Emissionen des Personenverkehrs, 1990 bis 2005

CO ₂ in kt	1990	1995	2000	2005
Binnenverkehr				
MIV	149,1	139,6	137,5	134,4
ÖPNV	7,8	11,1	13,2	12,9
Summe Binnenverkehr	156,9	150,8	150,7	147,3
Regionalverkehr				
MIV	404,4	407,7	391,3	362,7
ÖPNV	4,2	4,3	5,5	5,6
Bahn	26,9	27,9	33,6	40,4
Summe Regionalverkehr	435,5	439,9	430,5	408,7
Gesamt	592,4	590,6	581,2	556,0
Änderung gegenüber 1990		-0,3%	-1,9%	-6,1%

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Betrachtet man die Werte im Einzelnen wird deutlich, dass sowohl im Binnenverkehr wie auch im Regionalverkehr die Reduzierung der Emissionen ausschließlich durch den Rückgang der Emissionen beim motorisierten Individualverkehr (MIV) erzielt worden sind. Selbst eine Steigerung der Wegezahlen um jeweils 10 % in beiden Bereichen ist durch die Einführung besserer Technik in den Kraftfahrzeugen seit 1990 und die damit verbundenen geringeren Verbräuche und Schadstoffausstöße kompensiert worden. Die deutliche Zunahme der Wege im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und bei der Bahn hat zudem einen weiteren Anstieg der MIV-Emissionen verhindert.

Tabelle 7: Spezifische Emissionsintensität des Personenverkehrs, 1990 bis 2005

	1990	1995	2000	2005
Zahl der Wege (in Mio.)				
Binnenverkehr	133,7	138,3	150,7	158,8
Regionalverkehr	91,1	94,7	100,7	104,2
Zusammen	224,8	233,0	251,4	263,0
CO₂-Emission pro Weg (kg/Weg)				
Binnenverkehr	1,17	1,09	1,00	0,93
Regionalverkehr	4,78	4,65	4,27	3,92
Zusammen	2,64	2,54	2,31	2,11
Zusammen Index (1990 = 1)	1,00	0,96	0,88	0,80

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Die detaillierte Entwicklung der durch den Personenverkehr bedingten Emissionen lässt sich aus Tabelle 7 nochmals deutlicher ablesen. Im Regionalverkehr sind 1990 rd. 91 Millionen Wege von und nach Münster zurückgelegt worden. Dabei dominiert der MIV mit 87 % der Wege, gefolgt vom Schienenpersonennahverkehr der Bahn mit gut 9 % der Wege. Auf die Busse entfallen weniger als 4 % aller Wege. Von 1990 bis 2005 ist hierbei eine weitere kontinuierliche Steigerung der zurückgelegten Wege um rd. 14 % auf mehr als 104 Mio. im Jahr 2005 zu verzeichnen. Bis 1995 hat dies zu einem Anstieg der CO₂-Emissionen im Regionalverkehr um rd. 1 % geführt. Dass dieser Anstieg deutlich unterhalb des Verkehrszuwachses liegt, ist bei gleich bleibendem Anteil der Verkehrsträger im Wesentlichen auf die gesunkenen Benzinverbräuche der PKW zurückzuführen, die bis 2005 noch stärker gesunken sind. Grund hierfür ist zudem der Anteilszuwachs von Bahn und ÖPNV auf zusammen 16,5 % der im Regionalverkehr zurückgelegten Wege. Zusammen mit den

weiter sinkenden Verbräuchen der PKW ist so der ungebrochene Trend steigenden Regionalverkehrs emissionsseitig kompensiert worden.

