

Basisdaten zur CO₂-Minderung im Land Bremen

Auftraggeber: Freie Hansestadt Bremen
Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa
Ansgaritorstr. 2
28195 Bremen

Auftragnehmer: Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) gGmbH
Altenkesslerstr. 17 (Geb. A1)
66115 Saarbrücken

Unterauftrag: Dr. Hans-Joachim Ziesing
Fasanenstr. 62
10719 Berlin

bearbeitet von:

Prof. Dr. Uwe Leprich (IZES) (Projektleitung)

Dr. Uwe Klann (IZES)

Dr. Hans-Joachim Ziesing

Saarbrücken und Berlin 14.08.2008

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
2	Analyse des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen im Land Bremen	14
2.1	Vorbemerkung	14
2.2	Die Entwicklung des Energieverbrauchs	15
2.2.1	Primärenergieverbrauch	15
2.2.2	Endenergieverbrauch.....	20
2.2.2.1	Endenergieverbrauch nach Sektoren.....	20
2.2.2.2	Endenergieverbrauch nach Energieträgern.....	27
2.2.2.3	Der Endenergieverbrauch nach Sektoren und Nutzungszwecken 1990 und 2005.....	31
2.2.3	Entwicklung von Stromerzeugung und Stromverbrauch.....	34
2.2.3.1	Eine Momentaufnahme für 2005.....	34
2.2.3.2	Elektrizitätswirtschaftliche Entwicklung von 1990 bis 2005.....	36
2.3	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen.....	42
2.3.1	Vorbemerkungen.....	42
2.3.2	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen nach der Quellenbilanzierung	43
2.3.2.1	Entwicklung nach Sektoren und Energieträgern.....	43
2.3.2.2	Bereinigung der CO ₂ -Quellenbilanz	47
2.3.3	Die Entwicklung der CO ₂ -Emissionen nach der Verursacherbilanzierung 49	
2.3.3.1	Ermittlung der spezifischen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme	49
2.3.3.2	Entwicklung der endenergiebezogenen CO ₂ -Emissionen.....	52
3	Quantifizierung der CO ₂ -Minderungseffekte eines Maßnahmenkatalogs für den Zeitraum bis 2010	55
3.1	Einleitung	55
3.1.1	Aufgabenstellung	55
3.1.2	Methodische Vorbemerkungen.....	55
3.2	Handlungsfeld I – Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	58
3.2.1	Maßnahme I-1 „Windkraftausbau“	58
3.2.2	Maßnahme I-2: Neubau des Wasserkraftwerks am Weserwehr Bremen.	60
3.2.3	Maßnahme I-3 Photovoltaik.....	61

3.2.4 Übersicht über Handlungsfeld I „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“	62
3.3 Handlungsfeld II: Kraft-Wärme-Kopplung / Abwärmenutzung.....	67
3.3.1 Maßnahme II-1 Neubau eines Mittelkalorikkraftwerks	67
Beschreibung der Maßnahme:	67
3.3.2 Maßnahme II-2 Fernwärmeanbindung Überseestadt	69
3.3.3 Überblick über Handlungsfeld II	73
3.4 Handlungsfeld III: „Flächenplanung Neubau“	74
3.4.1 Maßnahme III-1 „Modellprojekte energiesparendes Bauen“	74
3.5 Handlungsfeld IV: „Energetische Sanierung des Gebäudebestandes“	76
3.5.1 Maßnahme IV-1 „Förderprogramm „Wärmeschutz im Wohngebäudebestand“	76
3.5.2 Maßnahme IV-2 „Förderprogramm ‚Ersatz von Elektroheizungen‘“	78
3.5.3 Maßnahme IV-3 „Modellprojekt des Sozialen Wohnungsbaus im Mietwohnbestand“	83
3.5.4 Überblick über das Handlungsfeld IV	86
3.6 Handlungsfeld V: Öffentliche Gebäude.....	88
3.6.1 Maßnahme V-1 „Nutzerbedingte Energieeinsparungen durch Anreizmodelle (Ausdehnung ¾-Projekt)“	88
3.6.2 Maßnahme V-2 „Verstärkte Nutzung des Energieeinspar-Contractings für öffentliche Gebäude“	91
3.6.3 Maßnahme V-3 „Modellprojekte in dem Programm Investitionspakt Bund-Länder-Kommunen“	92
3.6.4 Maßnahme V-4: „Modellprojekte mit hohem energetischem Standard“	95
3.6.5 Maßnahme V-5 „Bezug für Ökostrom für öffentliche Gebäude Bremens“	96
3.6.6 Maßnahme V-6 „Einsatz von LED-Ampeln“	98
3.6.7 Überblick über das Handlungsfeld V	98
3.7 Handlungsfeld VI. Industrie/Gewerbe	101
3.7.1 Maßnahme VI-1 REN-Förderprogramme Sparsame und rationelle Energienutzung und -umwandlung (REN)	101
3.8 Handlungsfeld VII. Öffentlichkeitsarbeit / Internationales	104
3.8.1 Maßnahme VII-1 Klimaneutraler Ausgleich der CO ₂ -Auswirkungen von Dienstreisen	104

3.9 Die CO ₂ -Reduktionen Ende des Jahres 2010 im Überblick	106
Literaturverzeichnis	111
Anhang	114
A1. In Kapitel 3 verwendete CO ₂ -Emissionsfaktoren	114

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1 Entwicklung der Struktur des Primärenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005	18
Tabelle 2-2 Struktur des Endenergieverbrauchs im verarbeitenden Gewerbe in Bremen im Jahr 2005	21
Tabelle 2-3 Entwicklung von Niveau und Struktur des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Sektoren	22
Tabelle 2-4 Indizierte Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Sektoren	23
Tabelle 2-5 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Energieträgern	27
Tabelle 2-6 Indizierte Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Energieträgern	28
Tabelle 2-7 Energieverbrauch in den Endenergiesektoren in Bremen in den Jahren 1990 und 2005 nach Energieträgern.....	29
Tabelle 2-8 Energieträgerstrukturen in den Endenergiesektoren in Bremen in den Jahren 1990 und 2005 nach Energieträgern	30
Tabelle 2-9 Absoluter Endenergieverbrauch in Bremen nach Sektoren und Anwendungsbereichen 1990 und 2005	33
Tabelle 2-10 Struktur des Endenergieverbrauch in Bremen nach Sektoren und Anwendungsbereichen 1990 und 2005	34
Tabelle 2-11 Leistung und Belastung der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung in Bremen am 3. Mittwoch im Dezember 2005	35
Tabelle 2-12 Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung in den Kraftwerken der allgemeinen Versorgung in Bremen im Jahr 2005	36
Tabelle 2-13 Entwicklung von Stromerzeugung und Stromverbrauch in Bremen von 1990 bis 2005	37
Tabelle 2-14 Entwicklung des Endenergieverbrauchs Strom in Bremen von 1990 bis 2005 nach Sektoren	38
Tabelle 2-15 Entwicklung des Brennstoffeinsatzes zur Stromerzeugung in Bremen von 1990 bis 2005 nach Energieträgern	40
Tabelle 2-16 Beitrag der erneuerbaren Energien in Bremen zur Stromerzeugung ...	41
Tabelle 2-17 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in Bremen 1990, 1995, 2000 und 2005 nach Sektoren (Quellenbilanz)	44
Tabelle 2-18 Entwicklung der sektoralen Struktur der CO ₂ -Emissionen in Bremen 1990, 1995, 2000 und 2005 (Quellenbilanz)	45

Tabelle 2-19 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in Bremen 1990 und 2005 nach Sektoren und Energieträgern(Quellenbilanz)	46
Tabelle 2-20 Bereinigung der Ursprungswerte der CO ₂ -Emissionen in Bremen 1990, und 2005 um die Bremen nicht zurechenbaren Emissionsquellen (Quellenbilanz)	48
Tabelle 2-21 Für die Ermittlung der Verursacherbilanzen verwendeten spezifischen CO ₂ -Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme in der Stadt Bremen und Bremrhaven für 1990 und 2005	50
Tabelle 2-22 CO ₂ -Emissionen in Bremen: Verursacherbilanzen für 1990 und 2005 nach Sektoren	53
Tabelle 2-23 CO ₂ -Emissionen in Bremen: Verursacherbilanzen für 1990 und 2005 mit bremenspezifischen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme nach Energieträgern.....	54
Tabelle 3-1 Erwarteter Ertrag des Ende eines Jahres errichteten Gesamtbestands an Windkraftanlagen (in MWh/a)	58
Tabelle 3-2 Jährliche CO ₂ -Reduktion durch den Bestand am Ende des jeweiligen Jahres (in t/a)	59
Tabelle 3-3 Jährliche CO ₂ -Reduktionen im Jahr 2010 durch den Zubau von Windkraftanlagen ab dem 01.01.2006 (in t/a).....	60
Tabelle 3-4 Jährliche CO ₂ -Reduktionen im Jahr 2010 durch den Zubau von Windkraftanlagen ab dem 01.01.2006 (CO ₂ -Reduktionen im Land Bremen 2006-2010 ohne Bürgerwindpark Bremerhaven = 100)	60
Tabelle 3-5 Erwarteter Ertrag des Ende eines Jahres errichteten Gesamtbestands bzw. des Zubaus an Photovoltaikanlagen in einem Zeitraum (in MWh/a).....	61
Tabelle 3-6 CO ₂ -Reduktionen im Jahr 2010 durch den Zubau an Photovoltaikanlagen (in t/a).....	62
Tabelle 3-7 Anteile der jährlichen CO ₂ -Reduktionen nach Zeitraum und Gebietskörperschaft (Land Bremen 2006-2010 entspricht 100).....	62
Tabelle 3-8 Ende des Jahres 2010 durch die Maßnahmen "Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien" resultierende jährlich eingesparte CO ₂ -Emissionen (in t/a)	63
Tabelle 3-9 Anteile der Gebietskörperschaften und Maßnahmen an den Ende des Jahres 2010 im Land Bremen durch das Handlungsfeld "Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien" jährlich eingesparten CO ₂ -Emissionen (in %)	64
Tabelle 3-10 Überblick über die jährlichen CO ₂ -Reduktionen im Jahr 2010 durch das Handlungsfeld II (in t/a; alle Reduktion im Zeitraum 2008-2010)	73
Tabelle 3-11: Überblick über die Grunddaten zu den Gebäuden	74
Tabelle 3-12: Berechnung der eingesparten CO ₂ -Emissionen.....	75

Tabelle 3-13	Berechnung der CO ₂ -Reduktion pro Verringerung des Transmissionswärmeverlustes um eine MWh.....	77
Tabelle 3-14	CO ₂ -Reduktionen durch das Förderprogramm "Wärmeschutz im Gebäudebestand" im Jahr 2010 nach Zeitraum und Gebietskörperschaft (in t/a)	78
Tabelle 3-15	Umgestellte Wohneinheiten nach Gebietskörperschaft, Gebäude und Art der Umstellung in den Jahren 2006 und 2007	78
Tabelle 3-16	Berechnung der CO ₂ -Emissionen der umgestellten Wohneinheiten vor der Umstellung (brutto eingesparte Emissionen - Emissionen vor der Umstellung 2006/2007).....	80
Tabelle 3-17	CO ₂ -Emissionen nach den Umstellungen 2006/2007 nach Energieträger, Heizsystem und Gebäudetyp	81
Tabelle 3-18	Durch die Umstellungen 2006/2007 vermiedene CO ₂ -Emissionen (in t/a)	82
Tabelle 3-19	Die jährliche CO ₂ -Reduktion durch die Umstellung von Elektroheizungen nach Teilperioden und Gebietskörperschaften (in t/a)	83
Tabelle 3-20	Verteilung der geförderten Wohnungen in m ² Wohnfläche nach Standards, Gebietskörperschaften und Zeitraum	84
Tabelle 3-21	Der Endenergiebedarf für Raumwärme für die verschiedenen Sanierungsstandards	85
Tabelle 3-22	Berechnungen des CO ₂ -Emissionsfaktors pro MWh Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser	85
Tabelle 3-23	Durch Maßnahme IV.1 jährlich eingesparte CO ₂ -Emissionen (in t/a) ..	86
Tabelle 3-24	Überblick über die 2010 resultierenden jährlichen CO ₂ -Reduktionen durch das Handlungsfeld IV "Energetische Sanierung" (in t/a)	87
Tabelle 3-25	Überblick über die Anteile der 2010 resultierenden jährlichen CO ₂ -Reduktionen durch Maßnahmebündel IV "Energetische Sanierung" (Reduktion im Land Bremen 2006-2010 = 100).....	87
Tabelle 3-26	Durch Einführung des Anreizprogramms in 50 Kindertagesstätten zwischen 2008 und 2010 eingesparte Endenergie und CO ₂ -Reduktion (in t/a)	90
Tabelle 3-27	Durch das Anreizmodell im Jahr 2010 eingesparte CO ₂ -Emissionen nach Objektart, Zeitraum der Einführung und Gebietskörperschaft (in t/a).....	90
Tabelle 3-28	Mengengerüst für die Maßnahme V-2.....	91
Tabelle 3-29	jährliche CO ₂ -Reduktion (in t/a) in der Stadt Bremen durch Maßnahme V-2 nach Endenergieverbrauch und Zeit des Vertragsabschlusses	92
Tabelle 3-30	Berechnung der CO ₂ -Reduktion für die beiden Projekte der Maßnahme V-3-1	94

Tabelle 3-31 Die jährliche CO ₂ -Reduktion in der Stadt Bremen im Jahr 2010 durch die Maßnahme V-3 nach Energieträger und Standard (in t/a)	95
Tabelle 3-32 Berechnung der CO ₂ -Reduktion durch Maßnahme V-4	96
Tabelle 3-33 Im Jahr 2010 durch Aktivitäten im Handlungsfeld V zwischen 2006 und 2010 (bzw. 2008-2010) jährlich eingesparte CO ₂ -Emissionen (in t/a).....	99
Tabelle 3-34 Anteile an den im Jahr 2010 durch Aktivitäten im Handlungsfeld V zwischen 2006 und 2010 jährlich eingesparten CO ₂ -Emissionen (in % der Reduktion im Land Bremen 2006-2010 ohne Varianten)	100
Tabelle 3-35 Veränderung des Endenergieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen durch Maßnahme VI in den vergangenen Jahren nach Energieträger	102
Tabelle 3-36 Berechnung der CO ₂ -Reduktion pro eingesetztem Euro Fördermittel	103
Tabelle 3-37 Jährliche CO ₂ -Reduktionen im Jahr 2010 durch das REN-Förderprogramm nach Gebietskörperschaften und Zeiträume (in t/a).....	103
Tabelle 3-38 Jährliche CO ₂ -Reduktion in Abhängigkeit von der Alternativenwahl und einem Nachweis der Reduktion im Jahr 2010	105
Tabelle 3-39 Die jährliche CO ₂ -Reduktion im Jahr 2010 durch die Maßnahmen in den Jahren 2006-2010 (in t/a).....	107
Tabelle 3-40 Die jährliche CO ₂ -Reduktion im Jahr 2010 durch die Maßnahmen in den Jahren 2006-2010 (in %, bezogen auf die gesamte Reduktion im Land Bremen ohne Varianten: 203.825 t/a)	108
Tabelle 3-41 Die jährliche CO ₂ -Reduktion im Jahr 2010 durch die Handlungsfelder in den Jahren 2008-2010 (in t/a).....	109
Tabelle 3-42 Anteil der Reduktionen von 2008-2010 an denen von 2006-2010 nach Handlungsfeldern (in%, ohne Varianten).....	110

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs sowie der Gradtagzahlen in Bremen von 1990 bis 2005	16
Abbildung 2-2	Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch und Energieproduktivität im Land Bremen von 1990 bis 2005	16
Abbildung 2-3	Energieproduktivität in Bremen und im gesamten Bundesgebiet von 1990 bis 2005	17
Abbildung 2-4	Struktur des Primärenergieverbrauchs in Bremen nach Energieträgern im Jahr 2005	19
Abbildung 2-5	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Primärenergieverbrauchs im Land Bremen	20
Abbildung 2-6	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Endenergieverbrauchs im Land Bremen	24
Abbildung 2-7	Abweichungen der effektiven Gradtagzahlen vom langjährigen Mittel in Bremen von 1990 bis 2007	25
Abbildung 2-8	Energieverbrauch im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ im Land Bremen: Ursprungswerte und temperaturbereinigte Werte von 1990 bis 2005	25
Abbildung 2-9	Energieverbrauch im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ in der Stadt Bremen: Ursprungswerte und temperaturbereinigte Werte von 1990 bis 2005	26
Abbildung 2-10	Energieverbrauch im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ in der Stadt Bremerhaven: Ursprungswerte und temperaturbereinigte Werte von 1990 bis 2005	26
Abbildung 2-11	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Bruttostromverbrauchs im Land Bremen	39
Abbildung 2-12	Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen der CO ₂ -Emissionen (Quellenbilanz) im Land Bremen	47
Abbildung 3-1	Die CO ₂ -Reduktion durch den Ausbau erneuerbarer Energien nach Zeiträumen und Gebietskörperschaften (in t/a)	65
Abbildung 3-2	Die CO ₂ -Reduktion durch den Ausbau erneuerbarer Energien in kg pro Einwohner und Jahr nach Subperioden und Gebietskörperschaften (in kg/(a*Einwohner))	65
Abbildung 3-3	Wärmelastgang des "Kaffeequartiers" (Auszug aus der Berechnung mit BHKW-Plan)	71
Abbildung 3-4	Wärmelastgang des "Weserquartiers" (Auszug aus der Berechnung mit BHKW-Plan)	72

Abbildung 3-5 Anteile einzelner Maßnahmen (in %) an der jährlichen CO₂-
Reduktion im land Bremen im Jahr 2010 (ohne Varianten) 108

1 Einleitung

Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa der Freien Hansestadt Bremen benötigt für die gezielte Weiterentwicklung seines Klimaschutzprogramms Basisdaten und Wirkungsanalysen zur CO₂-Minderung im Land Bremen. Dabei ist zum ersten eine Übersicht über die CO₂-Emissionen des Landes Bremen erforderlich, um eine genaue Vorstellung des Zustandes, der wesentlichen Emittenten und der Entwicklung zu erhalten. Zum zweiten sind die gegenwärtig vorgeschlagenen Maßnahmen im Bereich des Klimaschutzes abzuschätzen, um ihre Bedeutung für Bremen einordnen zu können. Hierdurch wird eine Grundlage für eine Zustandsanalyse und Weiterentwicklung der Bremer Klimaschutzbemühungen geschaffen. Das ist das vorrangige Ziel dieser Untersuchung. Eine Bewertung des Maßnahmenbündels insgesamt, seine Weiterentwicklung oder die Diskussion einer umfassenden bremischen Klimaschutzstrategie war mit dieser Untersuchung nicht verbunden.

Gegenstand dieser Untersuchung ist vielmehr eine Berechnung und Analyse der CO₂-Emissionen im Land Bremen, der Stadt Bremen und der Stadt Bremerhaven. Da CO₂-Emissionen fast ausschließlich durch den Verbrauch von Energieträgern entstehen, ist dafür eine genaue Analyse der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs erforderlich. Eine solche Analyse des bremischen Energiesystems und der CO₂-Emissionen ist der Inhalt des ersten Teils (Kapitel 2).

Der zweite Teil besteht in einer Abschätzung der CO₂-Minderungseffekte von Maßnahmen des Landes Bremen, seiner beiden Stadtgemeinden sowie weiterer Handlungsträger auf Landes- und kommunaler Ebene (Kapitel 3). In der Abschätzung werden zwar Bilanzwerte verwendet, schon um soweit möglich Inkonsistenzen zu vermeiden. Diese genügen aber nicht für eine Abschätzung, so dass regelmäßig auf weitere Daten zurückgegriffen werden musste. Insofern sind die beiden Teile unabhängig voneinander und können auch unabhängig voneinander gelesen werden.

Sachlich allerdings erfordert eine Diskussion der Klimaschutzpolitik, beide Teile parallel zu betrachten. Erst durch den Zustand und die ergriffenen Maßnahmen können realistische Ziele und weitere oder verstärkte Maßnahmen, um diese zu erreichen, entwickelt werden. Hierzu hofft diese Untersuchung eine Hilfe zu geben und dadurch einen Beitrag zu den notwendigen Reduktionen der Treibhausgasemissionen in Bremen zu leisten.

2 Analyse des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen im Land Bremen

2.1 Vorbemerkung

In diesem Abschnitt soll die Entwicklung von Niveau und Struktur des Energieverbrauchs wie der CO₂-Emissionen im Land Bremen dargestellt und - soweit es das Datenmaterial zulässt – analysiert werden. Dabei ist grundsätzlich zwischen der Stadt Bremen und Bremerhaven zu unterscheiden. Auftragsgemäß geht es vorrangig um eine Gegenüberstellung der zu untersuchenden Merkmale für die Jahre 1990 und 2005. Zusätzliche Informationen werden aber auch mit Blick auf den Entwicklungsverlauf von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen innerhalb der Periode von 1990 bis 2005 auf der Grundlage entsprechender Zeitreihen bereitgestellt.

Die wichtigsten Datenquellen sind die

- Energiebilanzen des Statistischen Landesamtes Bremen für alle Jahre von 1990 bis 2005 in spezifischen Einheiten und in Terajoule für das Land Bremen, die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven;
- CO₂-Bilanzen (Quell- und Verursacherbilanzen) des Statistischen Landesamtes Bremen für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2005 für das Land Bremen, die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven;
- Angaben des Statistischen Landesamtes Bremen zur demographischen und ökonomischen Entwicklung im Land Bremen;
- Angaben der swb AG zur Strom- und Fernwärmeerzeugung, zum Brennstoffeinsatz sowie zu den CO₂-Emissionen in den Kraftwerken des Unternehmens;
- Daten der UTEC zu Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Bremen;

Ausdrücklich sei an dieser Stelle den Datenlieferanten für ihr ungewöhnlich hohes Maß an Kooperations- und Informationsbereitschaft gedankt. Ohne diese Hilfe hätten die folgenden Abschnitte nicht geschrieben werden können.

In Abschnitt 2.2 wird zunächst auf der Grundlage der Energiebilanzen für Bremen ein genereller Überblick über die Entwicklung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen nach Energieträgern und Sektoren gegeben.

Abschnitt 2.3 widmet sich einer näheren Analyse der Veränderungen relevanter Verbrauchs- und Emissionswerte zwischen den beiden Referenzjahren 1990 und 2005.