Im motorisierten Binnenverkehr² sind 1990 rd. 134 Millionen Wege zurückgelegt worden, wobei auch hier der MIV mit 85 % der Wege dominiert. Auch beim Binnenverkehr ist von 1990 bis 2005 eine stetige Steigerung der Mobilität um ca. 19 % auf nunmehr fast 159 Mio. Wege pro Jahr zu verzeichnen. Gleichzeitig sinken die spezifischen CO₂-Emissionen pro Weg im Binnenverkehr von 1,17 auf 0,93 kg pro Weg ab. Dies ist vor allem erreicht worden durch die gestiegene ÖPNV-Nutzung, die sich zwischen 1990 und 2005 fast verdoppelt und ihren Anteil an den motorisiert zurückgelegten Wegen von rd. 15 auf fast 21 % gesteigert hat. Daneben wirkt sich auch hier natürlich die deutliche Verbesserung der Kraftfahrzeugflotte durch den weiter sinkenden Verbrauch der PKW emissionsmindernd aus, da gerade zwischen 2000 und 2005 nochmals eine erhebliche Verbesserung der spezifischen CO₂-Emissionen beim MIV erreicht worden ist.

3 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Münster von 1990 bis 2005

Die Stadt Münster hatte sich 1995 verpflichtet die CO₂-Emissionen um 25% bezogen auf das Basisjahr 1990 bis zum Zieljahr 2005 zu reduzieren. Insgesamt eine große Herausforderung, die der Beirat für Klima und Energie in seinem Bericht 1995 für die Stadt detailliert aufbereitet hat und dabei mögliche Einsparpotentiale skizzierte. Das Jahr 1990 bildete mit 2.229 kt CO₂-Emissionen die Basis.

Im Folgenden soll die Entwicklung der CO₂-Emissionen in Münster zum einen übersichtlich dargestellt werden und zum anderen dabei auch verschiedenen Betrachtungsansätzen unterzogen werden wie der Einbeziehung des ganzjährigen Betriebes des GuD-Heizkraftwerkes am Hafen oder der Einsatz von erneuerbaren Energien im Stadtgebiet.

3.1 Ergebnisse der Energie- und Klimainventur 2005

Während in den ersten beiden Inventurzeiträumen bis 1995 und bis 2000 die CO₂-Emissionen in Münster nur um 3,2% bzw. 3,3% reduziert worden sind, ist bis 2005 durch die konsequente Fortführung der umfangreichen Klimaschutzmaßnahmen in Münster erstmals ein deutlicher Rückgang der CO₂-Emissionen um 6,4% erzielt worden.

Betrachtet man die Entwicklung der CO₂-Emissionen Münsters von 1990 bis 2005 im Detail (Tabelle 8), zeigt sich, dass sich hinter den insgesamt nur leichten Veränderungen wie in den vorherigen Klimainventuren weiterhin gegenläufige Entwicklungen verbergen.

Zunächst sind im Vergleich der Jahre 1990 bis 2005 drei Trends zu erkennen, die sich deutlich emissionssteigernd auswirken:

- Die erheblichen Zuwächse an Wohnungen und Wohnflächen im Stadtgebiet (+ 1,8 Mio. m² Wohnfläche) um fast 20% wirken sich im Bereich der Niedertemperaturwärme trotz vorbildlicher Energiestandards der Neubauten verbrauchssteigernd aus.

² Die zu Fuß und mit dem Fahrrad zurück gelegten Wege, die in Münster eine große Bedeutung haben, sind hier nicht mit berücksichtigt.

- Der Stromverbrauch für Beleuchtung, Kraft, Elektrogeräte und EDV ist in Münster bis 2005 um mehr als 40% stetig angestiegen. Die deutlich Zunahme an Wohnungen und Flächen sowie eine ständig zunehmende Ausstattung der Haushalte und Unternehmen, u.a. mit EDV, Telekommunikation oder Klimaanlage stellt – mit einem Zuwachs der jährlichen Emissionen um rd. 120.000 t CO₂ – die maßgebliche emissionssteigernde Einflussursache dar.
- Aber auch die Mobilität trägt mit einer Zunahme der Wegezahlen um insgesamt 17% (Binnen- und Regionalverkehr) zu einer weiteren Erhöhung der CO₂-Emissionen bei.