Daneben sollen die Besonderheiten der Bremer Situation berücksichtigt werden, die darin begründet sind, dass in Bremen Unternehmen und Betriebe angesiedelt sind, die zwar vorrangig für außerbremische Regionen produzieren, aber in einem außerordentlich hohen Maße das Niveau des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen im Land bestimmen. Dabei handelt es sich vor allem um

- das Kraftwerk Farge der E.on AG, das zwar in Bremen (Stadt) angesiedelt ist, aber ausschließlich für außerbremische Kunden Strom erzeugt;
- die Stahlwerke Bremen in Stadt Bremen), die ebenfalls fast ausschließlich für die außerbremische Nachfrage produzieren;
- die Bahnstromerzeugung in den Blöcken 1, 2 und 3 der swb AG, die im Wesentlichen den Bedarf der Deutschen Bahn AG außerhalb Bremens deckt.

Auf der anderen Seite ist natürlich nicht zu übersehen, dass die Produktenbezüge der Verbraucher in Bremen umgekehrt in anderen Regionen entsprechende Energieverbrauchsmengen und Emissionen verursachen. Eine Saldierung beider Effekte, d.h. ein Gegeneinanderrechnen der jeweiligen „grauen“ Energie- und Emissionsmengen dürfte allerdings ohne erheblichen Zeit- und Kostenaufwand (abgesehen von dabei zu lösenden methodischen Problemen) nicht möglich sein.

2.2 Die Entwicklung des Energieverbrauchs

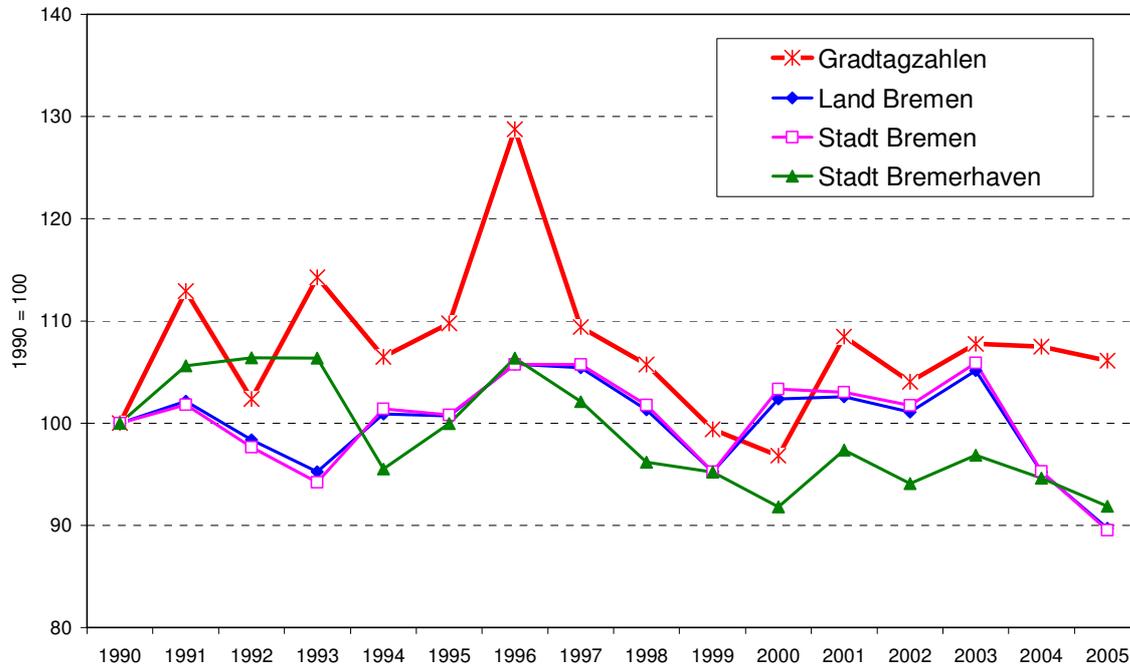
2.2.1 Primärenergieverbrauch

Von 1990 bis 2005 hat sich der Primärenergieverbrauch im Land Bremen von 162,3 Petajoule (PJ) auf 145,6 PJ bzw. um rund 11 % vermindert. Dabei handelt es sich allerdings nicht um eine stetige Entwicklung, vielmehr ist der Verlauf durch ausgeprägte Schwankungen gekennzeichnet, die teilweise auch auf Witterungseinflüsse zurückzuführen sind, wie **Abbildung 2-1** in der Tendenz erkennen lässt. Allerdings ist damit der besonders auffällige Rückgang des Primärenergieverbrauchs von 2003 auf 2005 nicht zu erklären. Wie noch zu zeigen sein wird, schlägt sich darin vor allem die kräftige Minderung des Endenergieverbrauchs im Bereich der Stahlindustrie nieder: Hier war der Verbrauch wegen der vorübergehenden Stilllegung eines Hochofens im Jahr 2005 mit knapp 33,8 PJ gegenüber 57,6 PJ im Jahr 2003 um rund 40 % niedriger.

Statistisch hat sich mit dem Verbrauchsrückgang der beiden Jahre 2004 und 2005 die gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität im Land Bremen bei noch leicht wachsendem Bruttoinlandsprodukt nahezu drastisch erhöht, wie **Abbildung 2-2** zeigt. Bezogen auf den gesamten Zeitraum von 1990 bis 2005 hat sich die Energieproduktivität damit im Jahresdurchschnitt um 1,8 % erhöht bei einem gesamtwirtschaftlichen Wachstum im Mittel dieser Periode um 1,1 %.

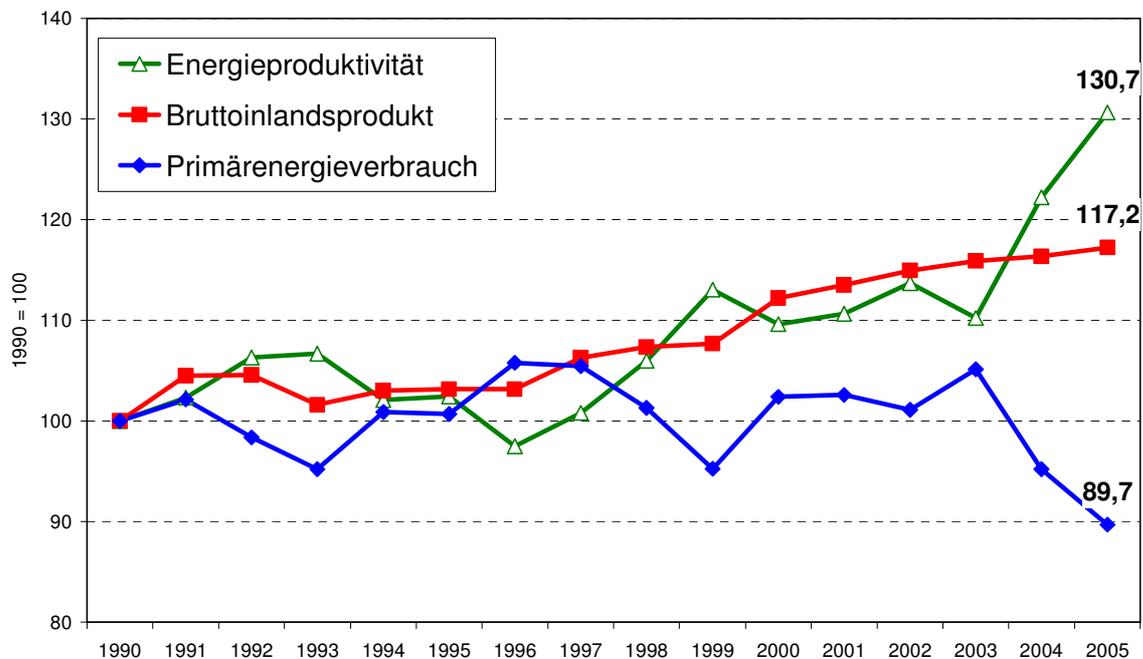
Im Vergleich zum gesamten Bundesgebiet – dort stieg die Energieproduktivität in diesem Zeitraum um 1,7 % - hat sich die Energieproduktivität in Bremen geringfügig stärker erhöht. Absolut gesehen lag sie zuletzt in Bremen um knapp 7 % über dem Bundesdurchschnitt (vgl. **Tabelle 2-3**)

Abbildung 2-1 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs sowie der Gradtagzahlen in Bremen von 1990 bis 2005



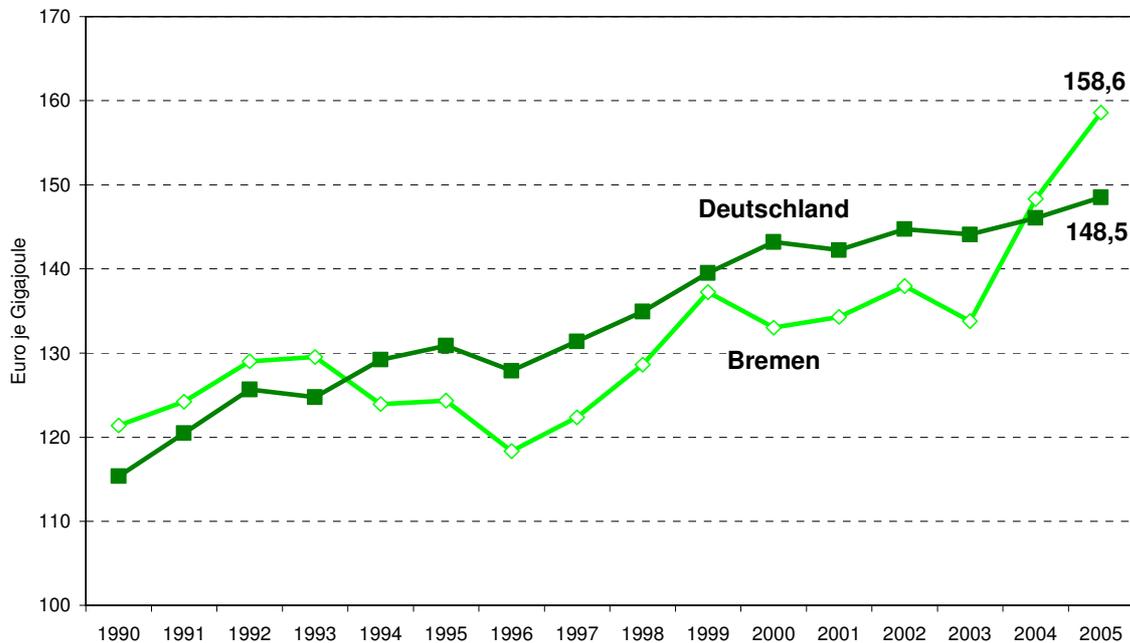
Quellen: Statistisches Landesamt; Deutscher Wetterdienst; eigene Berechnungen.

Abbildung 2-2 Entwicklung von Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch und Energieproduktivität im Land Bremen von 1990 bis 2005



Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Abbildung 2-3 Energieproduktivität in Bremen und im gesamten Bundesgebiet von 1990 bis 2005



Quellen: Statistisches Bundesamt; Statistisches Landesamt Bremen; AG Energiebilanzen; eigene Berechnungen.

Innerhalb Bremens dominiert die Stadt Bremen die energiewirtschaftliche Entwicklung; ihr Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch im Land Bremen bewegte sich in den vergangenen Jahren durchweg zwischen 91 und 92 %.

Die Struktur des Primärenergieverbrauchs unterscheidet sich zwischen den beiden Landesteilen recht deutlich: Da der Umwandlungssektor (Strom- und Fernwärmeerzeugung) in der Stadt Bremerhaven eine wesentlich geringere Rolle als in der Stadt Bremen spielt, ist hier der Anteil von Verbrauch und Verlusten im Umwandlungssektor mit weniger als 20 % erheblich niedriger als in der Stadt Bremen mit dortigen Anteilen von zuletzt einem Drittel. In der Stadt Bremerhaven gehen damit rund 80 % des Primärenergieverbrauchs in die Endenergiesektoren, während es in der Stadt Bremen lediglich etwa zwei Drittel sind. Der nichtenergetische Verbrauch fällt in beiden Gebieten mit Anteilen von 1-2 % kaum ins Gewicht (**Tabelle 2-1**).

Die Struktur des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern ist im Land Bremen durch die Dominanz der Steinkohlen gekennzeichnet. Von 1990 hat sich deren Anteil von rund 45 % um fast 10 Prozentpunkte auf 54 % im Jahr 2005 erhöht. Ursache hierfür ist einerseits die kohlenbasierte Stahlerzeugung sowie andererseits der hohe Anteil der Kohle an der Stromerzeugung. Wegen des entsprechenden Standortbezugs bewirkt dies, dass in der Stadt Bremen auf die Steinkohle sogar fast 60 % des Primärenergieverbrauchs entfallen, während in der Stadt Bremerhaven die Steinkohle gar nicht und die Braunkohle (wie in der Stadt Bremen) nur marginal vorkommen. Mineralöle und Erdgas tragen im Land Bremen wie (leicht niedriger) in der Stadt Bremen jeweils mit etwa 21-22 % zur Deckung der Primärenergienachfrage bei; in der Stadt Bremerhaven waren es beim Mineralöl im Jahr 2005 knapp

36 % (immerhin knapp 16 Prozentpunkte weniger als 1990) und beim Erdgas nahezu 24 %. Außerdem leisten die erneuerbaren Energien in Bremerhaven mit einem Anteil von fast 17 % im Jahr 2005 (Stadt Bremen: knapp 3 %) einen beachtlichen Versorgungsbeitrag, wobei der weit überwiegende Anteil auf den biogenen Anteil an der energetischen Müllverwertung entfällt.

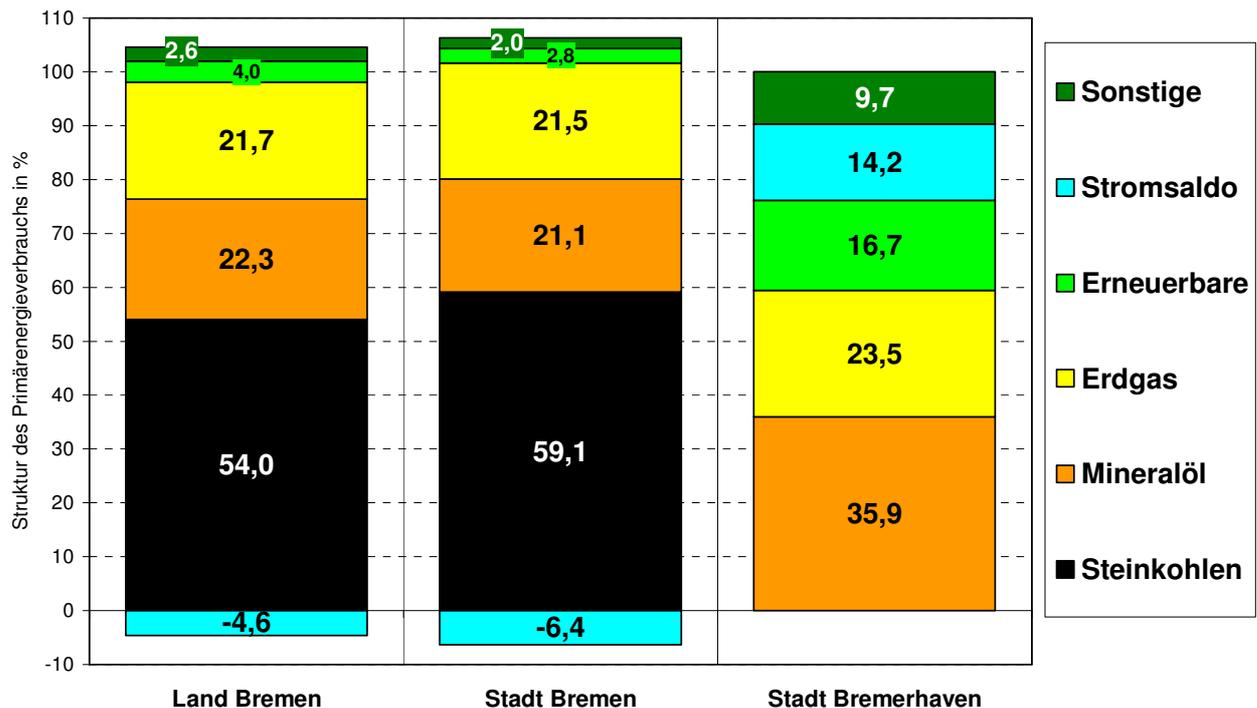
Tabelle 2-1 Entwicklung der Struktur des Primärenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005

	Einheit	1990	1995	2000	2005
Land Bremen					
Primärenergieverbrauch		162,3	163,5	166,2	145,6
Verbrauch/Verluste im Umwandlungssektor	TJ	42,5	40,7	41,1	46,9
Nichtenergetischer Verbrauch		1,6	1,7	1,4	1,4
Endenergieverbrauch		118,3	121,1	123,6	97,3
Anteil am Primärenergieverbrauch					
Verbrauch/Verluste im Umwandlungssektor		26,2	24,9	24,8	32,2
Nichtenergetischer Verbrauch	%	1,0	1,0	0,8	0,9
Endenergieverbrauch		72,9	74,1	74,4	66,8
Stadt Bremen					
Primärenergieverbrauch		148,7	149,9	153,7	133,1
Verbrauch/Verluste im Umwandlungssektor	TJ	40,3	38,2	38,7	44,7
Nichtenergetischer Verbrauch		1,3	1,4	1,1	1,1
Endenergieverbrauch		107,2	110,3	113,9	87,3
Anteil am Primärenergieverbrauch					
Verbrauch/Verluste im Umwandlungssektor		27,1	25,5	25,1	33,6
Nichtenergetischer Verbrauch	%	0,9	0,9	0,7	0,8
Endenergieverbrauch		72,1	73,6	74,1	65,6
Stadt Bremerhaven					
Primärenergieverbrauch		13,6	13,6	12,5	12,5
Verbrauch/Verluste im Umwandlungssektor	TJ	2,2	2,5	2,5	2,2
Nichtenergetischer Verbrauch		0,3	0,3	0,3	0,3
Endenergieverbrauch		11,1	10,8	9,7	10,0
Anteil am Primärenergieverbrauch					
Verbrauch/Verluste im Umwandlungssektor		16,2	18,1	19,9	17,7
Nichtenergetischer Verbrauch	%	2,3	2,3	2,2	2,2
Endenergieverbrauch		81,5	79,6	77,9	80,1
Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.					

Während in der Stadt Bremen der zunehmende Stromliefersaldo das Niveau des Primärenergieverbrauchs mindert (um 6,4 % im Jahr 2005), beruht der Primärener-

gieverbrauch Bremerhavens mit einem Anteil von reichlich 14 % im Jahr 2005 (gegenüber etwa 10 % im Jahr 1990) auf den saldierten Strombezügen.

Abbildung 2-4 Struktur des Primärenergieverbrauchs in Bremen nach Energieträgern im Jahr 2005



Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

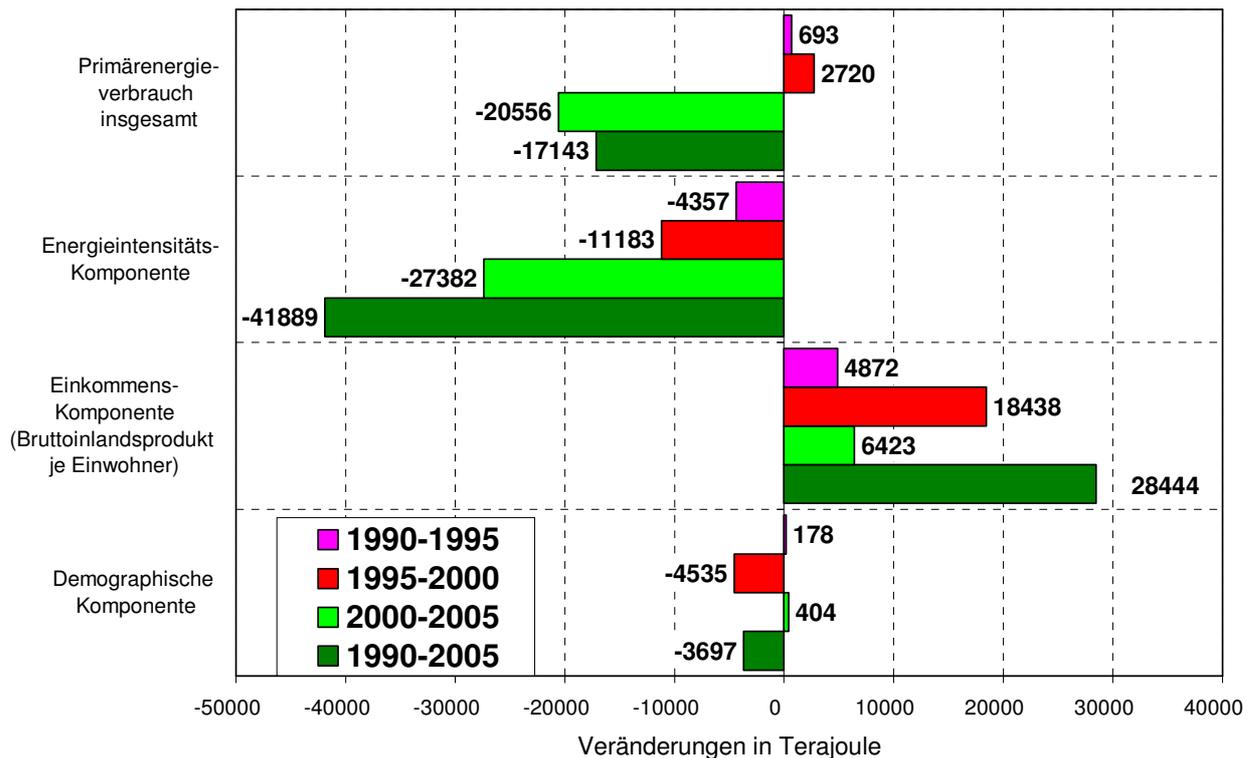
Mit Hilfe der Komponentenzersetzung lassen sich die wesentlichen Einflüsse auf die Veränderungen des Primärenergieverbrauchs zeigen. Dabei wurde untersucht, in welchem Maße die Veränderungen des Primärenergieverbrauchs in der Gesamtperiode von 1990 bis 2005 sowie in den jeweiligen Fünfjahresperioden auf Veränderungen

- der Bevölkerung (demographische Komponente),
 - des Bruttoinlandsprodukts je Einwohner (Einkommenskomponente) und
 - der gesamtwirtschaftlichen Energieintensität (Energieintensitäts-Komponente)
- zurückgeführt werden können. Mangels geeigneter Daten zum gesamtwirtschaftlichen Wachstum in den beiden Stadtgebieten beschränkt sich diese Analyse auf das Land Bremen.

Im gesamten Zeitraum 1990 bis 2005 übertrafen die den Verbrauch mindernden Effekte der sinkenden Energieintensität (gleichbedeutend mit steigender Energieproduktivität) die den Verbrauchs erhöhenden Wirkungen vor allem der wachsenden Wirtschaftsleistung pro Kopf (Einkommenskomponente). Bezogen auf die einzelnen Fünfjahresperioden trifft dies allerdings ausschließlich auf das letzte Jahr, also die Periode 2000-2005 zu. In den Vorperioden waren die verbrauchser-

höhenden Wirkungen des Einkommenseffektes stets höher als der verbrauchsmindernde Effizienzeffekt. Insgesamt hatte die demographische Komponente nur einen sehr begrenzten Einfluss auf die Änderungen des Primärenergieverbrauchs.

Abbildung 2-5 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Primärenergieverbrauchs im Land Bremen



2.2.2 Endenergieverbrauch

2.2.2.1 Endenergieverbrauch nach Sektoren

Stärker noch als der Primärenergieverbrauch ist die Endenergienachfrage im Land Bremen innerhalb der Periode 1990 bis 2005 zurückgegangen: Im Jahr 2005 war sie um nahezu 18 % niedriger als 1990; in der Stadt Bremen fiel die Minderung noch etwas stärker aus, während sie in Bremerhaven lediglich rund 19 % betrug. Wie weiter oben schon erwähnt, ist die Hauptursache dieser Entwicklung in dem auf den starken Einbruch in der Stahlindustrie von 2003 bis 2005 zu suchen. Dagegen hat sich der Endenergieverbrauch in den übrigen Sektoren des verarbeitenden Gewerbes landesweit im Vergleich der Jahre 2005 mit 1990 leicht (um 2 %) erhöht und in Bremerhaven hat er sogar um etwa die Hälfte (52 %) zugelegt. Nur in der Stadt Bremen war er 2005 niedriger als 1990, wenn auch mit etwa 3 % verhältnismäßig moderat.

Die dominierende Rolle der Stahlindustrie (in der Nomenklatur der Wirtschaftszweige „Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen“) innerhalb des verarbeitenden Gewerbes wird auch aus **Tabelle 2-2** ersichtlich. Danach entfiel auf diesen

Wirtschaftszweig trotz des starken Verbrauchsrückgangs gegenüber den Vorjahren im Jahr 2005 noch immer ein Anteil reichlich drei Vierteln im Land und von fast 80 % in der Stadt Bremen. Als wichtige Endenergieverbraucher im verarbeitenden Gewerbe folgen in der Stadt Bremen der Wirtschaftszweig „Ernährungsgewerbe, Tabakverarbeitung“ mit einem Anteil von knapp 11 % und der „Fahrzeugbau (ohne Schiffbau)“ mit 5,5 %. Im Unterschied zur Stadt Bremen rangieren in Bremerhaven der Wirtschaftszweig „Ernährungsgewerbe, Tabakverarbeitung“ mit fast 40 % und der Bereich „Glasg., Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ mit fast 29 % weit an der Spitze, mit Abstand gefolgt vom Schiffbau mit rund 15 %

Tabelle 2-2 Struktur des Endenergieverbrauchs im verarbeitenden Gewerbe in Bremen im Jahr 2005

	Land Bremen	Stadt Bremen	Bremerhaven	Land Bremen	Stadt Bremen	Bremerhaven
	Endenergieverbrauch in TJ			Sektoralstruktur in %		
Ernährungsgewerbe, Tabakverarbeitung	5206	4646	560	11,8	10,8	39,5
Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	42	41	1	0,1	0,1	0,1
Papiergewerbe	39	39	0	0,1	0,1	0,0
Verlagsgewerbe, Druckgewerbe	82	66	15	0,2	0,2	1,1
Chemische Industrie	211	187	23	0,5	0,4	1,7
Herstellung von Gummi und Kunststoffwaren	80	23	57	0,2	0,1	4,0
Glasg., Keramik, Verarb. von Steinen und Erden	1180	773	407	2,7	1,8	28,8
Erzeug. v. Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	33860	33860	0	76,4	78,9	0,0
Übrige Metallerzeugung und -bearbeitung	22	15	6	0,0	0,0	0,5
Herstellung von Metallerzeugnissen	160	113	46	0,4	0,3	3,3
Maschinenbau	192	189	3	0,4	0,4	0,2
Medizin-, Mess-, Steuer- u. Regelungstechn., Optik	39	35	3	0,1	0,1	0,2
Fahrzeugbau (ohne Schiffbau)	2377	2377	0	5,4	5,5	0,0
Schiffbau	284	74	210	0,6	0,2	14,8
Sonstige Wirtschaftszweige	532	449	83	1,2	1,0	5,9
Verarbeitendes Gewerbe insgesamt	44305	42889	1416	100,0	100,0	100,0

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Einzelheiten zu Entwicklung und Struktur des sektoralen Endenergieverbrauchs gehen aus **Tabelle 2-3** und **Tabelle 2-4** hervor. Tatsächlich ist die Stahlindustrie für sich genommen der bedeutendste (energieverbrauchende) Einzelsektor im Land Bremen. Mit ihrem Endenergieverbrauchsanteil von rund 35 % (2005) übertrifft sie sogar noch den gesamten Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstl., übr. Verbr.“ Allerdings hat die Bedeutung der Stahlindustrie mit der (vorübergehenden) Stilllegung eines Hochofens im Vergleich mit dem Verbrauchsanteil von fast 47 % im Jahr 2000 erheblich abgenommen. Deutlich hinter der Stahlindustrie folgt der Verkehr (Anteil 2005 rund ein Fünftel) und das übrige verarbeitende Gewerbe mit einem Zehntel. Standortbedingt ist die Bedeutung der Stahlindustrie in der Stadt Bremen noch weitaus ausgeprägter. Anders stellt sich die Situation in Bremerhaven dar. Dort entfällt mit knapp 54 % (2005) der weitaus größte Teil des Endenergie-

verbrauchs auf den Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“, gefolgt vom Verkehr mit fast einem Drittel und der Industrie mit lediglich 14 %.

Tabelle 2-3 Entwicklung von Niveau und Struktur des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Sektoren

		1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
		Energieverbrauch in TJ				Sektoralstruktur in %			
Land Bremen	Verarbeitende Industrie	56104	59492	67969	44305	47,4	49,1	55,0	45,5
	dar.: Stahlindustrie	45825	48035	57644	33860	38,7	39,7	46,6	34,8
	Verkehr	23446	22108	20744	19942	19,8	18,3	16,8	20,5
	dar.: Straßenverkehr	18648	17868	17363	16450	15,8	14,8	14,0	16,9
	Haushalte und GHD	38726	39526	34932	33094	32,7	32,6	28,3	34,0
	Summe	118276	121126	123645	97341	100,0	100,0	100,0	100,0
	Summe ohne Stahlindustrie	72451	73090	66001	63481	61,3	60,3	53,4	65,2
Stadt Bremen	Verarbeitende Industrie	55173	58512	67228	42889	51,5	53,0	59,0	49,1
	dar.: Stahlindustrie	45825	48035	57644	33860	42,7	43,5	50,6	38,8
	Verkehr	19395	17982	17147	16732	18,1	16,3	15,0	19,2
	dar.: Straßenverkehr	15247	14430	14109	13587	14,2	13,1	12,4	15,6
	Haushalte und GHD	32628	33822	29558	27725	30,4	30,7	25,9	31,7
	Summe	107196	110316	113933	87346	100,0	100,0	100,0	100,0
	Summe ohne Stahlindustrie	61371	62281	56288	53486	57,3	56,5	49,4	61,2
Stadt Bremerhaven	Verarbeitende Industrie	931	980	741	1416	8,4	9,1	7,6	14,2
	Verkehr	4051	4126	3597	3210	36,6	38,2	37,0	32,1
	dar.: Straßenverkehr	3401	3488	3254	2863	30,7	32,3	33,5	28,6
	Haushalte und GHD	6098	5704	5374	5369	55,0	52,8	55,3	53,7
	Summe	11080	10809	9713	9994	100,0	100,0	100,0	100,0

Hinsichtlich der Dynamik der Verbrauchsentwicklung zeigt sich, dass der Endenergieverbrauch auch außerhalb der Industrie in der Vergangenheit gesunken ist: So wurden im Jahr 2005 im Verkehr insgesamt beinahe 15 % und selbst im Straßenverkehr noch 12 % weniger Energie eingesetzt als 1990. Das bedeutet aber auch, dass der Energieverbrauch bei den Verkehrsträgern außerhalb des Straßenverkehrs noch spürbar stärker zurückgegangen ist, beispielsweise in der Stadt Bremen um 24 % und in Bremerhaven um 47 % - im landesweiten Durchschnitt um 27 %.

Abgenommen hat ebenfalls der Energieverbrauch in dem – statistisch allerdings noch am wenigsten belastbaren - Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstl., übr. Verbr.“ Hier lag der Energieverbrauch im Jahr 2005 landesweit wie in Bremen Stadt um etwa 15 % und in Bremerhaven um 12 % unter dem 1990er Wert.

Tabelle 2-4 Indizierte Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Sektoren

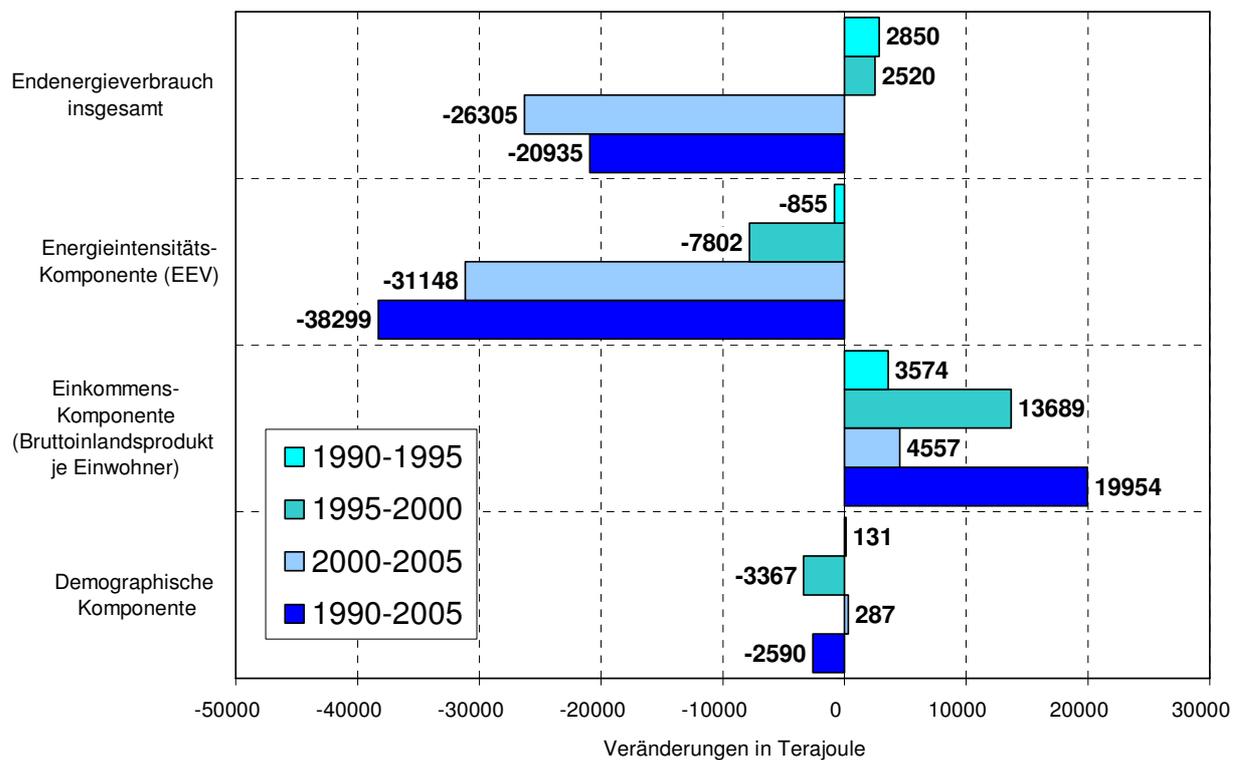
		1990	1995	2000	2005
		Entwicklung 1990 = 100			
Land Bremen	Verarbeitende Industrie	100,0	106,0	121,1	79,0
	dar.: Stahlindustrie	100,0	104,8	125,8	73,9
	Verkehr	100,0	94,3	88,5	85,1
	dar.: Straßenverkehr	100,0	95,8	93,1	88,2
	Haushalte und GHD	100,0	102,1	90,2	85,5
	Summe	100,0	102,4	104,5	82,3
	Summe ohne Stahlindustrie	100,0	100,9	91,1	87,6
Stadt Bremen	Verarbeitende Industrie	100,0	106,1	121,9	77,7
	dar.: Stahlindustrie	100,0	104,8	125,8	73,9
	Verkehr	100,0	92,7	88,4	86,3
	dar.: Straßenverkehr	100,0	94,6	92,5	89,1
	Haushalte und GHD	100,0	103,7	90,6	85,0
	Summe	100,0	102,9	106,3	81,5
	Summe ohne Stahlindustrie	100,0	101,5	91,7	87,2
Stadt Bremerhaven	Verarbeitende Industrie	100,0	105,2	79,6	152,1
	Verkehr	100,0	101,9	88,8	79,2
	dar.: Straßenverkehr	100,0	102,6	95,7	84,2
	Haushalte und GHD	100,0	93,5	88,1	88,0
	Summe	100,0	97,6	87,7	90,2

Ähnlich wie beim Primärenergieverbrauch wurde versucht, mit Hilfe der Komponentenzerlegung auch für den Endenergieverbrauch im Land Bremen die wichtigen Einflüsse auf dessen Veränderungen zu zeigen. Dabei wurden dieselben Komponenten und Teilperioden wie beim Primärenergieverbrauch berücksichtigt. Im Ergebnis zeigt sich ein ähnliches Bild (**Abbildung 2-6**):

Im gesamten Zeitraum 1990 bis 2005 übertrafen die den Verbrauch mindernden Effekte der sinkenden Endenergieintensität (gleichbedeutend mit steigender Endenergieproduktivität) deutlich die den Verbrauchs erhöhenden Wirkungen der wachsenden Wirtschaftsleistung pro Kopf (Einkommenskomponente). Aber auch hier trifft dies wiederum nur für die Gesamtperiode und die letzte Teilperiode von 2000 bis 2005 zu. Vorher waren die Einflüsse der Energieintensitätskomponente zu schwach, um die Steigerung aufgrund der Einkommenskomponente auszugleichen. Letztlich schlagen sich hierin die Wirkungen der drastischen Verbrauchsreduktion in der Stahlindustrie nieder, die offenkundig nicht begleitet wurden von einem entsprechenden Rückgang der realen sektoralen Bruttowertschöpfung, so

dass hierdurch – zumindest statistisch gesehen – der erhebliche Energieproduktivitätssprung eingetreten ist.

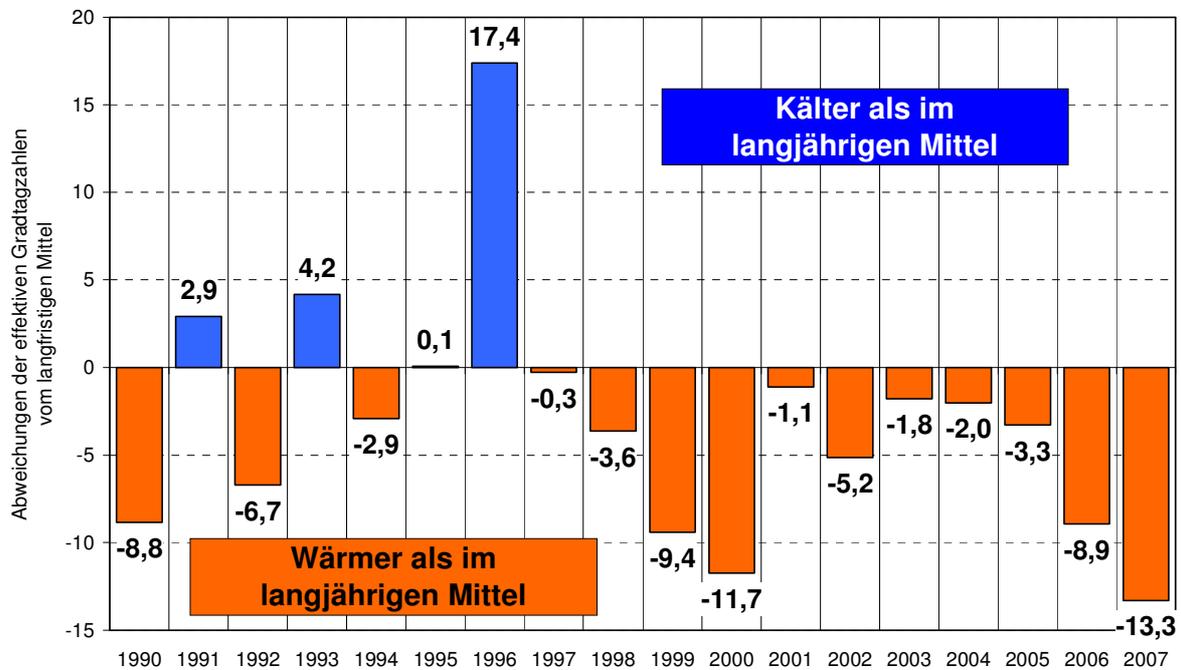
Abbildung 2-6 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Endenergieverbrauchs im Land Bremen



Zu beachten ist, dass der Energieverbrauch vor allem im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ in erheblichem Maße von den Witterungsverhältnissen beeinflusst wird. Größenordnungsmäßig werden in diesem Sektor rund zwei Drittel des Gesamtverbrauchs von den Außentemperaturen bzw. von den Differenzen zwischen Außentemperaturen und den (gewünschten) Innentemperaturen beeinflusst. Wie sich aus **Abbildung 2-7** ersehen lässt, schwanken die jeweiligen jährlichen Gradtagzahlen, die als Maß für den Temperatureinfluss gelten können, teilweise beträchtlich um ihr langjähriges Mittel. Auffällig ist, dass es in der Periode von 1990 bis 2007 nur in vier von 18 Jahren kälter als im langjährigen Mittel war – mit dem Ausschlag in dem besonders kalten Jahr 1996. In fast allen übrigen Jahren war es dagegen zumeist wesentlich wärmer, wobei es Ausschläge bis zu 13 % gab.

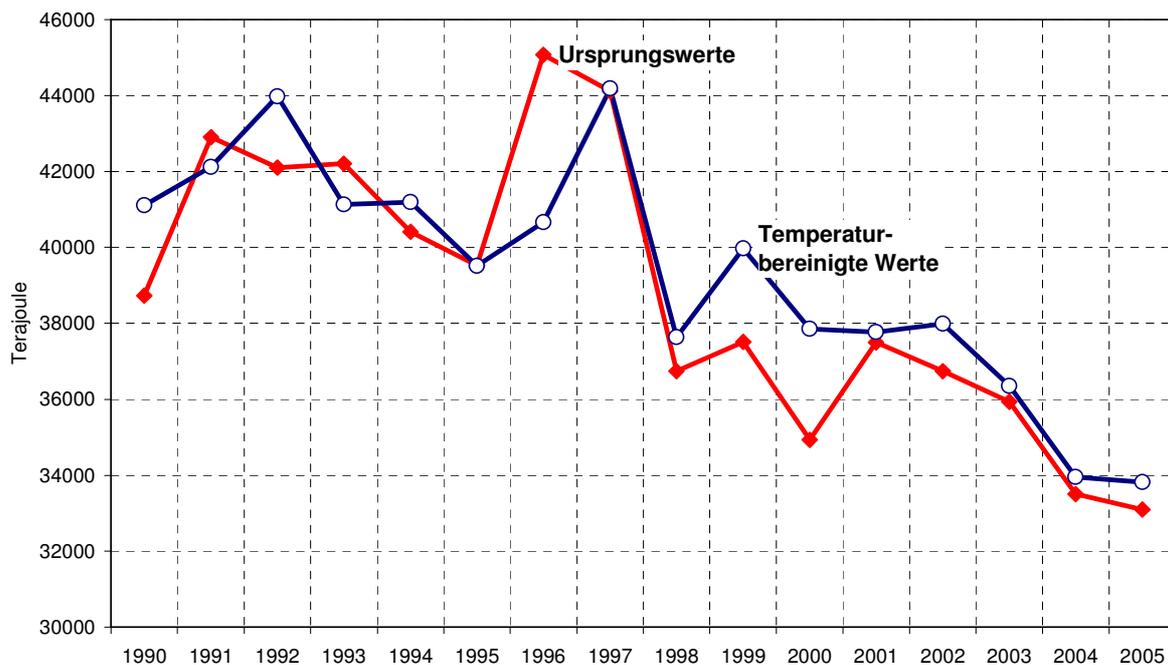
Vor diesem Hintergrund kann es nicht verwundern, wenn die Entwicklung des temperaturbereinigten Energieverbrauchs deutlich von der Entwicklung der Ursprungswerte abweicht wie **Abbildung 2-8**, **Abbildung 2-9** und **Abbildung 2-10** zeigen. Der Verlauf des temperaturbereinigten Verbrauchs kann zwar nicht gänzlich die starken Schwankungen bei den Ursprungswerten ausgleichen, trägt aber doch erheblich zur Glättung bei.