Tabelle 8: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Münster von 1990 bis 2005

CO ₂ in 1.000 t	Basis	1995	2000	2005	Ziel
	1990				2005
Energiebedingte Emissionen	1.637	1.567	1.574	1.531	1.228
- Raumwärme	955	862	849	761	-
- Prozesswärme	198	175	166	166	-
- Elektrizität	484	530	560	604	-
Personenverkehrsbedingte Emissionen	592	591	581	556	444
- Binnenverkehr	157	151	151	147	-
- Regionalverkehr	436	440	430	409	-
Gesamtemissionen	2.229	2.157	2.155	2.087	1.672
Prozentuale Änderung ggü. 1990		-3,2 %	-3,3 %	-6,4 %	- 25,0 %
Spezifische CO ₂ -Emissionen in t pro Einwohner	8,1	7,7	7,7	7,5	6,0
Prozentuale Änderung ggü. 1990		-4,8%	-4,8%	-7,6 %	- 26,0 %

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Bereits diese drei grundlegenden Trends (zunehmende Wohnflächen, steigender Stromverbrauch und zunehmender Verkehr) verursachen einen erheblichen Druck in Hinblick auf steigende CO₂-Emissionen in Münster. Die CO₂-Emissionen in Münster sind jedoch trotzdem zurückgegangen, dieser Effekt ist den zahlreichen Klimaschutzaktivitäten der Stadt aber auch positiven Einflüssen externer Entwicklungen zu verdanken:

- Die Emissionen der Niedertemperaturwärmeerzeugung sind trotz des erheblichen Flächenzuwachses insgesamt um 20,4 % verringert worden. Ausschlaggebend sind hier eine Vielzahl an Maßnahmen wie z.B.
 - ⇒ ein seit 1997 fast flächendeckender Niedrigenergiehaustandard bei Neubauten,
 - ⇒ hohe Anschlussquoten an die Nahwärme und Bau zahlreicher neuer BHKW,
 - ⇒ ein stetiger Ausbau des Erdgasnetzes und der Austausch von Nachtspeicherheizungen,
 - ⇒ die Förderung der Wärmedämmung von Altbauten seit 1997 und
 - ⇒ der Ausbau der regenerativen Energien,
 - ⇒ vor allem aber die deutliche Emissionsminderung durch den Neubau des Heizkraftwerkes.
- Im Bereich Verkehr ist insgesamt ein deutlicher Anstieg der Nutzung von Bus und Bahn zu verzeichnen. Zusammen mit sinkenden spezifischen Verbräuchen der PKW sind so die E-

missionen des Personenverkehrs zwischen 1990 und 2005 kontinuierlich um rd. 6,1% reduziert worden.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass der Vielzahl erfolgreicher Maßnahmen starke verbrauchsteigernden Trends entgegenstanden. Obwohl sich die CO₂-Emissionen in den beiden großen Bereichen der Wärmeversorgung und dem Personenverkehr um 20,4 bzw. 6,1% verringert haben, sind sie durch die stark ansteigenden Stromverbräuche zu mehr als der Hälfte kompensiert worden. Im Ergebnis bleibt die Emissionsminderung mit rd. 6,4% (bzw. 7,6% je Einwohner) gegenüber dem Jahr 1990 zwar deutlich hinter dem Gesamtziel zurück, ist jedoch auf Grund der deutlichen Steigerung im Vergleich zu den Vorjahren als Erfolg zu sehen.