Abbildung 2-7 Abweichungen der effektiven Gradtagzahlen vom langjährigen Mittel in Bremen von 1990 bis 2007



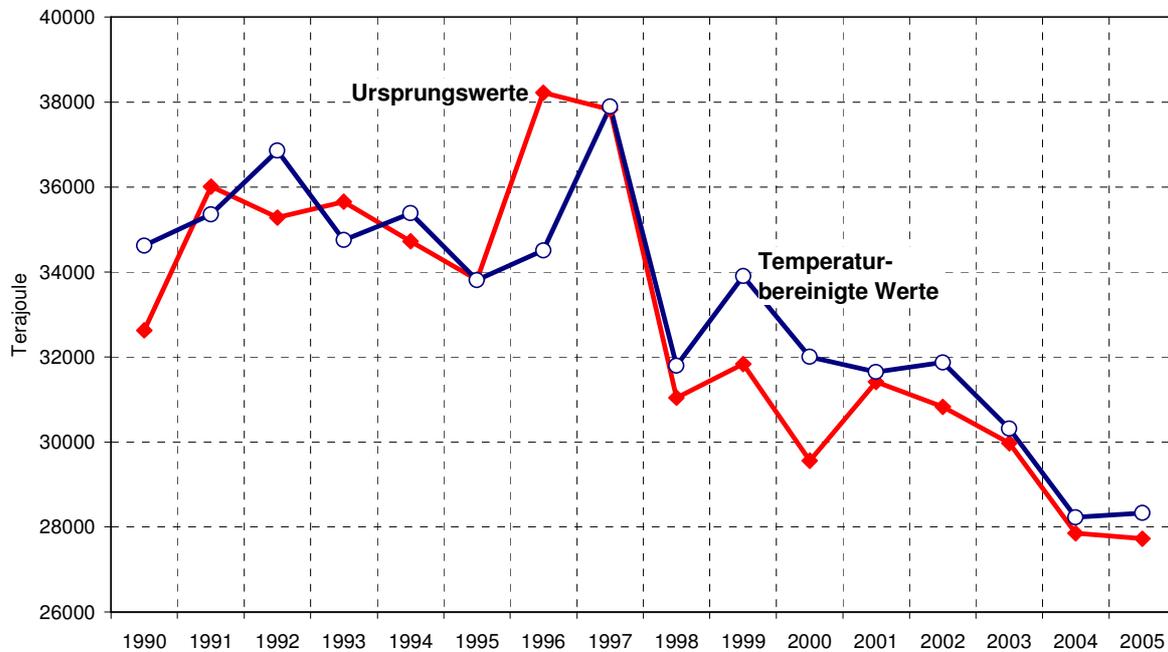
Quelle: Deutscher Wetterdienst über Institut Wohnen und Umwelt (IWU)

Abbildung 2-8 Energieverbrauch im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ im Land Bremen: Ursprungswerte und temperaturbereinigte Werte von 1990 bis 2005



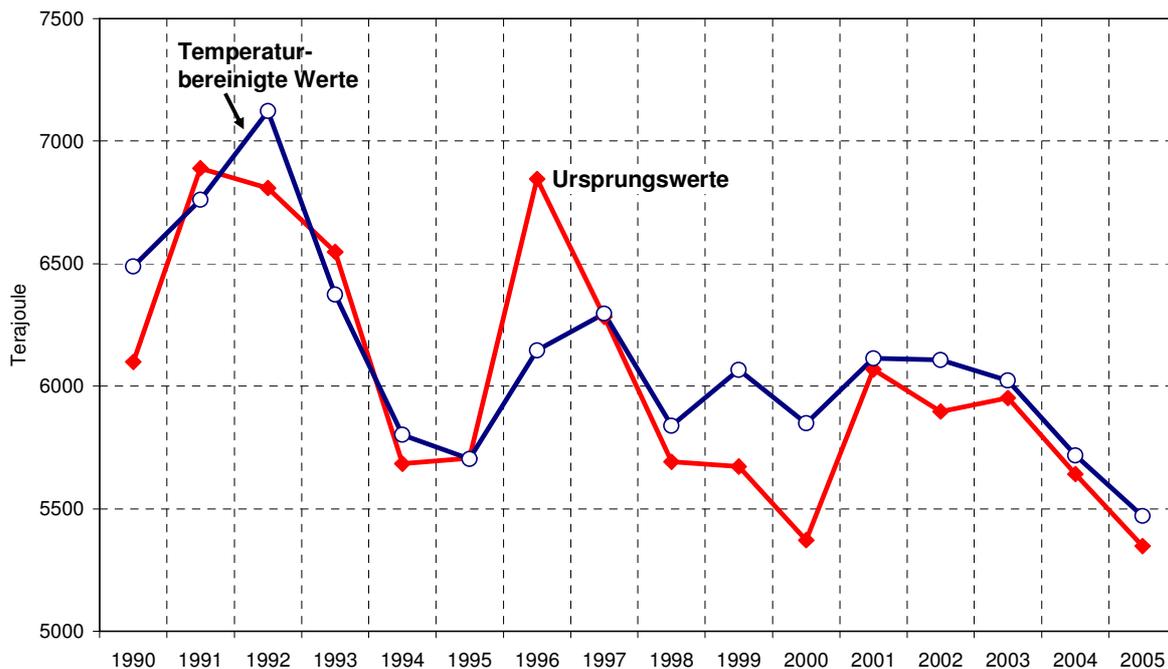
Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; Deutscher Wetterdienst; AG Energiebilanzen; Arbeitskreis Nutzenergie VDEW/BDEW; eigene Schätzungen.

Abbildung 2-9 Energieverbrauch im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ in der Stadt Bremen: Ursprungswerte und temperaturbereinigte Werte von 1990 bis 2005



Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; Deutscher Wetterdienst; AG Energiebilanzen; Arbeitskreis Nutzenergie VDEW/BDEW; eigene Schätzungen.

Abbildung 2-10 Energieverbrauch im Sektor „Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ in der Stadt Bremerhaven: Ursprungswerte und temperaturbereinigte Werte von 1990 bis 2005



Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; Deutscher Wetterdienst; AG Energiebilanzen; Arbeitskreis Nutzenergie VDEW/BDEW; eigene Schätzungen.

2.2.2.2 Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Die Struktur des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern hat sich in Bremen in der Vergangenheit erheblich gewandelt (**Tabelle 2-5**): So ist landesweit - über die gesamte Periode von 1990 bis 2005 hinweg - die Bedeutung des Mineralöls absolut wie relativ erheblich gesunken. Hatte das Öl im Jahr 1990 noch einen Anteil von fast 42 % am Endenergieverbrauch, so waren es 2005 nur noch rund 29 %.

Tabelle 2-5 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Energieträgern

		1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
		Energieverbrauch in TJ				Sektoralstruktur in %			
Land Bremen	Steinkohlen	20957	16766	27649	17187	17,7	13,8	22,4	17,7
	Braunkohlen	296	118	129	122	0,3	0,1	0,1	0,1
	Mineralöle	49173	51287	37823	28318	41,6	42,3	30,6	29,1
	Gichtgas	3789	4495	5222	4928	3,2	3,7	4,2	5,1
	Erdgas	26034	28311	28424	23560	22,0	23,4	23,0	24,2
	Erneuerbare ¹⁾	56	192	42	639	0,0	0,2	0,0	0,7
	Strom	14672	15539	15914	17247	12,4	12,8	12,9	17,7
	Fernwärme	3299	4418	4648	4776	2,8	3,6	3,8	4,9
	Sonstige ¹⁾	.	.	3795	563	.	.	3,1	0,6
	Insgesamt	118276	121126	123645	97340	100,0	100,0	100,0	100,0
Stadt Bremen	Steinkohlen	20879	16729	27648	17186	19,5	15,2	24,3	19,7
	Braunkohlen	245	94	110	86	0,2	0,1	0,1	0,1
	Mineralöle	42614	45031	32793	24154	39,8	40,8	28,8	27,7
	Gichtgas	3789	4495	5222	4928	3,5	4,1	4,6	5,6
	Erdgas	24101	26615	26384	21111	22,5	24,1	23,2	24,2
	Erneuerbare ¹⁾	52	186	28	425	0,0	0,2	0,0	0,5
	Strom	13098	13935	14288	15145	12,2	12,6	12,5	17,3
	Fernwärme	2418	3232	3665	3748	2,3	2,9	3,2	4,3
	Sonstige ¹⁾	.	.	3795	563	.	.	3,3	0,6
	Insgesamt	107196	110316	113933	87346	100,0	100,0	100,0	100,0
Stadt Bremerhaven	Steinkohlen	77	36	1	1	0,7	0,3	0,0	0,0
	Braunkohlen	51	24	19	36	0,5	0,2	0,2	0,4
	Mineralöle	6559	6256	5030	4164	59,2	57,9	51,8	41,7
	Gichtgas	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Erdgas	1933	1696	2041	2449	17,4	15,7	21,0	24,5
	Erneuerbare	3	6	14	214	0,0	0,1	0,1	2,1
	Strom	1574	1605	1626	2102	14,2	14,8	16,7	21,0
	Fernwärme	882	1186	982	1028	8,0	11,0	10,1	10,3
	Sonstige	.	.	0	0	.	.	0,0	0,0
	Insgesamt	11080	10809	9713	9994	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Starke Schwankungen durch nicht eindeutig zuzuordnende Abfallmengen, die in der Kategorie "Sonstige" enthalten sind.
Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Tendenziell zugenommen hat dagegen das Gewicht des Erdgases (von 22 % im Jahr 1990 auf gut 24 % im Jahr 2005) sowie der elektrischen Energie (von reichlich 12 % auf knapp 18 %), wobei der Stromverbrauch vor allem nach 2000 kräftig zulegte. Die Steinkohle, deren Verbrauchsanteil im Vergleich der Jahre 1990 und

2005 unverändert blieb, trug wie der Strom mit knapp 18 % zur Deckung der Endenergienachfrage bei. Weit hinter diesen vier Energieträgern rangieren das Gichtgas und die Fernwärme jeweils mit rund 5 % (2005). Der Anteil der erneuerbaren Energien bleibt trotz einer sprunghaften Steigerung in den letzten Jahren unter einem Prozent. Zu bemerken ist, dass das Gichtgas vollständig und die Steinkohlen fast vollständig allein von der Stahlindustrie eingesetzt werden. Alle anderen Endenergiesektoren sind somit praktisch „kohlen- und gichtgasfrei“

Die durch die Stahlindustrie bestimmte Endenergieträgernachfrage schlägt sich standortbedingt vor allem in der Stadt Bremen nieder, deren Energieträgerstruktur angesichts ihres durchweg hohen Anteils derjenigen auf Landesebene sehr ähnlich ist. Dagegen zeigt die Struktur der Endenergieträger in Bremerhaven ein völlig anderes Bild. Hier dominiert trotz eines deutlichen Rückgangs das Mineralöl mit einem Anteil von knapp 42 % im Jahr 2005 – immerhin 17,5 Prozentpunkte weniger als 1990. Dem Mineralöl folgen das Erdgas mit einem Anteil von beinahe einem Viertel und der Strom mit reichlich einem Fünftel (jeweils 2005). Die Fernwärme trägt mit rund einem Zehntel zum Endenergieverbrauch bei, und auf die erneuerbaren Energien entfallen rund 2 %. Stein- und Braunkohlen spielen dagegen in Bremerhaven keine Rolle. Die Dynamik der Verbrauchsentwicklung bei den einzelnen Energieträgern zeigt **Tabelle 2-6**.

Tabelle 2-6 Indizierte Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Bremen von 1990 bis 2005 nach Energieträgern

	1990	1995	2000	2005	1995	2000	2005	1995	2000	2005
	Entwicklung 1990 = 100									
		Land Bremen			Stadt Bremen			Stadt Bremerhaven		
Steinkohlen	100,0	80,0	131,9	82,0	80,1	132,4	82,3	47,1	1,3	1,7
Braunkohlen	100,0	39,8	43,5	41,3	38,2	44,8	35,0	47,7	37,2	71,6
Mineralöle	100,0	104,3	76,9	57,6	105,7	77,0	56,7	95,4	76,7	63,5
Gichtgas	100,0	118,6	137,8	130,1	118,6	137,8	130,1			
Erdgas	100,0	108,7	109,2	90,5	110,4	109,5	87,6	87,7	105,6	126,7
Erneuerbare	100,0	344,2	74,5	1146,5	355,0	53,2	812,2	175,9	404,2	6333,4
Strom	100,0	105,9	108,5	117,5	106,4	109,1	115,6	101,9	103,3	133,5
Fernwärme	100,0	133,9	140,9	144,7	133,7	151,6	155,0	134,5	111,4	116,6
Insgesamt	100,0	102,4	104,5	82,3	102,9	106,3	81,5	97,6	87,7	90,2
¹⁾ Starke Schwankungen durch nicht eindeutig zuzuordnende Abfallmengen, die in der Kategorie "Sonstige" enthalten sind. Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.										

Kennzeichnend für diese Dynamik ist, dass der Verbrauch nicht nur der Stein- und Braunkohlen sowie der Mineralölprodukte erheblich zurückgegangen ist, sondern auch der Erdgasverbrauch (wenn auch erst nach 2000 und nur in der Stadt Bremen) deutlich abgenommen hat. Dies ist, wie der **Tabelle 2-8** weiter unten zu entnehmen ist, in erster Linie eine Folge der bereits mehrfach angesprochenen Ver-

änderungen nach 2003 bei der Stahlindustrie. Durchweg kräftig gestiegen ist dagegen der Verbrauch von Strom und Fernwärme (sowie in Bremerhaven von Erdgas), vor allem aber derjenige der erneuerbaren Energien (wenngleich deren Verbrauchsanteil – wie gezeigt worden ist – nach wie vor sehr gering ist. In Bremen kommt der starke Zuwachs beim Gichtgas hinzu, der bezogen auf die Periode 1990 bis 2005 immerhin rund 30 % ausmachte.

Erhebliche Unterschiede in den Energieträgerstrukturen zeigen sich zwischen den einzelnen Endenergiesektoren (vgl. **Tabelle 2-7** und **Tabelle 2-8**).

Tabelle 2-7 Energieverbrauch in den Endenergiesektoren in Bremen in den Jahren 1990 und 2005 nach Energieträgern

Endenergieverbrauch in TJ		1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
		Industrie ohne Stahl		Stahlindustrie		Verkehr		Haushalte + GHD	
Land Bremen	Mineralöle	1975	886	7206	815	23347	18528	16644	8090
	Gase	3570	4680	14872	11136	0	10	11381	12661
	Strom	3181	3586	3768	4278	98	827	7624	8555
	Fernwärme	659	1148	0	0	0	0	2641	3627
	Kohle	843	144	19978	17062	0	0	431	104
	Sonstige	50	0	0	569	0	576	5	56
	Gesamt	10279	10445	45825	33860	23446	19942	38726	33094
Stadt Bremen	Mineralöle	1679	831	7206	815	19297	15597	14432	6911
	Gase	3332	4014	14872	11136	0	10	9686	10879
	Strom	2825	3054	3768	4278	98	739	6406	7074
	Fernwärme	659	986	0	0	0	0	1759	2762
	Kohle	804	144	19978	17062	0	0	342	66
	Sonstige	49	0	0	569	0	385	3	33
	Gesamt	9348	9029	45825	33860	19395	16732	32628	27725
Stadt Bremerhaven	Mineralöle	296	55	0	0	4051	2930	2212	1179
	Gase	238	666	0	0	0	0	1696	1783
	Strom	356	533	0	0	0	89	1218	1481
	Fernwärme	0	162	0	0	0	0	882	866
	Kohle	40	0	0	0	0	0	89	38
	Sonstige	1	0	0	0	0	191	2	23
	Gesamt	931	1416	0	0	4051	3210	6098	5369

Quelle: Statistisches Landesamt Bremen.

Während naturgemäß im Verkehr die Mineralölprodukte dominieren, sind es im Sektor Haushalte und GHD die leitungsgebundenen Energieträger, insbesondere das Erdgas, gefolgt vom Strom und der Fernwärme, die landesweit rund 11 % und in Bremerhaven sogar etwa 16 % des jeweiligen sektoralen Endenergieverbrauchs ausmachen. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass sich der Mineralölverbrauch in

diesem Sektor von 1990 bis 2005 mehr als halbiert hat. Kohle und sonstige Energieträger (zu denen vor allem die Erneuerbaren rechnen) tragen mit Anteilen unter einem Prozent nur wenig zur Deckung der Energienachfrage bei.

Tabelle 2-8 Energieträgerstrukturen in den Endenergiesektoren in Bremen in den Jahren 1990 und 2005 nach Energieträgern

Energieträgerstruktur in %		1990	2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005
		Industrie ohne Stahl		Stahlindustrie		Verkehr		Haushalte + GHD	
Land Bremen	Mineralöle	19,2	8,5	15,7	2,4	99,6	92,9	43,0	24,4
	Gase	34,7	44,8	32,5	32,9	0,0	0,1	29,4	38,3
	Strom	30,9	34,3	8,2	12,6	0,4	4,1	19,7	25,8
	Fernwärme	6,4	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	11,0
	Kohle	8,2	1,4	43,6	50,4	0,0	0,0	1,1	0,3
	Sonstige	0,5	0,0	0,0	1,7	0,0	2,9	0,0	0,2
	Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Stadt Bremen	Mineralöle	18,0	9,2	15,7	2,4	99,5	93,2	44,2	24,9
	Gase	35,6	44,5	32,5	32,9	0,0	0,1	29,7	39,2
	Strom	30,2	33,8	8,2	12,6	0,5	4,4	19,6	25,5
	Fernwärme	7,0	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	10,0
	Kohle	8,6	1,6	43,6	50,4	0,0	0,0	1,0	0,2
	Sonstige	0,5	0,0	0,0	1,7	0,0	2,3	0,0	0,1
	Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Stadt Bremerhaven	Mineralöle	31,8	3,9	x	x	100,0	91,3	36,3	22,0
	Gase	25,5	47,0	x	x	0,0	0,0	27,8	33,2
	Strom	38,2	37,6	x	x	0,0	2,8	20,0	27,6
	Fernwärme	0,0	11,5	x	x	0,0	0,0	14,5	16,1
	Kohle	4,2	0,0	x	x	0,0	0,0	1,5	0,7
	Sonstige	0,1	0,0	x	x	0,0	5,9	0,0	0,4
	Gesamt	100,0	100,0	x	x	100,0	100,0	100,0	100,0

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Der Verbrauch von Mineralölprodukten rangiert in der Industrie (ohne Stahl) mit einem landesweiten Anteil von lediglich noch 8,5 % im Jahr 2005 weit hinter den Gasen mit 45 %, der elektrischen Energie mit gut 34 % und selbst noch hinter der Fernwärme mit 11 %. Während die Kohle in der übrigen Industrie inzwischen praktisch bedeutungslos geworden ist, spielt sie für die Stahlindustrie mit einem Anteil von rund 50 % neben den Gasen (Anteil rund ein Drittel) die entscheidende Rolle im Produktionsprozess. Dagegen ist das Gewicht des Stroms für die Stahlindustrie mit knapp 13 % vergleichsweise gering.

2.2.2.3 Der Endenergieverbrauch nach Sektoren und Nutzungszwecken 1990 und 2005

Zum besseren Verständnis der Energieverbrauchsstrukturen in den einzelnen Endenergiesektoren ist die Kenntnis der Nutzungszwecke des Energieverbrauchs von Vorteil. Auf Landes- oder gar Regionalebene existieren dazu allerdings keine oder kaum belastbare Daten. Deshalb wird hier für die weiteren Überlegungen von Schätzungen (keine Primärdaten!) ausgegangen, die für Deutschland insgesamt von der VDEW bzw. dem BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. vorgelegt werden.¹

Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass die von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für Deutschland aufgestellten Energiebilanzen (wie der der Statistischen Landesämter) zwar alle Energieträger vom Aufkommen und Gesamtverbrauch (Primärenergiebilanz) über deren Umwandlung (Umwandlungsbilanz) bis zur letzten Verwendung bei den Verbrauchern (Endenergieverbrauch) erfassen, damit aber die Energienutzungskette nicht vollständig abgebildet wird. Die letzte Stufe, die Umwandlung der Endenergieträger in Nutzenergie der jeweiligen Anwendungsgebiete (Beleuchtung, mechanische Energie, Wärme), wird nicht dargestellt. Bislang bestehen allerdings weder die methodischen noch die statistischen Voraussetzungen, um den Nutzenergieverbrauch bzw. die in Anspruch genommenen Energiedienstleistungen hinreichend gesichert quantifizieren zu können.

Wegen der großen Bedeutung der in der Energiebilanz nicht erfassten Umwandlung der Endenergie beim Verbraucher befasst sich die VDEW- bzw. BDEW-Projektgruppe „Nutzenergiebilanzen“ seit vielen Jahren mit der Verwendungsseite der Endenergienachfrage. Da die Aufstellung einer Nutzenergiebilanz gegenwärtig nicht möglich ist, konzentriert sich die Projektgruppe auf eine Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs auf die verschiedenen Anwendungsbereiche.

Diese Arbeiten entstehen unter Mitwirkung des Lehrstuhls für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik an der TU München und der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Die folgenden definitorischen Hinweise sind der jüngsten Veröffentlichung der BDEW vom Februar 2008 entnommen.

Unterschieden wird zwischen den folgenden Anwendungsbereichen:

- Wärme
 - Raumwärme
 - Warmwasser
 - Sonstige Prozesswärme
- Mechanische Energie (Kraft), darin enthalten Information und Kommunikation
- Beleuchtung

¹ Zuletzt herausgegeben vom BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. im Februar 2008. Download unter: <http://www.ag-energiebilanzen.de/>.

Elektrisch betriebene Waschmaschinen und Geschirrspülmaschinen sind mit ihren der Wassererwärmung zuzurechnenden Stromverbrauchsmengen bei der Warmwasserversorgung erfasst.

Bei der „Sonstigen Prozesswärme“ handelt es sich im Wesentlichen um Wärme für Fertigungsprozesse in Industrie und Gewerbe. Hierin enthalten ist der Endenergieverbrauch für die Elektrolyse, z. B. für die Herstellung von NE-Metallen (Aluminium, Zink usw.) oder Chlor. Zur „Sonstigen Prozesswärme“ zählen auch Wärmeprozesse im privaten Haushalt, besonders der Anwendungsbereich Lebensmittelzubereitung (z. B. Kochen).

Der Endenergieverbrauch für Kühlen und Gefrieren wird im Unterschied zu anderen Untersuchungen nicht dem Wärmebereich, sondern der mechanischen Energie zugeordnet. Der Endenergieverbrauch für die Klimatisierung ist unter Raumwärme verbucht. Der Verbrauch für Klimaanlage in Kraftfahrzeugen ist hingegen im Wesentlichen unter mechanischer Energie erfasst.

Zur Information und Kommunikation zählen neben den Geräten der Unterhaltungselektronik die betrieblich oder privat genutzten EDV-Geräte einschließlich der Peripherie sowie die Telekommunikationsgeräte. Eingeschlossen ist auch der Verbrauch für elektrische Steuerungs- und Regelungseinrichtungen, z. B. in Maschinen und Kraftfahrzeugen.