Bilanz mit ganzjährigem Betrieb des GuD-Heizkraftwerkes

Seit November 2005 läuft das ehemals kohlebetriebene Heizkraftwerk Hafen der Stadtwerke Münster GmbH als modernes GuD-Heizkraftwerk (Gas- und Dampfdruck-Heizkraftwerk) ausschließlich mit Erdgas. Die Auswirkungen eines ganzjährigen Betriebes des Heizkraftwerkes auf die Energie- und Klimainventur 2005 werden im Folgenden beispielhaft für das Jahr 2005 dargestellt. Dabei wird der Ansatz des Beirates für Klima und Energie fortgeschrieben, in dem aufgrund der Lastcharakteristik der Kraftwärmekopplungsanlagen (KWK-Anlagen) wie beim Heizstrom der typische Emissionsfaktor eines Steinkohle gefeuerten Mittellastkraftwerks von 925 g/kWh für die Stromgutschrift des im Heizkraftwerk erzeugten Stromes angesetzt wird. Über die sogenannte Gutschriftenmethode wird dabei der Emissionsfaktor für die Fernwärme in Münster berechnet. Dieser Ansatz ist in den Bilanzierungen der vergangenen Jahre methodisch fortgeführt worden und führt zu folgendem Ergebnis.

Tabelle 9: Emissionen der Fern- und Nahwärmebereitstellung 1990 bis 2005 (nicht temperaturbereinigt)

		1990	1995	2000	2005	2005 GUD
Stromabgabe	In MWh	162.600	122.800	145.800	174.700	570.000
Fernwärmeeinsatz (real)	in MWh	550.000	653.000	578.000	593.000	593.000
CO ₂ -Emissionen	in t	192.569	167.758	149.374	61.511	-245.986
	in g/kWh	350	257	258	104	-415
Davon:						
- Eigenerzeugung Uni	in t	54.000	59.627	30.550	21.769	21.769
	in g/kWh	409	409	409	409	409
- Erzeugung Stadtwerke	in t	138.569	108.295	118.824	39.742	-267.755
	in g/kWh	331	213	236	74	-496

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Die aus der Fern- und Nahwärmeverwendung resultierenden Emissionen gehen im Laufe der Jahre 1990 bis 2000 von fast 193.000 auf 150.000 t CO₂ zurück, obwohl der Fernwärmeeinsatz im gleichen Zeitraum um 28.000 MWh angestiegen ist. Die Gründe für diese Entwicklung sind vor allem die zunehmende Umstellung von Kohle- auf Erdgasfeuerung im alten Heizkraftwerk der Stadtwerke Münster, die stetig steigende Strom- und Wärmeerzeugung durch BHKW sowie die sinkende Auslastung des Heizkraftwerkes der Uni. Hierdurch sind die spezifischen Emissionen der Fernwärmebereitstellung bereits bis 2000 von 350 g/kWh auf 258 g/kWh reduziert worden. Im Jahr

2005 verringert sich durch den zweimonatigen Betrieb des erdgasbetriebenen GuD-Heizkraftwerkes und der steigenden Stromerzeugung der Emissionsfaktor weiter auf 104 g/kWh³.

Setzt man nun an, dass das GuD-Heizkraftwerk ganzjährig in Betrieb ist und die Stromerzeugung wie geplant auf 570.000 MWh/a bei gleichbleibender Wärmeabgabe erhöht wird, kann der spezifische Emissionsfaktor der Fernwärme in Münster sogar auf - 415 g/kWh sinken (Tabelle 9). Bei Ansatz der Bilanzierung für das Jahr 2005 wird mit 437.000 t eine CO₂-Reduzierung von mehr als 50% im Raumwärmebereich erzielt. Insgesamt ergibt sich durch diesen Effekt für die Energie- und Klimabilanz der Stadt Münster eine CO₂-Reduzierung von 20,9 % bezogen auf 1990 (Variante 1-GuD 2005).