Nach Verbrauchergruppen wird unterschieden zwischen:

- Industrie (Produzierendes Gewerbe ohne Branchen des Energieumwandlungsbereichs und ohne Baugewerbe)
- Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (einschließlich militärische Dienststellen)
- Verkehr

Schließlich werden die Schätzungen der VDEW bzw. des BDEW noch differenziert nach den folgenden Energieträgern vorgenommen:

- | | |
|--------------|---|
| ➤ Mineralöle | Heizöle EL, Heizöle S, Sonstige (überwiegend Kraftstoffe) |
| ➤ Gase | Erdgas; Gas aus Öl; Gas aus Kohle |
| ➤ Strom | |
| ➤ Fernwärme | aus Kraft-Wärme-Kopplung und Heizwerken |
| ➤ Kohle | Steinkohle und Braunkohle |
| ➤ Sonstige | Brennholz, Brenntorf usw. |

Auf dieser Grundlage, also der Differenzierung der Sektoren, der Energieträger und der Anwendungsbereiche, werden die für Deutschland jeweils ausgewiesenen Relationen auf die entsprechenden Eckwerte aus den Energiebilanzen für Bremen (Land, Stadt Bremen, Stadt Bremerhaven) übertragen. Dies unterstellt, dass je Sektor und Energieträger die Bundeswerte annähernd auch auf die Bremer Regionen zutreffen. Die Ergebnisse sind für die absoluten Verbrauchswerte in **Tabelle 2-9** und für die Anteilsstrukturen in **Tabelle 2-10** dargestellt. Danach sind typische Unterschiede zwischen den einzelnen Sektoren festzuhalten:

Tabelle 2-9 Absoluter Endenergieverbrauch in Bremen nach Sektoren und Anwendungsbereichen 1990 und 2005

Anwendungsbereiche	Land Bremen		Stadt Bremen		Stadt Bremerhaven	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005
	Angaben in Terajoule					
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)						
Raumwärme	24640	20435	20584	17054	4040	3374
Warmwasser	4687	3892	3905	3245	779	645
Sonstige Prozesswärme	3256	3106	2831	2662	433	452
Mechanische Energie	4929	4550	4271	3830	669	724
Beleuchtung	1213	1110	1036	935	177	175
Summe	38726	33094	32627	27725	6098	5369
Industrie						
Raumwärme	5582	3519	5465	3330	117	190
Warmwasser	392	330	383	320	9	9
Sonstige Prozesswärme	44708	34456	44168	33639	540	817
Mechanische Energie	5031	5619	4785	5245	246	374
Beleuchtung	392	381	371	355	20	26
Summe	56104	44305	55173	42889	931	1416
Verkehr						
Raumwärme	7	107	7	92	0	14
Warmwasser	0	0	0	0	0	0
Sonstige Prozesswärme	0	0	0	0	0	0
Mechanische Energie	23432	19728	19381	16548	4051	3181
Beleuchtung	7	107	7	92	0	14
Summe	23446	19942	19395	16732	4051	3210
Summe Endenergieverbrauch						
Raumwärme	30228	24061	26056	20475	4156	3578
Warmwasser	5079	4222	4288	3565	788	654
Sonstige Prozesswärme	47964	37562	46999	36300	973	1269
Mechanische Energie	33391	29898	28437	25623	4966	4279
Beleuchtung	1612	1598	1414	1382	197	215
Summe	118275	97341	107195	87346	11080	9994
Quelle: VDEW- bzw. BDEW-Projektgruppe "Nutzenergiebilanzen"; Statistisches Landesamt Bremen; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; eigene Berechnungen.						

- **Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen:** Mit weitem Abstand dominiert die Raumwärme (> 60 %), vor der mechanischen Energie und dem Warmwasser. Auf die Beleuchtung entfallen Anteile von nur wenig mehr als 3 %.
- **Industrie:** Überwiegend sonstige Prozesswärme (wegen der Stahlindustrie vor allem in der Stadt Bremen) vor der mechanischen Energie.
- **Verkehr:** Fast ausschließlich mechanische Energie.

Größere Unterschiede zwischen den Teilregionen zeigen sich lediglich bei der Industrie, bei der die Bedeutung der Stahlindustrie (und der damit verbundene hohe Anteil an Prozesswärme) für die Stadt Bremen zum Tragen kommt.

Tabelle 2-10 Struktur des Endenergieverbrauch in Bremen nach Sektoren und Anwendungsbereichen 1990 und 2005

Anwendungsbereiche	Land Bremen		Stadt Bremen		Stadt Bremerhaven	
	1990	2005	1990	2005	1990	2005
	Anwendungsstruktur in %					
Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)						
Raumwärme	63,6	61,7	63,1	61,5	66,2	62,8
Warmwasser	12,1	11,8	12,0	11,7	12,8	12,0
Sonstige Prozesswärme	8,4	9,4	8,7	9,6	7,1	8,4
Mechanische Energie	12,7	13,7	13,1	13,8	11,0	13,5
Beleuchtung	3,1	3,4	3,2	3,4	2,9	3,3
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Industrie						
Raumwärme	9,9	7,9	9,9	7,8	12,5	13,4
Warmwasser	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,6
Sonstige Prozesswärme	79,7	77,8	80,1	78,4	58,0	57,7
Mechanische Energie	9,0	12,7	8,7	12,2	26,4	26,4
Beleuchtung	0,7	0,9	0,7	0,8	2,2	1,8
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Verkehr						
Raumwärme	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,4
Warmwasser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige Prozesswärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mechanische Energie	99,9	98,9	99,9	98,9	100,0	99,1
Beleuchtung	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,4
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Summe Endenergieverbrauch						
Raumwärme	25,6	24,7	24,3	23,4	37,5	35,8
Warmwasser	4,3	4,3	4,0	4,1	7,1	6,5
Sonstige Prozesswärme	40,6	38,6	43,8	41,6	8,8	12,7
Mechanische Energie	28,2	30,7	26,5	29,3	44,8	42,8
Beleuchtung	1,4	1,6	1,3	1,6	1,8	2,1
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Quelle: VDEW- bzw. BDEW-Projektgruppe "Nutzenergiebilanzen"; Statistisches Landesamt Bremen; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; eigene Berechnungen.						

2.2.3 Entwicklung von Stromerzeugung und Stromverbrauch

2.2.3.1 Eine Momentaufnahme für 2005

Die Elektrizitätswirtschaft (einschließlich Fernwärmewirtschaft) ist praktisch der alleinige Energiesektor im Land Bremen, nachdem eine frühere Raffinerie Anfang der neunziger Jahre stillgelegt worden war. Dabei dominieren die Kraftwerke der allgemeinen Versorgung („Öffentliche Elektrizitätswirtschaft“) die Stromwirtschaft.

Gemessen an der gesamten Stromerzeugung im Land Bremen entfielen auf diesen Bereich im Jahr 2005 gut 96 % (Stadt Bremen: knapp 97 %; Bremerhaven: 90 %).

Die insgesamt installierte elektrische Leistung im Land wird mit 1545,3 MW_{brutto} und die thermische Leistung mit 538,4 MW angegeben, davon entfällt der mit Abstand größte Teil mit rund 1500 MW_{brutto(elekttrisch)} bzw. 528 MW_{thermisch} auf Steinkohlenkraftwerke (es ist zu beachten, dass die Zuordnung der Energieträgerbasis dem Schwerpunktprinzip folgt!). Dabei war die Engpassleistung zum Berichtszeitpunkt vollständig verfügbar; sie übertraf die Höchstleistung um 17 % (brutto) bzw. 20 % (netto) (**Tabelle 2-11**).

Tabelle 2-11 Leistung und Belastung der Kraftwerke der allgemeinen Versorgung in Bremen am 3. Mittwoch im Dezember 2005

	Engpassleistung			Verfügbare leistung		Höchstleistung	
	elektrisch		thermisch	brutto	netto	brutto	netto
	brutto	netto					
	MW						
Abfall	35,2	31,2	0,0	35,2	31,2	33,8	28,2
Wärme kraft	1510,1	1399,7	538,4	1510,0	1399,6	1288,2	1167,0
Steinkohlen	1501,0	1391,0	528,0	1501,0	1391,0	1280,9	1159,9
Erdgas/Erdöl gas	9,1	8,7	10,4	9,0	8,6	7,3	7,1
Insgesamt	1545,3	1430,9	538,4	1545,2	1430,8	1322,0	1195,2
Quelle: Statistisches Landesamt Bremen.							

Tabelle 2-12 gibt einen Überblick über die Struktur der Strom- und Wärmeerzeugung in den Kraftwerken der allgemeinen Versorgung im Jahr 2005. Insgesamt wurden in diesem 7375,5 Mio. kWh_{brutto} bzw. 6647,2 Mio. kWh_{netto} Strom und 1117,4 Mio. kWh_{netto} Wärme erzeugt. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der gesamten Nettostromerzeugung machte rund 14,5 % aus. Die Nettowärmeerzeugung beruhte dagegen zu gut 94 % auf der gekoppelten Erzeugung.

Vorherrschender Energieträger bei der Stromerzeugung ist die Steinkohle mit einem Erzeugungsanteil von rund drei Vierteln (bei der Kraft-Wärme-Kopplung sind es reichlich zwei Drittel), gefolgt vom Hochofengas (Gichtgas) mit einem Zehntel und dem Erdgas mit rund 8 %. Bei der Wärmeerzeugung überwiegt zwar ebenfalls die Steinkohle, doch macht diese hier weniger als die Hälfte aus; rund ein Drittel entfällt auf die energetische Verwertung von Abfällen, und Erdgas ist daran mit rund einem Fünftel beteiligt (**Tabelle 2-12**).

Tabelle 2-12 Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung in den Kraftwerken der allgemeinen Versorgung in Bremen im Jahr 2005

	Elektrizitätserzeugung				Nettowärmeerzeugung		
	brutto	netto		Anteil Kraft- Wärme- Kopplung	insgesamt	darunter Kraft- Wärme- Kopplung	Anteil Kraft- Wärme- Kopplung
		insgesamt	darunter Kraft- Wärme- Kopplung				
	MWh			%	MWh		%
Steinkohlen	5521123	4995648	655744	13,1	503280	503280	100,0
Heizöl, leicht	4550	3011	913	30,3	6524	6293	96,5
Heizöl, schwer	18949	17068	2281	13,4	189	189	100,0
Petrolkoks	314680	272411	88741	32,6	30671	30671	100,0
Erdgas, Erdölgas	562986	523106	138534	26,5	212767	159083	74,8
Hochofengas	747456	707276	-	-	-	-	-
Klärschlamm	12751	11673	-	-	-	-	-
Abfall (Hausmüll, Industrie)	192998	117016	77734	66,4	364013	355553	97,7
Insgesamt	7375493	6647209	963947	14,5	1117444	1055069	94,4
	Anteile in %						
Steinkohlen	74,9	75,2	68,0		45,0	47,7	
Heizöl, leicht	0,1	0,0	0,1		0,6	0,6	
Heizöl, schwer	0,3	0,3	0,2		0,0	0,0	
Petrolkoks	4,3	4,1	9,2		2,7	2,9	
Erdgas, Erdölgas	7,6	7,9	14,4		19,0	15,1	
Hochofengas	10,1	10,6	-		-	-	
Klärschlamm	0,2	0,2	-		-	-	
Abfall (Hausmüll, Industrie)	2,6	1,8	8,1		32,6	33,7	
Insgesamt	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	

Quelle: Statistisches Landesamt Bremen.

An der insgesamt installierten Engpasseleistung war das E.on-Kraftwerk Farge im Jahr 2005 mit einer Bruttoleistung von 373 MW_{elit} und einer Nettoleistung von 343 MW_{elit} beteiligt. Das entsprach etwa einem Viertel der Gesamtleistung in Bremen. Die Erzeugung betrug 2005 brutto 2111,4 Mio. kWh und netto 1933,6 Mio. kWh; das waren fast 30 % der gesamten Stromerzeugung aller öffentlichen Kraftwerke in Bremen. Hinzuweisen ist darauf, dass das Kraftwerk Farge zwar seinen Standort in Bremen hat, aber sämtlichen Strom außerhalb dieses Bundeslandes absetzt. Insoweit wäre es faktisch unter energiewirtschaftlichen und emissionsseitigen Aspekten dem Land Bremen nicht zuzurechnen.

2.2.3.2 Elektrizitätswirtschaftliche Entwicklung von 1990 bis 2005

Von 1990 bis 2005 hat sich die Stromerzeugung im Land Bremen, zu der die Kraftwerke in der Stadt Bremen mit über 98 % beitragen, von 6,4 Mrd. kWh um rund ein Fünftel auf reichlich 7,6 Mrd. kWh erhöht; sie stieg damit im jährlichen Durchschnitt

um 1,2 %. Mit dieser Rate wuchs in dieser Periode ebenfalls der Bruttostromverbrauch, und zwar von 4,8 auf knapp 5,8 Mrd. kWh.

Der Vergleich von Bruttostromerzeugung und Bruttostromverbrauch zeigt, dass die Stromerzeugung in den im Land Bremen produzierenden Kraftwerken den hiesigen Strombedarf deutlich übersteigt, so dass sich ein Stromliefersaldo in Höhe von 1,6 Mrd. kWh im Jahr 1990 und fast 1,9 Mrd. kWh im Jahr 2005 ergibt (**Tabelle 2-13**). Größenordnungsmäßig entspricht dieser Liefersaldo im Übrigen weitgehend der Stromerzeugung im Kraftwerk Farge. Bezogen auf die Stadt Bremen und angesichts der Tatsache, dass Bremerhaven weitgehend aus außerbremischen Kraftwerken mit Strom versorgt wird, sind es aber auch die Kraftwerke der swb AG, die Strom per Saldo über die Landesgrenzen hinaus liefern. Das gilt insbesondere für die Kraftwerke der swb AG, die Bahnstrom für die Deutsche Bahn AG erzeugen, der im Wesentlichen außerhalb des Bundeslandes genutzt wird.

Tabelle 2-13 Entwicklung von Stromerzeugung und Stromverbrauch in Bremen von 1990 bis 2005

Angaben in Mio. kWh	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
	Land Bremen				Stadt Bremen				Stadt Bremerhaven			
Bruttostromerzeugung	6406	6173	6741	7646	6296	6035	6615	7477	110	138	126	169
Öffentlichen Kraftwerken ¹⁾	5359	4950	6526	7375	5254	4822	6412	7224	105	129	114	152
Industriekraftwerken ²⁾	1030	1194	166	173	1030	1194	165	173	0	0	1	0
Sonst. Stromerzeugung	16	29	50	98	12	19	38	80	5	10	12	18
Stromaustauschsaldo	-1592	-1076	-1252	-1861	-1961	-1441	-1646	-2352	369	364	395	491
Bruttostromverbrauch	4814	5097	5490	5785	4335	4594	4969	5124	479	503	521	661
Verbrauch im Umwandlungsbereich	619	655	711	798	588	610	661	745	31	45	50	53
Leitungs- und Transportverluste	120	126	360	196	109	114	341	172	11	12	19	24
Endenergieverbrauch	4076	4317	4419	4791	3638	3871	3967	4207	438	446	452	584
Verarb. Gewerbe gesamt	1930	2195	2370	2185	1832	2124	2274	2037	99	107	97	148
Eisenschaffende Industrie	1047	1161	1163	1188	1047	1161	1163	1188	0	0	0	0
Fahrzeug-/Schiffbau	314	310	372	330	290	291	362	301	24	18	11	29
Nahrungs-/Genussmittel-/Ernährungsgewerbe	298	345	388	399	239	275	321	317	59	70	67	82
Übr. verarb. Gewerbe	271	380	447	268	255	397	428	230	16	19	19	37
Verkehr	27	32	32	230	27	32	32	205	0	0	0	25
Haushalte, GHD, übrige Verbraucher	2118	2054	2018	2376	1779	1715	1663	1965	338	339	355	411

1) 1990 und 1995 ohne Bahnstromerzeugung.- 2) 1990 und 1995 einschließlich Bahnstromerzeugung.
Quellen: Statistisches Bundesamt; Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Abzüglich des Verbrauchs im Umwandlungsbereich und der Leitungs- und Transportverluste errechnet sich der Stromverbrauch in den Endenergiesektoren, der etwa in der Größenordnung des Bruttostromverbrauchs zugenommen hat. Innerhalb der Endenergiesektoren ist der Verbrauch im Verkehrssektor besonders kräftig

expandiert; von 1990 bis 2005 hat er sich dort mehr als verachtfacht! Allerdings ist dessen quantitative Bedeutung mit einem Anteil am Stromverbrauch von weniger als 5 % (2005) vergleichsweise gering (**Tabelle 2-14**).

Tabelle 2-14 Entwicklung des Endenergieverbrauchs Strom in Bremen von 1990 bis 2005 nach Sektoren

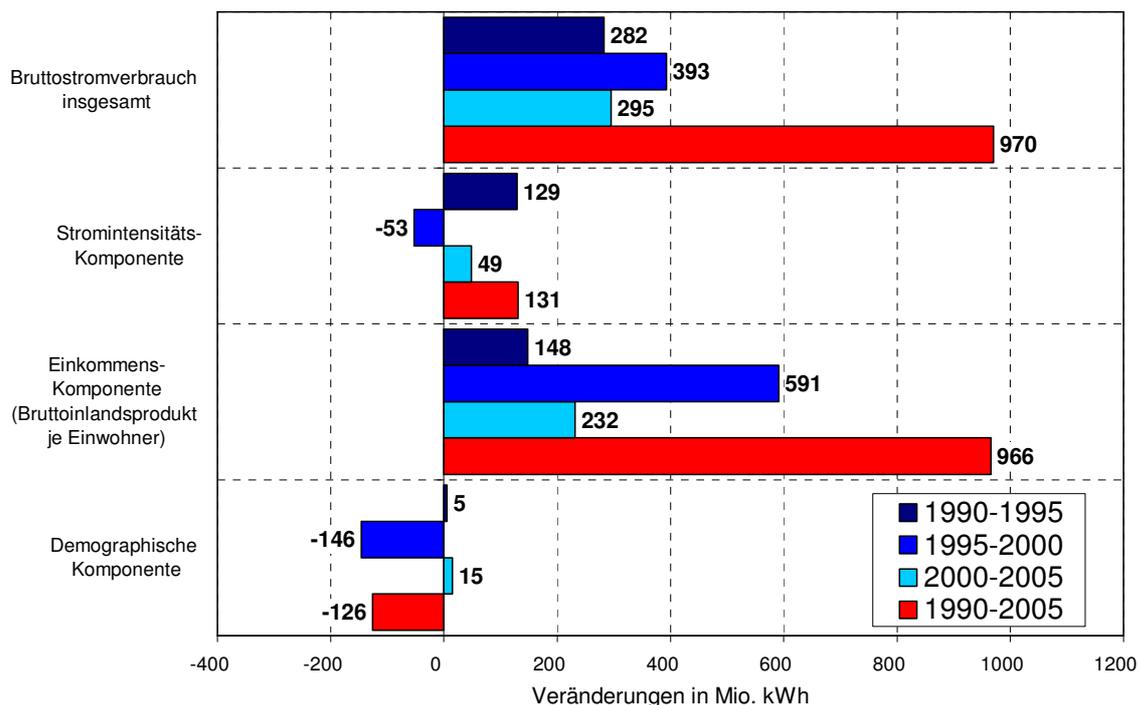
	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
	Land Bremen				Stadt Bremen				Stadt Bremerhaven			
	Entwicklung 1990 = 100											
Endenergieverbrauch	100,0	105,9	108,4	117,5	100,0	106,4	109,0	115,6	100,0	101,9	103,2	133,4
Verarb. Gewerbe gesamt	100,0	113,7	122,8	113,2	100,0	116,0	124,1	111,2	100,0	107,8	97,7	149,6
Eisenschaffende Industrie	100,0	110,9	111,1	113,5	100,0	110,9	111,1	113,5	-	-	-	-
Fahrzeug-/Schiffbau	100,0	98,5	118,5	104,9	100,0	100,3	124,5	103,5	100,0	77,4	44,7	121,2
Nahrungs-/Genussmittel-/Ernährungsgewerbe	100,0	115,6	130,3	133,9	100,0	114,8	134,2	132,6	100,0	118,9	114,5	139,2
Übr. verarb. Gewerbe	100,0	140,0	164,7	98,6	100,0	155,7	167,9	90,3	100,0	112,5	114,8	227,6
Verkehr	100,0	116,4	116,8	842,4	100,0	116,4	116,8	752,1	-	-	-	-
Haushalte,GHD, übrige Verbraucher	100,0	97,0	95,3	112,2	100,0	96,4	93,5	110,4	100,0	100,2	104,9	121,5
	Sektorale Struktur in %											
Endenergieverbrauch	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Verarb. Gewerbe gesamt	47,4	50,9	53,6	45,6	50,3	54,9	57,3	48,4	22,6	23,9	21,4	25,3
Eisenschaffende Industrie	25,7	26,9	26,3	24,8	28,8	30,0	29,3	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Fahrzeug-/Schiffbau	7,7	7,2	8,4	6,9	8,0	7,5	9,1	7,1	5,5	4,1	2,4	5,0
Nahrungs-/Genussmittel-/Ernährungsgewerbe	7,3	8,0	8,8	8,3	6,6	7,1	8,1	7,5	13,4	15,6	14,9	14,0
Übr. verarb. Gewerbe	6,7	8,8	10,1	5,6	7,0	10,3	10,8	5,5	3,8	4,2	4,2	6,4
Verkehr	0,7	0,7	0,7	4,8	0,7	0,8	0,8	4,9	0,0	0,0	0,0	4,2
Haushalte,GHD, übrige Verbraucher	52,0	47,6	45,7	49,6	48,9	44,3	41,9	46,7	77,3	76,1	78,6	70,4
Quellen: Statistisches Bundesamt; Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.												

Die Struktur des Stromverbrauchs nach Endenergiesektoren unterscheidet sich zwischen der Stadt Bremen und Bremerhaven erheblich: Während in der Stadt Bremen das verarbeitende Gewerbe fast zur Hälfte am Endenergieverbrauch beteiligt ist, dicht gefolgt vom Sektor Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (und übrige Sektordaten), rangiert dieser Sektor in der Stadt Bremerhaven mit einem Anteil von rund 70 % weit vor dem verarbeitenden Gewerbe mit etwa einem Viertel. Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes ist in der Stadt Bremen die Stahlindustrie mit einem Stromverbrauch von knapp 1,2 Mrd. kWh der bei Weitem größte Verbraucher. Allein 28 % des gesamten Stromverbrauchs in den Endenergiesektoren entfielen 2005 in der Stadt Bremen auf die Stahlindustrie.

Wie bei den beiden anderen Verbrauchsaggregaten, dem Primärenergieverbrauch und dem Endenergieverbrauch, wurden auch für den Bruttostrom-

verbrauch auf der Grundlage der Komponentenzerlegung die wichtigen Einflüsse auf dessen Veränderungen im Land Bremen untersucht. Dabei wurden wiederum neben der demographischen Komponente und der Einkommenskomponente die sog. Stromintensitätskomponente als Indikator für die Stromproduktivität berücksichtigt. Im Ergebnis zeigt sich ein ähnliches Bild (**Abbildung 2-11**):

Abbildung 2-11 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen des Bruttostromverbrauchs im Land Bremen



Anders als beim Primär- und Endenergieverbrauch ist die Stromintensität im gesamten Zeitraum von 1990 bis 2005 zwar gesunken, doch reichte dies nicht aus, um die verbrauchserhöhenden Effekte der steigenden Durchschnittseinkommen auszugleichen. In allen untersuchten Perioden hat somit der Bruttostromverbrauch stetig zugenommen.

Ein Blick auf die Struktur des Energieeinsatzes zur Stromerzeugung ist der **Tabelle 2-15** zu entnehmen. Es ist wenig überraschend, dass die Steinkohle der mit großem Abstand wichtigste Einsatzenergieträger ist: In der Stadt Bremen ist sie mit rund 70 % am gesamten Brennstoffeinsatz beteiligt, vor dem Gichtgas (gut 10 %), dem Erdgas (rund 9 %), dem Mineralöl (knapp 4 %) und der Biomasse (reichlich 3 %). Völlig anders sieht die Struktur in Bremerhaven aus. Hier wird der größte Teil der Stromerzeugung schon traditionell aus dem Müllheizkraftwerk erbracht, so dass als Brennstoff die Biomasse mit fast 52 % sowie die sonstigen Abfälle mit reichlich einem Drittel die wichtigste Rolle spielen; Erdgas ist am gesamten Brennstoffeinsatz in Bremerhaven

zuletzt nur noch mit kaum mehr als 8 % beteiligt (alle Angaben für 2005). Der Einsatz sonstiger erneuerbarer Energien ist für die Stadt Bremen wie für Bremerhaven nach wie vor von untergeordneter Bedeutung.

Tabelle 2-15 Entwicklung des Brennstoffeinsatzes zur Stromerzeugung in Bremen von 1990 bis 2005 nach Energieträgern

		Land Bremen				Stadt Bremen				Stadt Bremerhaven			
		1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung in TJ	Steinkohlen	39074	38264	41111	48540	39074	38264	41111	48540	0	0	0	0
	Braunkohlen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mineralöl	921	1247	2319	2667	834	1151	2261	2635	87	97	58	33
	Gichtgas	6444	6902	11428	7256	6444	6902	11428	7256	0	0	0	0
	Erdgas	9971	7944	3520	6491	9933	7685	3296	6258	38	259	224	233
	Klärgas	160	155	270	255	89	82	186	179	71	73	84	76
	Wind	0	21	60	250	0	4	41	211	0	17	19	38
	PV	0	0	1	3	0	0	1	2	0	0	0	0
	Biomasse	789	383	680	3661	77	65	142	2198	712	318	538	1464
	Abfälle	527	774	528	2371	52	298	170	1395	475	476	359	976
	Andere	35	0	204	159	35	0	204	159	0	0	0	0
	Summe	57921	55689	60120	71651	56538	54450	58840	68832	1383	1240	1280	2819
Struktur des Brennstoffeinsatzes nach Energieträgern in %	Steinkohlen	67,5	68,7	68,4	67,7	69,1	70,3	69,9	70,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	Braunkohlen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mineralöl	1,6	2,2	3,9	3,7	1,5	2,1	3,8	3,8	6,3	7,8	4,5	1,2
	Gichtgas	11,1	12,4	19,0	10,1	11,4	12,7	19,4	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	Erdgas	17,2	14,3	5,9	9,1	17,6	14,1	5,6	9,1	2,7	20,9	17,5	8,3
	Klärgas	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	5,1	5,9	6,6	2,7
	Wind	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	1,4	1,5	1,3
	PV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Biomasse	1,4	0,7	1,1	5,1	0,1	0,1	0,2	3,2	51,5	25,6	42,0	51,9
	Abfälle	0,9	1,4	0,9	3,3	0,1	0,5	0,3	2,0	34,3	38,4	28,0	34,6
	Andere	0,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	Summe	100,0	100,0	100,0	100,0								
Bruttostromerzeugung in GWh		6406	6173	6741	7646	6296	6035	6615	7477	110	138	126	169
Stromerzeugungsnutzungsgrad in %		39,8	39,9	40,4	38,4	40,1	39,9	40,5	39,1	28,7	40,2	35,5	21,6
Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.													

Interessant ist der Vergleich des gesamten Brennstoffeinsatzes mit der Stromerzeugung. Aus dem Verhältnis beider Größen lässt sich der mittlere Stromerzeugungsnutzungsgrad ermitteln, der in der letzten Zeile der **Tabelle 2-15** ausgewiesen wird. Danach bewegt sich der Stromerzeugungsnutzungsgrad in der Stadt Bremen im Zeitraum von 1990 bis 2005 beinahe durchgängig in einer Größenordnung von rund 40 %. Dagegen weist diese Kennziffer in Bremerhaven erhebliche Schwankungen auf, was mit der konkreten Struktur einer auf Abfall basierten Stromerzeugung – vielleicht aber auch mit statistischen Erfassungs- und Bewertungsproblemen - zu tun haben mag. Jedenfalls stieg der Stromerzeugungsnutzungsgrad in der ersten Hälfte der neunziger Jahre sprunghaft von knapp 29 % auf beinahe 43 %, fiel dann bis 2000 auf rund 38 % und erreichte im Jahr 2005 mit noch nicht einmal mehr 22 % einen deutlichen Tiefpunkt.

Abschließend sei noch ein Überblick über den Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung gegeben (vgl. **Tabelle 2-16**). Landesweit hat sich die entsprechende Stromerzeugung in der Summe von knapp 78 GWh auf 222 GWh nahezu verdreifacht. Dieser Zuwachs ist vor allem auf die Entwicklung in der Stadt Bremen zurückzuführen, wo 2005 fast acht Mal so viel Strom aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt wurde wie 1990. Gleichwohl beträgt hier deren Anteil an der gesamten Stromerzeugung nach wie vor weniger als 2 %.

Im Unterschied dazu war der Beitrag der erneuerbaren Energien zur (vom Niveau her insgesamt allerdings recht niedrigen) Stromerzeugung in der Stadt Bremerhaven mit einem Anteil von über 50 % schon immer sehr hoch. Grund hierfür ist in erster Linie der hohe Stromerzeugungsbeitrag der Biomasse, die im Übrigen auch in der Stadt Bremen noch immer das größte Gewicht unter den erneuerbaren Energien einnimmt.

Erhebliche und kräftig zunehmende Erzeugungsanteile hat in den vergangenen Jahren in der Stadt Bremen wie in der Stadt Bremerhaven die Windkraft übernommen. In der Stadt Bremen war sie im Jahr 2005 mit rund 43 % und in der Stadt Bremerhaven mit reichlich 12 % an der gesamten Stromerzeugung auf regenerativer Basis beteiligt. In nennenswertem Umfang wird auch Strom aus Klärgas produziert, während die Erzeugung aus Photovoltaikanlagen nach wie vor auf sehr niedrigem Niveau verharrt.

Tabelle 2-16 Beitrag der erneuerbaren Energien in Bremen zur Stromerzeugung

	Land Bremen				Stadt Bremen				Stadt Bremerhaven			
	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
Stromerzeugung in MWh												
Windkraft	169	5785	16705	69308	0	1054	11501	58739	169	4731	5204	10569
Photovoltaik	230	44	192	735	230	43	185	623	0	2	7	112
Klärgas	16290	16115	21155	21025	11530	11355	14835	14171	4760	4760	6320	6854
Deponiegas	0	0	4189	2606	0	0	4189	2606	0	0	0	0
Biomasse	60974	63382	59350	128550	5935	9124	11291	60441	55040	54258	48059	68108
Summe Erneuerbare Energien (EE)	77663	85327	101591	222224	17695	21576	42001	136580	59969	63751	59590	85643
Summe Bruttostromerzeugung (BSE)	6406219	6173025	6741471	7646003	6296071	6034742	6615225	7476535	110270	138283	126246	169468
Anteil EE an BSE in %	1,2	1,4	1,5	2,9	0,3	0,4	0,6	1,8	54,4	46,1	47,2	50,5
Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in %												
Windkraft	0,2	6,8	16,4	31,2	0,0	4,9	27,4	43,0	0,3	7,4	8,7	12,3
Photovoltaik	0,3	0,1	0,2	0,3	1,3	0,2	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1
Klärgas	21,0	18,9	20,8	9,5	65,2	52,6	35,3	10,4	7,9	7,5	10,6	8,0
Deponiegas	0,0	0,0	4,1	1,2	0,0	0,0	10,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Biomasse	78,5	74,3	58,4	57,8	33,5	42,3	26,9	44,3	91,8	85,1	80,6	79,5
Summe Erneuerbare Energien (EE)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Quelle: Statistisches Landesamt Bremen.

2.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

2.3.1 Vorbemerkungen

Auf der Grundlage der Energiebilanzen für Bremen und der Verwendung energieträgerspezifische Emissionsfaktoren legt das Statistische Landesamt Bremen zugleich Bilanzen zu Niveau und Struktur der CO₂-Emissionen vor. Dabei unterscheidet es zwischen einer sog. Quellenbilanz, bei der sämtliche im Land befindlichen Emissionsquellen im Umwandlungsbereich und in den Endenergiesektoren berücksichtigt werden, und einer sog. Verursacherbilanz, die eine auf den Endenergieverbrauch des Landes bezogene Darstellung der Emissionen liefert. Im Unterschied zur Quellenbilanz werden hierbei die Emissionen des Umwandlungsbereichs nicht als solche ausgewiesen, sondern nach dem Verursacherprinzip den sie verursachenden Endverbrauchersektoren zugeordnet. Dies ist vor allem im Hinblick auf die Bewertung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs in den Endenergiesektoren von Bedeutung, deren Emissionen hier bei der Quellenbilanz unberücksichtigt bleiben, da Strom und Fernwärme bei der Nutzung emissionsfrei sind.

In der internationalen Praxis der Emissionsberichterstattung im Rahmen der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) wird strikt dem Territorialprinzip gefolgt, wonach sämtliche in einer Region entstehenden Emissionen auch dieser Region zugerechnet werden. Indirekte Emissionen im Zusammenhang mit dem Import (Bezug) oder Export (Lieferungen) von Energieträgern bleiben dabei ebenso unberücksichtigt wie der Außenhandel von Produkten, in denen ebenfalls Emissionen inkorporiert sind.

Für Bremen spielt dieser Aspekt insoweit eine Rolle, als nach diesem Territorialprinzip dem Land auch die Emissionen zugeordnet werden müssen, die ohne einen besonderen Landesbezug in Bremen entstehen. Dies gilt beispielsweise für das E.ON-Kraftwerk Farge, dessen Emissionen zwar in Bremen entstehen, dessen gesamte Stromerzeugung aber der Versorgung von Verbrauchern außerhalb Bremens dient. Eine vergleichbare Situation ist für die Bahnstromerzeugung in den Kraftwerken der swb AG gegeben, die ebenfalls fast ausschließlich dem außerbremischen Bahnnetz zu Gute kommt. Ähnliches trifft auch für die Stahlindustrie mit ihrem beträchtlichen Emissionsvolumen zu, deren Produkte aber im Wesentlichen exportiert werden.

In diesem Abschnitt werden sowohl die Quellenbilanzen als auch die Verursacherbilanzen diskutiert. Bei der Quellenbilanz wird grundsätzlich auf die entsprechenden Emissionsbilanzen des Statistischen Landesamtes Bremen zurückgegriffen und damit dem strikten Territorialprinzip gefolgt. Ergänzend wird aber auch eine Schätzung der Emissionswirkungen versucht, falls das Kraftwerk Farge, die Bahnstromerzeugung der swb AG und die Stahlindustrie mit ihrem Endverbrauch und Hochofen unberücksichtigt bleiben.

Bei der Verursacherbilanz werden ebenfalls die Angaben des Statistischen Landesamtes mit Ausnahme einer unterschiedlichen emissionsseitigen Bewertung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs verwendet (siehe dazu weiter unten).

2.3.2 Entwicklung der CO₂-Emissionen nach der Quellenbilanzierung

2.3.2.1 Entwicklung nach Sektoren und Energieträgern

Die CO₂-Emissionen sind im Land Bremen von 13,4 Mio. t im Jahr 1990 um rund 9 % auf 12,2 Mio. t im Jahr 2005 gesunken. Wie beim Primärenergieverbrauch entfällt auch bei der CO₂-Emissionen der größte Teil, nämlich rund 95 %, auf die Stadt Bremen: Hier sind die Emissionen von 12,7 Mio. t (1990) um etwa 8 % auf knapp 11,7 Mio. t (2005) zurückgegangen. Obwohl quantitativ nicht sehr ins Gewicht fallend, haben die CO₂-Emissionen in Bremerhaven erheblich stärker abgenommen; 2005 waren sie hier mit 0,57 Mio. t um 20 % niedriger als 1990 mit 0,72 Mio. t.

In den einzelnen Sektoren, aber auch in einzelnen Zeitabschnitten, haben sich die Emissionen sehr unterschiedlich entwickelt (**Tabelle 2-17**). Besonders kräftige - volumenmäßig gewichtige - Minderungen zeigen sich für die Gesamtperiode in nahezu allen Endenergiesektoren. Auffällig ist vor allem der mit rund einem Fünftel deutliche Rückgang der verkehrsbedingten Emissionen und in der Stahlindustrie; hier speziell im Vergleich der Emissionen in den Jahren 2000 und 2005, als ein Hochofen vorübergehend stillgelegt war. Stärker noch sind die Emissionen im Bereich Haushalte/GHD-Sektor gefallen; hier spielen auch Substitutionsprozessen zugunsten der in der Anwendung emissionsfreien Energieträger Strom und Fernwärme eine wesentliche Rolle.

Auf der anderen Seite steht die beträchtliche Zunahme der Emissionen im Kraftwerkssektor. Zusammengenommen waren die Emissionen in den Kraftwerken der allgemeinen Versorgung und in den Industriekraftwerken im Jahr 2005 um rund eine Million Tonnen oder um etwa 20 % höher als 1990.

Strukturell sind die Kraftwerke mit ihrem Anteil von reichlich der Hälfte (2005) auch die größten Emittenten im Land Bremen (mit hoher Konzentration auf die Stadt Bremen). Es folgen die Eisenschaffende Industrie mit einem Anteil von reichlich einem Fünftel, der Verkehr sowie der Sektor Haushalte/GHD mit jeweils rund 11 %. Das übrige verarbeitende Gewerbe trägt im Land mit weniger als 3 % zu den CO₂-Emissionen bei (**Tabelle 2-18**).

Deutliche Unterschiede gibt es zwischen der Stadt Bremen und der Stadt Bremerhaven. Während in der Stadt Bremen die Sektoralstruktur weitgehend derjenigen auf Landesebene entspricht, rangieren in Bremerhaven die CO₂-Emissionen des Verkehrs (2005 knapp 38 %) und im Sektor Haushalte/GHD (Anteil 2005: rund ein Drittel) deutlich vor der Kraftwirtschaft und der Industrie.

Tabelle 2-17 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Bremen 1990, 1995, 2000 und 2005 nach Sektoren (Quellenbilanz)

		1990	1995	2000	2005	1990/95	1995/00	2000/05	1990/05
		CO ₂ -Emissionen in 1000 t				Veränderungen in %			
Land Bremen	Öffentliche Kraftwerke ¹⁾	4121	3870	5698	6230	-6,1	47,2	9,3	51,2
	Industriekraftwerke ²⁾	1135	1220	65	61	7,5	-94,7	-5,5	-94,6
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke	215	286	245	145	33,4	-14,4	-40,9	-32,5
	Sonstige Energieerzeuger	1		4	0	x	-99,0	-99,7	-99,3
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	4	384	4	1	x	x	-65,9	-65,6
	Fackelverluste	481		75	105	x	x	39,8	-78,2
	Umwandlungsbereich zusammen	5957	5760	6091	6543	-3,3	5,7	7,4	9,8
	Eisenschaffende Industrie	3441	3580	4663	2664	4,0	30,3	-42,9	-22,6
	Übriges Verarbeitendes Gewerbe	427	425	323	341	-0,5	-24,1	5,7	-20,2
	Verkehr	1706	1563	1508	1357	-8,3	-3,6	-10,0	-20,4
	Haushalte, GHD und übr. Verbraucher	1903	1910	1494	1317	0,4	-21,8	-11,9	-30,8
Endenergiesektoren zusammen	7477	7479	7988	5679	0,0	6,8	-28,9	-24,0	
Insgesamt	13434	13239	14079	12222	-1,5	6,3	-13,2	-9,0	
Stadt Bremen	Öffentliche Kraftwerke ¹⁾	4077	3823	5653	6136	-6,2	47,8	8,6	50,5
	Industriekraftwerke ²⁾	1135	1220	64	61	7,5	-94,7	-4,9	-94,6
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke	144	183	158	115	26,6	-13,4	-27,5	-20,5
	Sonstige Energieerzeuger	1		4	0	x	-99,0	-99,7	-99,2
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	4	384	4	1	x	x	-65,9	-65,6
	Fackelverluste	481		75	105	x	x	39,8	-78,2
	Umwandlungsbereich zusammen	5843	5610	5959	6419	-4,0	6,2	7,7	9,9
	Eisenschaffende Industrie	3441	3580	4663	2664	4,0	30,3	-42,9	-22,6
	Übriges Verarbeitendes Gewerbe	387	395	307	300	1,9	-22,2	-2,3	-22,6
	Verkehr	1410	1269	1245	1143	-10,0	-1,9	-8,2	-18,9
	Haushalte, GHD und übr. Verbraucher	1637	1676	1290	1126	2,4	-23,1	-12,7	-31,2
Endenergiesektoren zusammen	6875	6920	7506	5233	0,7	8,5	-30,3	-23,9	
Insgesamt	12718	12529	13464	11652	-1,5	7,5	-13,5	-8,4	
Stadt Bremerhaven	Öffentliche Kraftwerke	44	47	45	94	6,5	-4,6	108,8	112,2
	Industriekraftwerke	0	0	0	0	x	x	x	x
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke	70	104	87	30	47,2	-16,2	-65,1	-56,9
	Sonstige Energieerzeuger	0		0	0	x		x	x
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	0	0	0	0	x	x	x	x
	Fackelverluste	0		0	0	x	x	x	x
	Umwandlungsbereich zusammen	115	151	132	124	31,6	-12,3	-6,3	8,1
	Eisenschaffende Industrie	0	0	0	0	x	x	x	x
	Übriges Verarbeitendes Gewerbe	40	31	16	41	-23,5	-48,3	160,3	2,9
	Verkehr	296	294	262	214	-0,7	-10,8	-18,3	-27,6
	Haushalte, GHD und übr. Verbraucher	266	234	205	191	-11,9	-12,6	-6,8	-28,3
Endenergiesektoren zusammen	602	559	483	446	-7,2	-13,6	-7,5	-25,9	
Insgesamt	717	710	615	570	-1,0	-13,3	-7,3	-20,4	

1) 1990 und 1995 ohne Bahnstromerzeugung.- 2) 1990 und 1995 einschließlich Bahnstromerzeugung.
Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Einen Eindruck von der Entwicklung der CO₂-Emissionen nach Sektoren und Energieträgern liefert **Tabelle 2-19**. Landesweit entstehen die meisten CO₂-Emissionen durch die Verbrennung von Steinkohlen, wobei deren Anteil von gut 40 % im Jahr 1990 bis 2005 auf fast die Hälfte gestiegen ist. Der hohe Anteil ist eine Folge der weitgehend kohlenbasierten Stromerzeugung und Stahlindustrie, da in allen anderen Sektoren die Steinkohle praktisch keine Rolle mehr spielt.

An zweiter Stelle folgen die Gase (Erdgas **und** Gichtgas) mit einem beinahe konstanten Anteil von rund 30 %, vor dem Mineralöl, dessen Emissionsanteil von 28 %

(1990) auf 19 % (2005) gefallen ist. Es sei erwähnt, dass in der Stadt Bremerhaven praktisch keine steinkohlenbasierten Emissionen entstehen, sondern hier die Emissionen mit der Nutzung von Öl und Erdgas im Vordergrund stehen.

Tabelle 2-18 Entwicklung der sektoralen Struktur der CO₂-Emissionen in Bremen 1990, 1995, 2000 und 2005 (Quellenbilanz)

	Land Bremen				Stadt Bremen				Stadt Bremerhaven			
	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005	1990	1995	2000	2005
Sektorale Struktur der CO ₂ -Emissionen in %												
Kraftwerke (öffentliche und Industrie)	39,1	38,4	40,9	51,5	41,0	40,2	42,5	53,2	6,2	6,6	7,4	16,4
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	1,6	2,2	1,7	1,2	1,1	1,5	1,2	1,0	9,8	14,6	14,1	5,3
Übriger Umwandlungsbereich	3,6	2,9	0,6	0,9	3,8	3,1	0,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Umwandlungsbereich zusammen	44,3	43,5	43,3	53,5	45,9	44,8	44,3	55,1	16,0	21,2	21,5	21,7
Eisenschaffende Industrie	25,6	27,0	33,1	21,8	27,1	28,6	34,6	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Übriges verarbeitendes Gewerbe	3,2	3,2	2,3	2,8	3,0	3,1	2,3	2,6	5,6	4,3	2,6	7,2
Verkehr	12,7	11,8	10,7	11,1	11,1	10,1	9,2	9,8	41,3	41,4	42,6	37,6
Haushalte, GHD und übr. Verbraucher	14,2	14,4	10,6	10,8	12,9	13,4	9,6	9,7	37,1	33,0	33,3	33,5
Endenergiesektoren zusammen	55,7	56,5	56,7	46,5	54,1	55,2	55,7	44,9	84,0	78,8	78,5	78,3
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0								

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Auch bei den Emissionen soll nach den wichtigsten Faktoren gefragt werden, die deren Entwicklung maßgeblich bestimmt haben. Dabei umfasst die auf die CO₂-Emissionen bezogene Komponentenerlegung - anders als dies bei den energiebezogenen Darstellungen der Fall ist (s.o.) - die folgenden Faktoren:

- Bevölkerung (demographische Komponente),
- Bruttoinlandsprodukt je Einwohner (Einkommenskomponente),
- gesamtwirtschaftliche Energieintensität (Energieintensitäts-Komponente),
- Anteil der CO₂-freien Energieträger (Energimix-Komponente),
- durchschnittlicher CO₂-Gehalt der verbrauchten fossilen Energieträger (CO₂-Gehalt-Komponente).

Die Ergebnisse dieser Komponentenerlegung, die wiederum nur für das Land Bremen durchgeführt werden konnte, lassen deutlich erkennen, dass der Rückgang der Emissionen im Wesentlichen eine Folge der gesunkenen Energieintensität (bzw. der gestiegenen Energieproduktivität) gewesen ist. Dies gilt für alle Perioden mit Ausnahme des Abschnitts von 1995 bis 2000.