Tabelle 10: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Münster von 1990 bis 2005 mit Varianten GuD 2005

CO ₂ in 1.000 t	Basis 1990	1995	2000	2005	1-GuD 2005	2-GuD 2005
Energiebedingte Emissionen	1.637	1.567	1.574	1.531	1.207	1.440
- Raumwärme	955	862	849	761	437	670
- Prozesswärme	198	175	166	166	166	166
- Elektrizität	484	530	560	604	604	604
Personenverkehrsbedingte Emissionen	592	591	581	556	556	556
- Binnenverkehr	157	151	151	147	147	147
- Regionalverkehr	436	440	430	409	409	409
Gesamtemissionen	2.229	2.157	2.155	2.087	1.763	1.996
Prozentuale Änderung ggü. 1990		-3,2 %	-3,3 %	-6,4 %	- 20,9%	- 10,5 %
Spez. CO ₂ -Emissionen in t pro Einwohner	8,1	7,7	7,7	7,5	6,3	7,2
Prozentuale Änderung ggü. 1990		-4,8%	-4,8%	-7,6 %	- 22,0 %	- 11,7 %

Quellen: Beirat für Klima und Energie 1990, Wuppertal Institut 2000, Stadt Münster 1995 + 2005

Man muss sich jedoch die Frage stellen, in wie weit der Ansatz des Beirates für Klima und Energie für die Berechnung einer Stromgutschrift über die Substitution von Strom aus Steinkohle gefeuerten Mittellastkraftwerken auf Grund der ehemals vergleichbaren Lastcharakteristika heute unter Berücksichtigung eines modernen GuD-Heizkraftwerkes noch zeitgemäß ist. Das GuD-Heizkraftwerk der Stadtwerke Münster läuft dauerhaft mit einer hohen Auslastung und erzeugt 50% des Strombedarfes der Stadt. Somit wird durchschnittlicher Strom auf dem deutschen Strommarkt verdrängt, für den der spezifische Bundesdurchschnitt von 554 g/kWh angesetzt werden müsste. Unter Berücksichtigung dieses Ansatzes ergibt sich die in der Tabelle 10 dargestellte Variante 2-GuD 2005 mit einem CO₂-Ausstoß von 670.000 t CO₂ im Raumwärmebereich und einer CO₂-Reduzierung von insgesamt 10,5 % für Münster. Die CO₂-Emissionen in den Bereichen Prozesswärme und Strom bleiben unverändert, da hier der spezifische Emissionsfaktor für Fernwärme nicht zum Tragen kommt.

³ Entsprechend der Systematik des Beirates für Klima und Energie wird für die Berechnung der spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme eine Stromgutschrift über die Substitution von Strom aus Steinkohle gefeuerten Mittellastkraftwerken von 925 g/kWh angesetzt.

3.2 Erneuerbare Energien in Münster

In den vergangenen Bilanzierungen ist die Nutzung erneuerbarer Energie nicht berücksichtigt worden. Aufgrund des deutlichen Zuwachses in diesem Bereich soll für das Jahr 2005 in einer kurzen Übersicht die Bedeutung der erneuerbarer Energie in Münster dargestellt werden. Durch intensive Förderung der erneuerbaren Energien durch Bundes-, Landes- oder auch kommunale Fördermittel (Stadtwerke Münster) ist die Anzahl der Anlagen in den letzten fünfzehn Jahren stark angestiegen. Die Nutzung erneuerbarer Energien ist dabei sowohl für den Wärme- als auch für den Strommarkt von Bedeutung.

Tabelle 11: Erneuerbare Energien im Wärmemarkt 2005 in Münster

Wärmemarkt 2005		kWh/a
Solaranlagen		4.372.400
Solarkollektoren	8.840 qm	4.066.400
Solarabsorber	1.800 qm	306.000
Reg. Beheizung		1.137.500
Holzpellet	35 Gebäude	437.500
Erdwärme	40 Gebäude	500.000
Holz hackschnitzel	80 kW	200.000
Biomasse (KWK-Anlagen)		25.710.230
Stadtwerke Münster		
- Biogas incl. Klär-/Deponiegas -	-	17.235.000
Landwirtschaft	4 Anlagen	8.475.230
Summe		31.220.130
Anteil am Wärmemarkt		0,9%

Quellen: Stadtwerke Münster und Stadt Münster 2005

Im Wärmemarkt gibt es in Münster beispielsweise 8.840 qm Solarkollektor, 4 landwirtschaftliche Biogasanlagen oder 35 Wohngebäude mit Holzpelletbeheizung. Insgesamt werden im Jahr 2005 durch erneuerbare Energie 31.220 MWh/a Wärme erzeugt und damit fast 1% des Wärmemarktes in Münster abgedeckt. Die CO₂-Einsparung beträgt bei Ansatz eines mittleren Emissionsfaktors von 219 g/kWh für die Raumwärme in Münster 6.837 t pro Jahr (0,9% des Wärmemarktes).

Tabelle 12: Erneuerbare Energien im Strommarkt 2005 in Münster

Strommarkt 2005		kWh/a
Solarstromanlagen	3.232 kW	2.585.600
Windkraft	20.050 kW	21.052.500
Wasserkraft	110 kW	239.800
Stadtwerke Münster		
- Biogas incl. Klär-/Deponiegas -	-	13.657.345
Landwirtschaft	4 Anlagen	7.741.988
Summe		45.277.233
Anteil am Strommarkt		4,2 %

Quellen: Stadtwerke Münster und Stadt Münster 2005

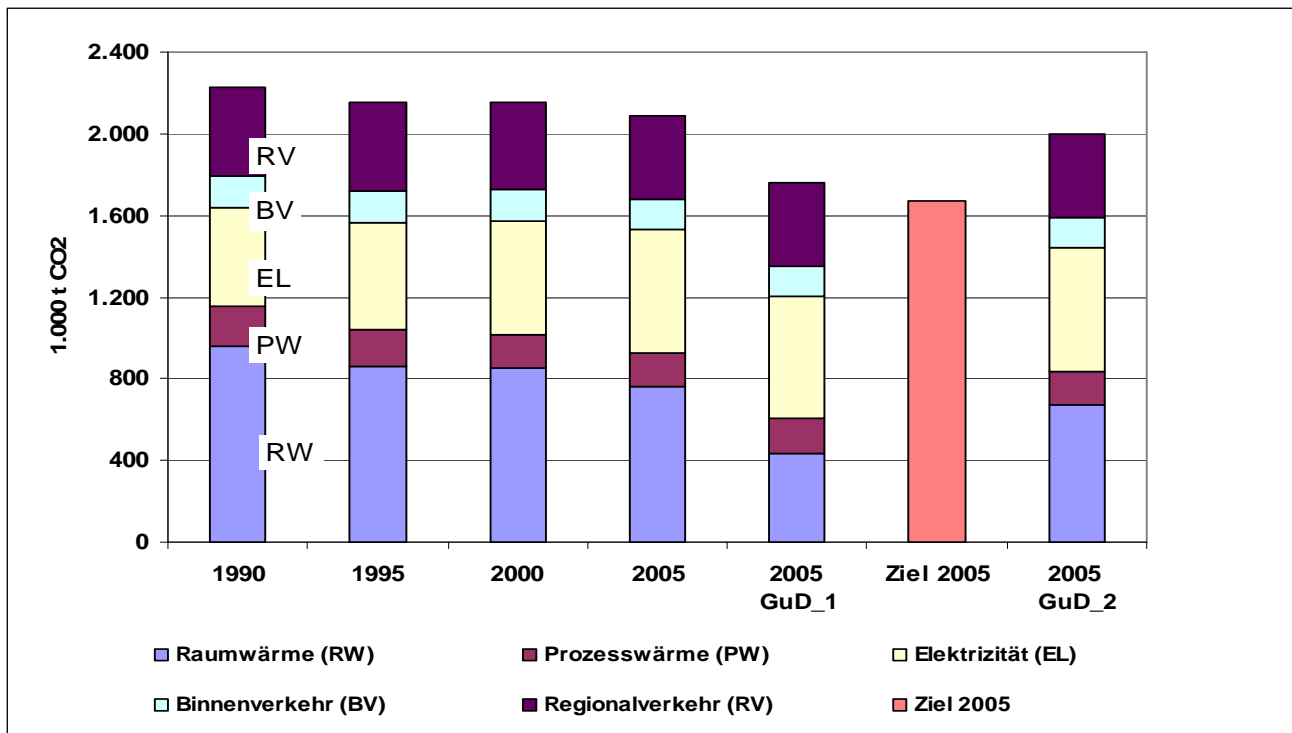
Im Strommarkt übernehmen die erneuerbaren Energien mittlerweile einen Anteil von 4,2%. Hier sind insbesondere der Ausbau der Windkraftanlagen sowie die Biomassenutzung aus Kraftwärmekopplungsanlagen durch die Stadtwerke Münster ein wichtiger Bestandteil. Aber auch die Vielzahl an Solarstromanlagen in Münster mit insgesamt 3.232 kW Leistung und einer Stromerzeugung von mehr als 2,5 Mio. kWh/a übernehmen einen wichtigen Anteil. Insgesamt werden fast 25.100 t CO₂ pro Jahr im Stromsektor vermieden.