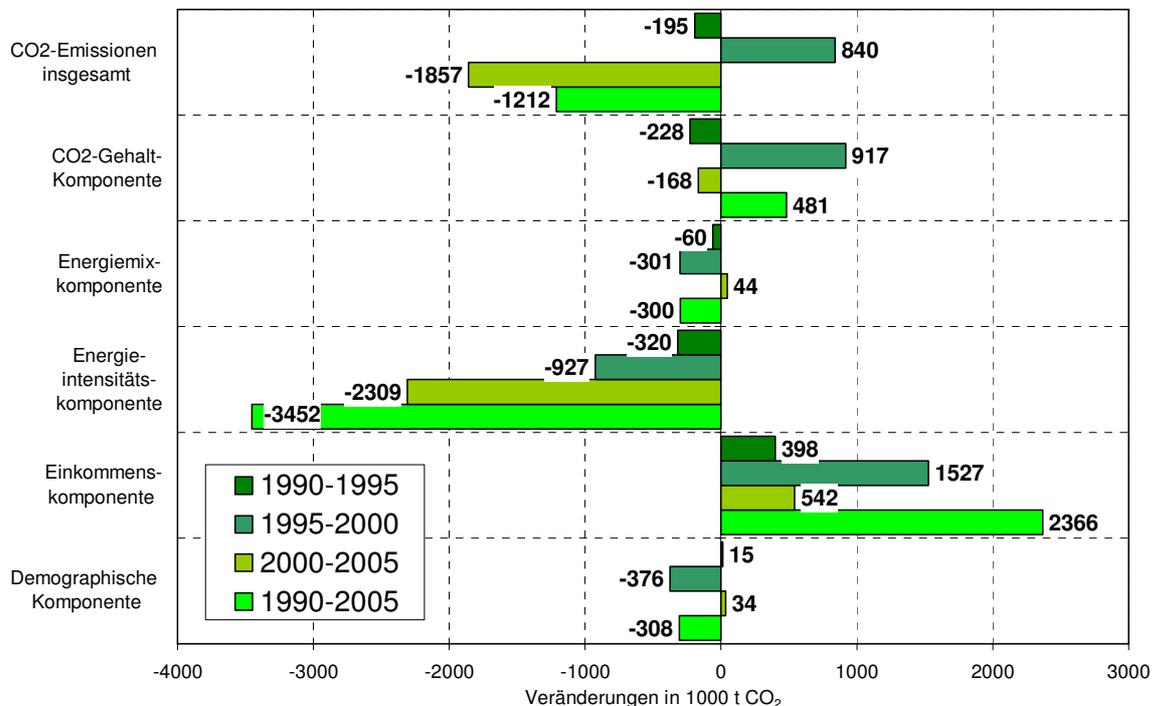
Die Veränderungen des Energiemix' haben die Gesamtentwicklung der CO₂-Emissionen nur wenig beeinflusst. Der Anstieg des CO₂-Gehalts der fossilen Energien hat in der Gesamtperiode sogar für sich genommen emissionserhöhend bewirkt (**Abbildung 2-12**).

Tabelle 2-19 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Bremen 1990 und 2005 nach Sektoren und Energieträgern(Quellenbilanz)

		1990					2005					Änderungen insgesamt 2005 gg. 1990
		Ins- gesamt	Stein- kohlen	Mineralöl- produkte	Gase	Übrige	Ins- gesamt	Stein- kohlen	Mineralöl- produkte	Gase	Übrige	
		CO ₂ -Emissionen in 1000 t										
Land Bremen	Kraftwerke (öffentl. + Industrie)	5256	3645	72	1502	37	6291	4466	264	1372	190	20
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke	215	32	20	98	64	145	0	12	85	48	-32
	Sonstige Energieerzeuger	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-99
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	4	0	4	0	0	1	0	1	0	0	-66
	Fackelverluste	481	0	0	481	0	105	0	0	105	0	-78
	Umwandlungsbereich zusammen	5957	3677	97	2082	101	6543	4466	277	1562	238	10
	Eisenschaffende Industrie	3441	1684	563	1195	0	2664	1519	65	1038	42	-23
	Übriges Verarbeitendes Gewerbe	427	75	149	199	5	341	11	66	262	2	-20
	Verkehr	1706	0	1706	0	0	1357	0	1357	1	0	-20
	Haushalte/GHD	1903	17	1227	634	25	1317	1	598	709	10	-31
Endenergiesektoren zusammen	7477	1776	3644	2027	30	5679	1530	2085	2010	54	-24	
Insgesamt	13434	5453	3741	4109	131	12222	5996	2362	3572	292	-9	
Stadt Bremen	Kraftwerke (öffentl. + Industrie)	5212	3645	65	1500	2	6198	4466	262	1359	112	19
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke	144	32	16	71	24	115	0	11	72	32	-21
	Sonstige Energieerzeuger	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-99
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	4	0	4	0	0	1	0	1	0	0	-66
	Fackelverluste	481	0	0	481	0	105	0	0	105	0	-78
	Umwandlungsbereich zusammen	5843	3677	87	2053	25	6419	4466	274	1536	144	10
	Eisenschaffende Industrie	3441	1684	563	1195	0	2664	1519	65	1038	42	-23
	Übriges Verarbeitendes Gewerbe	387	70	126	186	5	300	11	62	225	2	-23
	Verkehr	1410	0	1410	0	0	1143	0	1142	1	0	-19
	Haushalte/GHD	1637	14	1064	540	20	1126	0	510	609	6	-31
Endenergiesektoren zusammen	6875	1768	3163	1920	25	5233	1530	1779	1873	51	-24	
Insgesamt	12718	5445	3250	3973	50	11652	5996	2053	3408	194	-8	
Stadt Bremerhaven	Kraftwerke (öffentl. + Industrie)	44	0	6	2	36	94	0	2	13	78	112
	Heizkraftwerke, Fernheizwerke	70	0	4	26	40	30	0	1	14	16	-57
	Sonstige Energieerzeuger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100
	Verbrauch in der Energiegewinnung und in den Umwandlungsbereichen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-100
	Fackelverluste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	Umwandlungsbereich zusammen	115	0	10	29	76	124	0	3	27	94	8
	Eisenschaffende Industrie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	Übriges Verarbeitendes Gewerbe	40	4	23	13	0	41	0	4	37	0	3
	Verkehr	296	0	296	0	0	214	0	214	0	0	-28
	Haushalte/GHD	266	4	163	94	5	191	0	87	100	4	-28
Endenergiesektoren zusammen	602	8	481	108	5	446	0	306	137	4	-26	
Insgesamt	717	8	492	136	81	570	0	309	164	98	-20	

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; eigene Berechnungen.

Abbildung 2-12 Beiträge verschiedener Einflussfaktoren zu den Veränderungen der CO₂-Emissionen (Quellenbilanz) im Land Bremen



2.3.2.2 Bereinigung der CO₂-Quellenbilanz

Unabhängig von der Geltung des Territorialprinzips soll hier ein Eindruck vom Emissionsniveau gegeben werden, das sich herausstellen würde, wenn die in der Quellenbilanz enthaltenen CO₂-Emissionen

- die dem E.on-Kraftwerk Farge,
- der Bahnstromerzeugung/Gichtgasstromerzeugung der swb AG sowie
- der eisenschaffenden Industrie/Stahlindustrie

zuzurechnen sind, unberücksichtigt bleiben. Die Nichtberücksichtigung der Stahlindustrie hat zur Folge, dass der gesamte Gichtgaseinsatz (also nicht nur derjenige in der Eisenschaffenden Industrie selbst, sondern auch die Gichtgasverstromung bei der swb AG) mit seinen Emissionsfolgen nicht eingerechnet wird. Dabei wird unterstellt, dass die ausfallende Stromerzeugung bei der swb AG durch Wegfall von Stromlieferungen bzw. durch – in Bremen - emissionsfreie Stromimporte ausgeglichen wird. Im Einzelnen werden folgenden Emissionsmengen von den Ursprungswerten der Quellenbilanz abgezogen:

Kraftwerk Farge.....	1291 kt CO ₂ (1990).....	1606 kt CO ₂ (2005)
Gichtgasstromerzeugung swb AG	2059 kt CO ₂ (1990).....	1870 kt CO ₂ (2005)
Vermeidung Umwandlungsverluste	457 kt CO ₂ (1990).....	105 kt CO ₂ (2005)
Endenergie Stahlindustrie.....	3442 kt CO ₂ (1990).....	2664 kt CO ₂ (2005)
Indirekte Effekte Stahlindustrie.....	200 kt CO ₂ (1990).....	422 kt CO ₂ (2005)
Gesamteffekte.....	7447 kt CO₂ (2005)	6666 kt CO₂ (2005)

Ungeachtet der Tatsache, dass die in den Quellenbilanzen ausgewiesenen CO₂-Emissionen nach wie vor im Land Bremen entstehen, würden unter den zuvor genannten Voraussetzungen (die im Übrigen nur für die Stadt Bremen zutreffen) die dem Land Bremen zurechenbaren Emissionen im Jahr 1990 lediglich knapp 6 Mio. t (statt 13,4 Mio. t) und im Jahr 2005 statt 12,2 Mio. t nur noch annähernd 5,6 Mio. t betragen. Das bedeutet, dass etwa 55 % der CO₂-Emissionen Bremens anderen Regionen zugerechnet werden könnten (**Tabelle 2-20**).

Tabelle 2-20 Bereinigung der Ursprungswerte der CO₂-Emissionen in Bremen 1990, und 2005 um die Bremen nicht zurechenbaren Emissionsquellen (Quellenbilanz)

	1990		2005		Emissionsminderung durch Nichtzurechnung	
	Ursprungswerte	bereinigt	Ursprungswerte	bereinigt	1990	2005
	1000 t CO ₂					
Stadt Bremen						
Kraftwerke (öffentliche und Industrie)	5212	1663	6198	2301	-3549	-3897
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	144	144	115	115		
Übriger Umwandlungsbereich	486	29	106	1	-457	-105
Umwandlungsbereich insgesamt	5843	1836	6419	2417	-4006	-4002
Eisenschaffende Industrie	3441	0	2664	0	-3441	-2664
Übriges verarbeitendes Gewerbe	387	387	300	300		
Verkehr	1410	1410	1143	1143		
Haushalte, GHD-Sektor	1637	1637	1126	1126		
Endenergiesektoren insgesamt	6875	3434	5233	2569	-3441	-2664
Insgesamt	12718	5270	11652	4986	-7447	-6666
Stadt Bremerhaven						
Kraftwerke (öffentliche und Industrie)	44	44	94	94	Keine Bereinigung, da irrelevant	
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	70	70	30	30		
Übriger Umwandlungsbereich	0	0	0	0		
Umwandlungsbereich insgesamt	115	115	124	124		
Eisenschaffende Industrie	0	0	0	0		
Übriges verarbeitendes Gewerbe	40	40	41	41		
Verkehr	296	296	214	214		
Haushalte, GHD-Sektor	266	266	191	191		
Endenergiesektoren insgesamt	602	602	446	446		
Insgesamt	717	717	570	570		
Land Bremen						
Kraftwerke (öffentliche und Industrie)	5256	1707	6291	2395	-3549	-3897
Heizkraftwerke, Fernheizwerke	215	215	145	145		
Übriger Umwandlungsbereich	486	29	106	1	-457	-105
Umwandlungsbereich insgesamt	5957	1951	6543	2541	-4006	-4002
Eisenschaffende Industrie	3441	0	2664	0	-3441	-2664
Übriges verarbeitendes Gewerbe	427	427	341	341		
Verkehr	1706	1706	1357	1357		
Haushalte, GHD-Sektor	1903	1903	1317	1317		
Endenergiesektoren insgesamt	7477	4036	5679	3015	-3441	-2664
Insgesamt	13434	5987	12222	5556	-7447	-6666

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; Eon; swb AG; eigene Berechnungen.

2.3.3 Die Entwicklung der CO₂-Emissionen nach der Verursacherbilanzierung

Die auf die Endenergiesektoren bezogenen Verursacherbilanzen unterscheiden sich nicht von den Quellenbilanzen hinsichtlich der Emissionen aus der Verbrennung der hier verwendeten fossilen Energieträger. Sie berücksichtigen aber, dass die bei der Strom- und Fernwärmeerzeugung entstehenden Emissionen auch den Strom- und Fernwärmeverbrauchern auf der Endenergiestufe zugerechnet werden können. Dies geschieht im Grunde dadurch, dass die entsprechenden Emissionen im Umwandlungsbereich auf die Endverbraucher „umgelegt“ werden. Dabei müssen notwendigerweise vereinfachende Annahmen getroffen werden, da es nicht möglich ist, einzelnen Endverbrauchern spezifische Kraftwerke mit ihrer je unterschiedlichen Energieträgerbasis (und damit unterschiedlichen spezifischen Emissionen) zuzuordnen. Dies muss bei der Bewertung der Verursacherbilanzen beachtet werden. Verursacherbilanzen stellen im besten Fall einen Indikator dar im Hinblick auf die von den Endenergieverbrauchern in einer Region bewirkten Emissionen.

2.3.3.1 Ermittlung der spezifischen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme

Voraussetzung für die Ableitung der Verursacherbilanzen ist die Festlegung auf spezifische Emissionswerte für den Strom und die Fernwärme. Dabei muss auch unterschieden werden zwischen den Anlagen der Stadt Bremen und der Stadt Bremerhaven.

Stadt Bremen (Strom): Beim Strom werden die mittleren spezifischen Emissionen aus den folgenden Kraftwerken der swb AG (Blöcke 5, 6, 14 und 15 sowie Erdgasblock 4, Block 4 (Hafen), Gasturbine 3 und BHKW Sodenmatt) zugrunde gelegt. Zur Ermittlung konnten die von der swb AG zur Verfügung gestellten Daten herangezogen werden. Zusätzlich werden die Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und aus dezentralen KWK-Anlagen berücksichtigt.

Stadt Bremen (Fernwärme): Bei der Fernwärme wurde unterschieden zwischen dem Fernwärmegebiet Bremer Osten und Bremer Westen, für die die von der swb AG genannten Emissionswerte der dort einspeisenden Anlagen berücksichtigt worden sind. Der Wert für die Stadt Bremen insgesamt errechnete sich auf dieser Basis als Durchschnitt.

Stadt Bremerhaven (Strom): Bremerhaven verfügt nur über kleine eigene Stromerzeugungsanlagen, daher ist die Stadt in erheblichem Umfang auf Stromlieferungen angewiesen, die nach hiesiger Kenntnis überwiegend aus dem außerbremischen Verbundnetz stammen. Für deren emissionsseitige Bewertung werden die spezifischen Emissionen herangezogen, die sich aus dem Verhältnis der CO₂-Emissionen aus der bundesdeutsche Bruttostromerzeugung in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung zum Stromendverbrauch (ohne den Beitrag erneuerbarer Energieträger) unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Stromerzeugung in Bremerhaven auf

Basis erneuerbarer Energien errechnen lassen (vgl. dazu **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Stadt Bremerhaven (Fernwärme): Die Fernwärmeversorgung in Bremerhaven beruht zu großen Teilen auf der Produktion im Müllheizkraftwerk der Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft mbH (BEG). Die spezifischen Emissionswerte wurden auf der Grundlage der Energiebilanzen des Statistischen Landesamtes Bremen, aber entsprechend der „traditionellen“ Philosophie der Brennstoffaufteilung bei KWK-Prozessen auf Strom und Wärme (Wärmerestwertmethode) ermittelt.

Eine Übersicht über sämtliche der bei den weiteren Rechnungen verwendeten spezifischen Emissionsfaktoren gibt **Tabelle 2-21**.

Tabelle 2-21 Für die Ermittlung der Verursacherbilanzen verwendeten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme in der Stadt Bremen und Bremerhaven für 1990 und 2005

	Einheit	1990	2005
		Bremen	
Spezifische Emissionsfaktoren Strom unter Berücksichtigung der Stromerzeugung in dezentralen KWK-Anlagen und erneuerbaren Energien	g CO ₂ /kWh	836	856
	kg CO ₂ /GJ	232	238
Spezifische Emissionsfaktoren Fernwärme: Fernwärmegebiet Bremer Osten*	g CO ₂ /kWh	180	163
	kg CO ₂ /GJ	50	45
Spezifische Emissionsfaktoren Fernwärme: Fernwärmegebiet Bremer Westen*	g CO ₂ /kWh	xxxx	199
	kg CO ₂ /GJ	xxxx	55
Spezifische Emissionsfaktoren Fernwärme: Fernwärmegebiet Bremen Stadt*	g CO ₂ /kWh	180	167
	kg CO ₂ /GJ	50	46
		Bremerhaven	
Spezifische Emissionsfaktoren Strom (Bundesdurchschnitt für Strombezug unter Berücksichtigung erneuerbarer Energien in Bremerhaven)	g CO ₂ /kWh	800	667
	kg CO ₂ /GJ	222	185
Spezifische Emissionsfaktoren Fernwärme (Eigene Schätzung auf Datenbasis der Energiebilanzen für Bremerhaven)	g CO ₂ /kWh	248	256
	kg CO ₂ /GJ	69	71
*) Einschließlich Netzverluste in Höhe von jeweils 11,8 %.			

Es sei darauf hingewiesen, dass sich die hier gewählte Vorgehensweise auf Wunsch des Auftraggebers deutlich von derjenigen unterscheidet, das das Statistische Landesamt bei seiner Berechnung der Verursacherbilanzen verwendet.

So erfolgt nach Aussagen des Länderarbeitskreises Energiebilanzen beim Energieträger Strom die Anrechnung der dem Endverbrauch zuzurechnenden Emissionsmenge auf Grundlage des Brennstoffverbrauchs aller Stromerzeugungsanlagen

auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Der hierzu benötigte Faktor (Generalfaktor) ergibt sich als Quotient der Summe der Emissionen aller deutschen Stromerzeugungsanlagen, soweit sie für den inländischen Verbrauch produzieren, und der Summe des inländischen Stromendverbrauchs. Ein positiver Stromlieferüberschuss wird dabei unter Anlehnung an die Substitutionstheorie so bewertet, als sei er in inländischen Stromerzeugungsanlagen der allgemeinen Versorgung hergestellt worden. „Aufgrund dieser teilweise modellhaften Berechnungsmethode ist ein direkter Zusammenhang mit den tatsächlich in einem Land angefallenen Emissionen, die in der Quellenbilanz dargestellt werden, nicht gegeben.² Das bedeutet auch, dass die Summe der Emissionen nach der Verursacherbilanz nicht mit jenen aus der Quellenbilanz übereinstimmen muss.

Den so ermittelten Generalfaktor Strom beziffert das Landesamt für das Jahr 1990 auf knapp 197 kg CO₂/GJ bzw. auf 709 und für 2005 auf 161,5 kg CO₂/GJ bzw. 581 g CO₂/kWh – Werte also, die deutlich niedriger sind als die hier für die Stadt Bremen, aber auch für Bremerhaven, verwendeten.

Bei der Fernwärme unterscheidet das Landesamt zwischen der Stadt Bremen und Bremerhaven, wobei für 1990 von Werten von 59,6 kg CO₂/GJ für Bremen und von 79,7 kg CO₂/GJ für Bremerhaven sowie für 2005 von 104,8 kg CO₂/GJ für Bremen und von 98,1 kg CO₂/GJ für Bremerhaven ausgegangen wird. Diese Werte liegen nun deutlich über jenen, die in dieser Studie – wie vorstehend beschrieben – verwendet werden sollen.

Dies weist noch auf einen anderen, primär methodischen Unterschied hin, der aus der Frage nach der Aufteilung des Brennstoffeinsatzes für Kuppelprodukte – in diesem Fall für die Kuppelproduktion von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen – resultiert. Das Ergebnis der Berechnungen für die strom- und fernwärmespezifischen Emissionsfaktoren hängt entscheidend davon ab, wie die Aufteilung des gesamten Brennstoffeinsatzes zur Strom- **und** Fernwärmeerzeugung auf diese beiden Produkte vorgenommen wird.

Die Stromwirtschaft bewertet den Energieeinsatz für die Stromerzeugung in KWK-Anlagen üblicherweise so, als wäre der Strom in Kondensationskraftwerken mit einem bestimmten Nutzungsgrad erzeugt worden. Die sich aus dem gesamten Brennstoffeinsatz und dieser der Stromerzeugung angelasteten Brennstoffmenge ergebende Differenz wird der Fernwärmeerzeugung zugerechnet. Dies führt im Allgemeinen zu niedrigen spezifischen Energie- und Emissionswerten.

Dagegen folgt das Statistische Landesamt (wie übrigens auch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen bei den Energiebilanzen für Deutschland) der sog. Finnischen Methode, bei der zunächst die Primärenergieeinsparung aus KWK-Prozessen unter Berücksichtigung von definierten Referenzwirkungsgraden der getrennten Erzeugung von Strom (40 %) und Wärme (nach StaLa Bremen: 90 %) ermittelt wird.

² Vgl. [http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/list.php?page=liste_en&sv\(relation_en.gsid\)=lbm1.c.229525.de&order=lf_dnr,online_date&order=desc](http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/list.php?page=liste_en&sv(relation_en.gsid)=lbm1.c.229525.de&order=lf_dnr,online_date&order=desc)

Der Brennstoffanteil wird gesondert für Strom und Wärme mit den folgenden Formeln ermittelt:

$$W_{BR,th} = W_{Br} (1 - PEE) \frac{\eta_{th,KWK}}{\eta_{th,REF}} \quad W_{BR,el} = W_{Br} (1 - PEE) \frac{\eta_{el,KWK}}{\eta_{el,REF}}$$

wobei sich PEE wie folgt errechnen lässt:

$$PEE = 1 - 1 / (KWK \eta_{th} / Ref \eta_{th} + KWK \eta_{el} / Ref \eta_{el})$$

wobei gilt

$$K \eta_{th} = \text{Jahresarbeit}_{\text{thermisch}} * 100 / W_{Br}$$

$$Ref \eta_{th} = 80 \text{ bzw. } 90 \% \text{ (Vorgabe)}$$

$$KWK \eta_{el} = \text{Jahresarbeit}_{\text{elektrisch}} * 100 / W_{Br}$$

$$Ref \eta_{el} = 40 \% \text{ (Vorgabe)}$$

PEE Anteil der Primärenergieeinsparung

W_{Br} Brennstoffeinsatz insgesamt

$W_{Br,th}$ Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung

$W_{Br,el}$ Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung

Nach dieser Methode wird der Effizienzvorteil der Kraft-Wärme-Kopplung eher auf beide Produkte verteilt; das heißt, die spezifischen Emissionsfaktoren für Strom werden günstiger, die für Fernwärme dagegen ungünstiger.