3.3 Fazit

Das Ergebnis der Energie- Klimaschutzbilanz 2005 kann in drei Varianten dargestellt werden, da unter Berücksichtigung der verschiedenen Ansätze (vgl. Tabelle 10) sehr unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden:

1. Bei der Bilanzierung des Jahres 2005 wird trotz deutlich steigendem Stromverbrauch eine CO₂-Einsparung von 6,4% erreicht, die insgesamt als durchaus erfolgreich bezeichnet werden kann.
2. Führt man den Ansatz des Beirates für Klima und Energie konsequent fort, würde eine CO₂-Einsparung von ca. 21% erreicht (Variante1 GuD 2005).
3. Berücksichtigt man einen ganzjährigen Betrieb des GuD-Heizkraftwerkes für das Jahr 2005 (Variante2 GuD 2005) so verbessert sich die CO₂-Bilanz für Münster auf 10,5% CO₂-Einsparung gegenüber 1990.

Abbildung 3: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Münster, 1990 bis 2005



Weitere Anstrengungen sind jedoch auch für die von der Deutschen Umwelthilfe prämierte „Bundeshauptstadt im Klimaschutz“ notwendig, um einerseits das 1995 gesetzte Ziel der 25% CO₂-Reduzierung bis 2005 weiter zu verfolgen und andererseits das gemäß Mitgliederversammlung des Klima-Bündnis e.V. vom Mai 2006 gesetzte Ziel einer Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen bis 2030 zu erreichen (vgl. Tabelle 10: in 1990 sind es noch 8,1 t CO₂ pro Einwohner in Münster und bis 2005 ist eine Reduzierung auf bis zu 6,3 t CO₂ pro Einwohner möglich). Langfristig streben die Klima-Bündnis-Städte und Gemeinden eine Verminderung ihrer CO₂-Emissionen auf ein nachhaltiges Niveau von 2,5 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Einwohner und Jahr durch Energiesparen, Energieeffizienz und durch die Nutzung erneuerbarer Energien an.

Neben der CO₂-Bilanzierung über die Verbräuche (Energie und Verkehr) wird im folgenden eine weitere Betrachtung über das vom Beirat für Klima und Energie 1995 ermittelte Einsparpotential in den vier verschiedenen Handlungsfeldern in Höhe von 540 kt CO₂ angefügt. Durch die Einsparpotentiale wäre in Münster eine CO₂-Reduzierung von 23,9% möglich gewesen. In der Energie- und Klimabilanz für das Jahr 2000 sind diese Einsparpotentiale durch das Wuppertal Institut überprüft und verifiziert worden. Im Rahmen der Energie- und Klimabilanz 2005 sind sie dann soweit möglich fortgeschrieben worden (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Umsetzungsstand der Empfehlungen des Beirats für Klima und Energie – Übersicht

Bereich	CO ₂ -Emissionsminderung			
	Zielsetzung		Davon 2002 umgesetzt	Davon 2005*) umgesetzt
	in 1.000 t	in % (vs. 1990)	in 1.000 t	In 1.000 t
B Bauen und Wohnen (Dämmung, Heizung, Solar)	185	-8,2%	15	20
T Tertiärer Sektor (Stromeinsparung und –substitution)	66	-2,9 %	27	27
U Umwandlungsbereich (Erdgas, GuD, BHKW, erneuerbare Energien)	253	-11,2%	5	330
V Verkehrsbereich (Verkehrsvermeidung und –verlagerung)	36	-1,6 %	n.q.	n.q.
Summe der quantifizierten Maßnahmen	540	-23,9%	47	372

*) Fortschreibung der Werte des Wuppertal Institutes aus 2002

Quelle: Stadt Münster 2005, Wuppertal Institut 2003

Insgesamt, so zeigt die Tabelle 13, sind von den vom Beirat quantifizierten CO₂-Minderungen bis 2002 nur ein kleiner Teil (mit 47 kt CO₂ weniger als 9 %) tatsächlich erreicht worden, dagegen ist in 2005 nunmehr ein deutlicher Erfolg festzustellen.

Im Bereich Bauen und Wohnen sind in 2005 weitere Umsetzungserfolge erzielt worden, jedoch wird das (vom Beirat zu hoch angesetzte) Altbauenergieeffizienzziel mit der Sanierung aller Altbauten bis 2005 nicht erreicht. Ebenso ist die umgesetzte CO₂-Minderung im Tertiären Sektor von 27.000 t/a CO₂ ein sehr gutes Ergebnis, obwohl auch hier nur 40 % des vom Beirat angesetzten Ziels (66.000 t/a) realisiert worden sind und für 2005 keine zusätzlichen Erhebungen stattgefunden haben.

Im Umwandlungsbereich ist insbesondere durch den Neubau des Heizkraftwerkes und den Einsatz von Blockheizkraftwerken durch die Stadtwerke Münster mit einer CO₂-Minderung in Höhe von insgesamt ca. 270.000 t/a etwa 50 % des vom Beirat angesetzten CO₂-Minderungspotentiales erreicht worden. Hinzu kommen noch weitere rd. 32.000 t/a Emissionsminderungen durch die Nutzung erneuerbarer Energien wie Wind, Solar und Biomasse, die in den Beiratsempfehlungen nicht enthalten waren. Somit werden insgesamt rd. 372.000 Tonnen CO₂ jährlich eingespart, was fast 70% des vom Beirat angesetzten Minderungsziels bzw. einer CO₂-Reduzierung von fast 17% bezogen auf den gesamten CO₂-Ausstoß von 1990 in Höhe von 2.229 kt entspricht.

3.4 Ausblick

Trotz der guten Erfolge bis 2005 besteht für Münster der Bedarf für die kommende Dekade bis 2015 oder entsprechend dem Bundesziel bis 2020 ein aktuelles Klimaschutzziel zu erarbeiten und ein neues Handlungsprogramm aufzustellen.

Das Klima-Bündnis plant seit Jahren eine Vereinheitlichung der CO₂-Bilanzierung der Mitgliedsgemeinden und wird in diesem Jahr den Auftrag für die Entwicklung eines EDV-Programmes ver-

geben. Der Berechnungsansatz für die CO₂-Bilanzierung in Münster wird sich damit in Zukunft sicherlich verändern, jedoch ist angestrebt dafür eine jährliche Bilanzierung mit deutlich weniger Aufwand durchzuführen. Die Bilanzierung ist aber nur ein Hilfsmittel für die Bewertung der Einsparerfolge.