Auf ausdrücklichen Wunsch des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa sollen in dieser Studie alternativ zum Vorgehen des Statistischen Landesamtes bei der Ermittlung der CO₂-Verursacherbilanzen grundsätzlich die landesteilspezifischen Emissionswerte zugrunde gelegt werden. Details dazu sind weiter oben skizziert worden.

2.3.3.2 Entwicklung der endenergiebezogenen CO₂-Emissionen

Die auf Basis der vorstehenden methodischen Erläuterungen ermittelten Ergebnisse für die Verursacherbilanzen sind im Detail der **Tabelle 2-22** und der **Tabelle 2-23** zu entnehmen.

Danach werden von den Endenergieverbrauchern in Bremen Emissionen in Höhe von 11,5 Mio. t CO₂ im Jahr 1990 und 10,0 Mio. t CO₂ im Jahr 2005 verursacht. Das bedeutet mit reichlich 13 % einen spürbar stärkeren Rückgang als sich aus der Quellenbilanz gezeigt hatte. Mit Ausnahme des Luft- und Schienenverkehrs sowie der sonstigen Industriezweige haben sich landesweit die Emissionen von 1990 bis 2005 durchweg vermindert.

Unter Verursachergesichtspunkten ist die Industrie mit einem Anteil von rund 50 % der mit Abstand größte Emittent, im Jahr 2005 gefolgt vom Sektor Haushalte/GHD mit reichlich einem Drittel, und dem Verkehr mit gut 15 %.

Tabelle 2-22 CO₂-Emissionen in Bremen: Verursacherbilanzen für 1990 und 2005 nach Sektoren

		1990	2005	1990	2005	Veränderungen 2005 vs. 1990 in %
		kt CO ₂		Struktur in %		
Land Bremen	Industrie	5993	5006	51,9	50,0	-16,5
	Stahlindustrie	4797	3782	41,6	37,8	-21,2
	Sonstige Industriezweige	1196	1223	10,4	12,2	2,3
	Verkehr	1729	1549	15,0	15,5	-10,4
	Schienenverkehr	54	214	0,5	2,1	293,8
	Straßenverkehr	1358	1160	11,8	11,6	-14,6
	Luftverkehr	79	89	0,7	0,9	12,8
	Küsten- und Binnenschifffahrt	237	86	2,1	0,9	-63,8
	Haushalte und Kleinverbraucher insg.	3816	3463	33,1	34,6	-9,3
		SUMME	11538	10018	100,0	100,0
	Summe ohne Stahlindustrie	6741	6235	58,4	62,2	-7,5
Bremen Stadt	Industrie	5874	4854	55,8	53,3	-17,4
	Stahlindustrie	4797	3782	45,6	41,5	-21,2
	Sonstige Industriezweige	1077	1072	10,2	11,8	-0,5
	Verkehr	1433	1319	13,6	14,5	-8,0
	Schienenverkehr	51	195	0,5	2,1	279,9
	Straßenverkehr	1111	965	10,6	10,6	-13,1
	Luftverkehr	78	89	0,7	1,0	13,7
	Küsten- und Binnenschifffahrt	193	70	1,8	0,8	-63,7
	Haushalte und Kleinverbraucher insg.	3218	2936	30,6	32,2	-8,7
		SUMME	10525	9109	100,0	100,0
	Summe ohne Stahlindustrie	5728	5326	54,4	58,5	-7,0
Bremerhaven Stadt	Industrie	119	152	11,8	16,7	27,2
	Stahlindustrie	0	0	0,0	0,0	-
	Sonstige Industriezweige	119	152	11,8	16,7	27,2
	Verkehr	296	231	29,2	25,4	-22,0
	Schienenverkehr	3	20	0,3	2,2	520,1
	Straßenverkehr	248	195	24,4	21,5	-21,2
	Luftverkehr	1	0	0,1	0,0	-100,0
	Küsten- und Binnenschifffahrt	44	16	4,4	1,7	-64,1
	Haushalte und Kleinverbraucher insg.	598	527	59,0	57,9	-12,0
	SUMME	1013	909	100,0	100,0	-10,3

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; swb AG; eigene Berechnungen.

Bei den Verursacherbilanzen kommt es im Vergleich zu den Quellenbilanzen durch die Berücksichtigung von Strom und Fernwärme auch zu einer deutlichen Veränderung der emissionsverursachenden Energieträger. Insbesondere die elektrische Energie ist nun der Energieträger, auf den durchgängig die größten Emissionen zurückgehen. Außerdem hat sich deren Anteil im Zeitablauf erheblich vergrößert: Be-

trug der Anteil an den gesamten Verursacher-Emissionen landesweit im Jahr 1990 erst 29 %, so waren es 2005 rund 40 %.

Tabelle 2-23 CO₂-Emissionen in Bremen: Verursacherbilanzen für 1990 und 2005 mit bremenspezifischen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme nach Energieträgern

Alle Angaben in 1000 t CO ₂		1990							2005						
		Kohlen	Mineral- öl	Gase	Strom	Fern- wärme	Übrige	Gesamt	Kohlen	Mineral- öl	Gase	Strom	Fern- wärme	Übrige	Gesamt
Land Bremen	Stahlindustrie	1684	562	1676	875	0	0	4797	1519	64	1138	1017	0	45	3782
	Sonstige Wirtschaftszweige	80	142	206	735	33	0	1196	14	65	263	825	57	0	1223
	Schienenverkehr	0	28	0	23	0	0	54	0	22	0	192	0	0	214
	Straßenverkehr	0	1358	0	0	0	0	1358	0	1159	1	0	0	0	1160
	Luftverkehr	0	79	0	0	0	0	79	0	89	0	0	0	0	89
	Küsten- und Binnenschifffahrt	0	237	0	0	0	0	237	0	86	0	0	0	0	86
	Haushalte; GHD und übr. Verbr.	41	1218	649	1758	149	0	3816	10	588	718	1956	190	0	3463
	Summe	1805	3629	2531	3392	182	0	11538	1543	2074	2119	3990	247	45	10018
Summe ohne Stahlindustrie	121	3067	855	2516	182	0	6741	24	2010	981	2973	247	0	6235	
Stadt Bremen	Stahlindustrie	1684	562	1676	875	0	0	4797	1519	64	1138	1017	0	45	3782
	Sonstiges verarb. Gewerbe	75	120	193	656	33	0	1077	14	61	225	726	46	0	1072
	Schienenverkehr	0	28	0	23	0	0	51	0	19	0	176	0	0	195
	Straßenverkehr	0	1111	0	0	0	0	1111	0	964	1	0	0	0	965
	Luftverkehr	0	78	0	0	0	0	78	0	89	0	0	0	0	89
	Küsten- und Binnenschifffahrt	0	193	0	0	0	0	193	0	70	0	0	0	0	70
	Haushalte; GHD und übr. Verbr.	33	1058	551	1488	88	0	3218	6	501	618	1682	128	0	2936
	Summe	1792	3150	2420	3042	121	0	10525	1539	1769	1981	3601	174	45	9109
Summe ohne Stahlindustrie	108	2588	744	2167	121	0	5728	20	1705	844	2583	174	0	5326	
Stadt Bremerhaven	Stahlindustrie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sonstiges verarb. Gewerbe	4	23	13	79	0	0	119	0	4	38	99	12	0	152
	Schienenverkehr	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	16	0	0	20
	Straßenverkehr	0	248	0	0	0	0	248	0	195	0	0	0	0	195
	Luftverkehr	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Küsten- und Binnenschifffahrt	0	44	0	0	0	0	44	0	16	0	0	0	0	16
	Haushalte; GHD und übr. Verbr.	8	160	98	271	61	0	598	4	87	100	274	61	0	527
	Summe	13	479	111	350	61	0	1013	4	305	138	390	73	0	909
Summe ohne Stahlindustrie	13	479	111	350	61	0	1013	4	305	138	390	73	0	909	

Quellen: Statistisches Landesamt Bremen; swb AG; eigene Berechnungen.

3 Quantifizierung der CO₂-Minderungseffekte eines Maßnahmenkatalogs für den Zeitraum bis 2010

3.1 Einleitung

3.1.1 Aufgabenstellung

Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen hat einen Katalog von CO₂-Minderungsmaßnahmen erstellt, der im Zeitraum bis 2010 durch das Land und seine beiden Stadtgemeinden umgesetzt werden soll. Dieser Katalog war als Vorlage gegeben. Er beinhaltet ein Mengengerüst, das für die Quantifizierung der CO₂-Minderung zur Verfügung gestellt wurde. Quantifiziert werden soll allein die CO₂-Minderung und zwar für die Maßnahmen entsprechend des Katalogs und nicht für unter einer Maßnahme etwa subsumierte einzelne Projekte. Im Zuge der Rechnung sollen keine möglichen Interaktionseffekte zwischen den Maßnahmen berücksichtigt werden. Die Minderungseffekte sind vielmehr isoliert zu berechnen und darzustellen. Die Berechnung selbst soll auf der Analyse des Basisjahres 2005 aufsetzen, was insbesondere für die verwendeten Emissionsfaktoren gilt. Der Rechenweg und der berechnete CO₂-Minderungseffekt sind für jede Maßnahme im Einzelnen darzustellen.

3.1.2 Methodische Vorbemerkungen

Die Mengengerüste zu den Maßnahmen fallen in Umfang und Gliederung höchst unterschiedlich aus. Insofern ist vorab die räumliche und zeitliche Abgrenzung festzulegen:

- zeitliche Abgrenzung: Für alle Maßnahmen wird der Effekt einer Umsetzung zwischen dem 01.01.2006 und dem 31.12.2010 betrachtet.
 - o Als Endstichtag wird eine Umsetzung bis zum 31.12.2010 berücksichtigt, was unmittelbar dem Auftrag entspricht. Für alle bis dahin verwirklichten Maßnahmen wird der jährliche CO₂-Minderungseffekt berechnet. Das heißt: Auch für Maßnahmen oder Teile von Maßnahmen, die erst im Jahre 2010 umgesetzt werden sollen und dann nur einen Teil ihrer Wirkung im Bilanzzeitraum entfalten, werden erwartete jährliche Emissionsreduktionen berechnet. Ansonsten würden sich Maßnahmen einzig deshalb unterscheiden, weil eine Maßnahme laut Angabe einige Monate später umgesetzt wird als eine andere.
 - o Als Anfangsstichtag wird der 01.01.2006 verwendet. Angaben zu Beständen – etwa den bereits installierten Windkraftanlagen - oder vor diesem Tag erreichten Reduktionen werden nicht berücksichtigt. Zum

einen wäre das nicht auftragsgemäß, zum anderen liegen derartige Angaben nur unsystematisch und nicht durchgehend vor. Damit würde der Vergleich der Maßnahmen verzerrt, sofern die CO₂-Minderung ab dem jeweils verwendeten Starttermin des Mengengerüsts einer Maßnahme berechnet würde. Nun kann eine Maßnahme allerdings bereits vor dem 01.01.2006 ergriffen worden sein – z.B. eine Förderung von Energieeinsparmaßnahmen oder die Ausweisung einer Vorrangfläche für einen Windpark –, aber erst nach dem Stichtag umgesetzt werden. In den Mengengerüsten selbst ist die Umsetzung ausschlaggebend. Diese Mengen werden berücksichtigt, sofern keine eindeutigen Angaben in den Maßnahmenbeschreibungen enthalten sind, dass sie bereits vorher abschließend eingeleitet wurden. Generell werden also die Wirkungen aller Maßnahmen berücksichtigt, die zwischen dem 01.01.2006 und dem 31.12.2010 umgesetzt werden.

- räumliche Abgrenzung: Räumlich wird die Abgrenzung der Verursacherbilanz des Statistischen Landesamtes Bremen für das Land Bremen sowie für die Städte Bremen und Bremerhaven verwendet. Damit werden nur die Veränderungen des Endenergieverbrauchs berücksichtigt und die mit dieser Änderung verbundenen direkten Emissionen. Allein für Strom und Fernwärme werden in Übereinstimmung mit der Verursacherbilanz diejenigen Emissionen berücksichtigt, die unmittelbar durch die Umwandlung von Energieträger in Strom oder Fernwärme entstehen.

Die genauere Abgrenzung sind dann die unmittelbar und direkt aus dem veränderten Endenergieverbrauch resultierenden Emissionen. Beispielsweise verringert ein geringerer Heizölverbrauch auch den Straßengüterverkehr. Dieser indirekte Effekt wird nicht berücksichtigt. Eben so wenig werden Effekte berücksichtigt, die in der Vorkette durch eine veränderte Produktion entstehen, z.B. durch die Produktion von Dämmmaterial.

Die Emissionsfaktoren, die für die Energieträger verwendet werden, sind im Anhang zu finden. Für Strom und Fernwärme wurde dabei unterschieden zwischen Land Bremen, Stadt Bremen und Stadt Bremerhaven, wobei die Fernwärme in der Stadt Bremen wiederum nach dem Netz „Bremer Westen“ und dem Netz „Bremer Osten“ unterschieden wird. Verwendet wird der jeweils speziellste Fall. Z.B: wenn das Fernwärmenetz „Bremer Westen“ angegeben ist, wird der Emissionsfaktor für Fernwärme aus dem Netz „Bremer Westen“ verwendet und nicht etwa derjenige für Fernwärme in der Stadt Bremen. Der Teil der Erzeugung, von dem erwartet werden kann, dass er nicht auf Änderungen des Verbrauchs oder der Konkurrenz reagiert, wurde in der Berechnung der Emissionsfaktoren jeweils ausgeschlossen. Dabei handelt es sich um:

- Verstromung von Gichtgas und Müll; die Fahrweise der Kraftwerke wird durch den Anfall des Brennstoffes bestimmt, den sie entsorgen;
- Erneuerbare Energien, die aufgrund des EEG nicht reagieren.

Für Fernwärme wurde für eine Veränderung der Fernwärmennachfrage der Strom-output konstant gehalten. Die durch den veränderten Brennstoffeinsatz resultierenden CO₂-Emissionen werden der Wärme zugeschrieben. Für die Fernwärmeversorgung in Bremerhaven standen die erforderlichen Daten nicht zur Verfügung. Deshalb wurde in diesem Fall der Emissionsfaktor nach der Energiebilanz verwendet.

Falls in den Mengengerüsten erforderliche Daten fehlten, wurden entweder Referenzwerte herangezogen – insbesondere für Heizsysteme und spezifische Verbrauchsmengen (z.B.: Heizwärmeverbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr) – oder Durchschnittswerte für Bremen. Die verwendeten Daten sowie die Vorgehensweise sind jeweils aus den folgenden Berechnungen ersichtlich. Sie sind gegliedert nach den Maßnahmen und deren übergeordnete Gliederungspunkte, den „Handlungsfeldern“, des Katalogs. Die Ausführungen zu den einzelnen Maßnahmen können jeweils für sich gelesen werden.

3.2 Handlungsfeld I – Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

3.2.1 Maßnahme I-1 „Windkraftausbau“

Beschreibung der Maßnahme

Sowohl die Stadt Bremen als auch die Stadt Bremerhaven haben Flächen für die Errichtung von Windkraftanlagen ausgewiesen. Auf diesen Flächen sind Windkraftanlagen, die einen Ertrag nach **Tabelle 3-1** erwarten lassen, konkret geplant oder in Umsetzung. Die Werte in den Zeilen beziehen sich dabei jeweils auf den Gesamtbestand. Anlagen, die z.B. im Jahr 2005 errichtet wurden, sind in allen Zeilen ab Zeile B enthalten. Der „Bürgerwindpark“ in Bremerhaven ist in Planung. Deswegen Realisierung ist jedoch noch nicht beschlossen. Deshalb wird er getrennt ausgewiesen und im Weiteren in einer Variantenrechnung berücksichtigt.

Tabelle 3-1 Erwarteter Ertrag des Ende eines Jahres errichteten Gesamtbestands an Windkraftanlagen (in MWh/a)

	In: Stadt Bremen	In: Stadt Bremerhaven	In: Land Bremen (Summe von Stadt Bremen und Stadt Bremerhaven)
A) Bis 31.12.2005 errichtete Anlagen	66.141	17.304	83.445
B) Bis 31.12.2007 errichtete Anlagen (inkl. Zeile A)	76.491	67.841	144.332
C) Bis 31.12.2010 errichtete Anlagen (inkl. Zeile B)	162.457	107.641	270.098
D) Variante (Zeile C zuzüglich Bürgerwindpark Bremerhaven)	162.457	155.641	318.098

Tabelle 3-2 Jährliche CO₂-Reduktion durch den Bestand am Ende des jeweiligen Jahres (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
31.12.2005	59.593	11.957	71.550
31.12.2007	68.918	46.878	115.797
31.12.2010	146.374	74.380	220.754
31.12.2010 Bürgerpark	146.374	107.548	253.922

Berechnung der CO₂-Reduktion

Mit den CO₂-Emissionsfaktoren für Strom in Bremen (901 g/kWh) und Bremerhaven (691 g/kWh) lassen sich die Werte der **Tabelle 3-1** in vermiedene CO₂-Emissionen umrechnen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Demnach werden durch die Ende 2010 bestehenden Windkraftanlagen ca. 220.754 t CO₂/a eingespart.

Die Maßnahme besteht nun aber darin, dass das Land Bremen den Zubau an Windkraftanlagen erleichtert. Dementsprechend sind auch die CO₂-Reduktionen durch den Zubau und nicht die des Bestandes von Bedeutung. Diese aus der Differenz der Werte für den Bestand in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** errechneten Zahlen sind in der **Tabelle 3-3** angegeben. **Tabelle 3-4** liefert zusätzlich die dazugehörigen Anteile der verschiedenen Perioden und Gebietskörperschaften. Bezug genommen wird dabei auf die Gesamtreduktion im Land Bremen in den Jahren 2006-2010.

Demnach verringert der Zubau von Windkraftanlagen in den Jahren 2006-2010 im **Land Bremen** die CO₂-Emissionen um **149.204 kt/a**, von denen 58,2% auf die **Stadt Bremen (86.781 t/a)** entfallen und 41,8% auf die **Stadt Bremerhaven (62.423 t/a)**. Falls der Bürgerwindpark verwirklicht wird, kommen in der Stadt Bremerhaven weitere 33,17 kt/a (22,2%) hinzu.

Ein besonders großer Anteil an den Gesamtreduktionen entfällt auf die kommenden Jahre 2008 bis 2010 (70,3%). Der Schwerpunkt der Reduktion verlagert sich dabei auf die Stadt Bremen. In den Jahren 2006 und 2007 dominierte die Stadt Bremerhaven, in der 2006-2007 bedeutende Pilotprojekte für die Offshore-Nutzung von Wind umgesetzt wurden. Die CO₂-Reduktionen in der Stadt Bremerhaven sind auch über die gesamte Periode 2006-2010 größer als die in der Stadt Bremen, sofern der Bürgerwindpark gebaut wird.

Tabelle 3-3 Jährliche CO₂-Reduktionen im Jahr 2010 durch den Zubau von Windkraftanlagen ab dem 01.01.2006 (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007	9.325	34.921	44.246
2008-2010	77.455	27.502	104.957
2006-2010	86.781	62.423	149.204
Variante (mit Bürgerwindpark Bremerhaven)	0	33.168	33.168
2006-2010 Variante (mit Bürgerwindpark Bremerhaven)	86.781	95.591	182.372

Tabelle 3-4 Jährliche CO₂-Reduktionen im Jahr 2010 durch den Zubau von Windkraftanlagen ab dem 01.01.2006 (CO₂-Reduktionen im Land Bremen 2006-2010 ohne Bürgerwindpark Bremerhaven = 100)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007	6,3	23,4	29,7
2008-2010	51,9	18,4	70,3
2006-2010	58,2	41,8	100,0
Variante Bürgerwindpark Bremerhaven	0,0	22,2	22,2
2006-2010 Variante	58,2	64,1	122,2

3.2.2 Maßnahme I-2: Neubau des Wasserkraftwerks am Weserwehr Bremen

Beschreibung der Maßnahme

Die Weserkraftwerk Bremen GmbH&Co KG beabsichtigt am Weserwehr Bremen ein Wasserkraftwerk mit einer elektrischen Leistung und einer durchschnittlichen jährlichen Stromerzeugung von 42.000 MWh/a zu errichten. Der Strom wird in das Bremer Netz eingespeist. Das Kraftwerk soll 2009 in Betrieb gehen.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Für die Berechnung der CO₂-Reduktion ist die jährliche Stromerzeugung relevant und deren Einspeisung in das Bremer Netz. Damit vermeidet das Kraftwerk pro eingespeister MWh Strom 901 kg CO₂, woraus insgesamt eine **CO₂-Reduktion** von insgesamt **37.842 t/a** resultiert, die der **Stadt Bremen** zuzuordnen ist.

3.2.3 Maßnahme I-3 Photovoltaik

Beschreibung der Maßnahme

Die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven unterstützen den Ausbau von Photovoltaikanlagen in vielfacher Weise. Sie stellen z.B. Dächer öffentlicher Gebäude für die PV-Nutzung bereit und entfalten eine Vielzahl öffentlichkeitswirksamer Aktivitäten. Der resultierende Ausbau und erwartete weitere Zubau ist in **Tabelle 3-5** dargestellt.

Ende 2005 waren im Land Bremen Anlagen installiert, die einen jährlichen Ertrag von 1.280 MWh/a erwarten lassen. Bis Ende 2010 wird eine Steigerung des erwarteten Ertrags auf 4.116 MWh/a erwartet. Das entspricht etwa dem 3,2fachen des Wertes von Ende 2005. Der Großteil des Bestands ist in der Stadt Bremen installiert. Deren Anteil bleibt über die Zeit konstant bei etwa 80%. Dementsprechend konzentriert sich der Zubau (Zeilen D-E) mit etwa 80% auf die Stadt Bremen. Allerdings wird in 2006 und 2007 der Zubau in Bremerhaven relativ bedeutender. Der Zubau von 2008 bis 2010 ist auch nach einer Verrechnung der verschiedenen Periodenlängen größer als der Zubau in den Jahren 2006 und 2007.

Tabelle 3-5 Erwarteter Ertrag des Ende eines Jahres errichteten Gesamtbestands bzw. des Zubaus an Photovoltaikanlagen in einem Zeitraum (in MWh/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
A) Bis 31.12.2005 errichtete Anlagen	1.034	246	1.280
B) Bis 31.12.2007 errichtete Anlagen (inkl. Zeile A)	1.530	481	2.011
C) Bis 31.12.2010 errichtete Anlagen (inkl. Zeile B)	3.254	864	4.118
D) 2006-2007 neu errichtete Anlagen (Zeile B minus Zeile A)	496	235	731
E) 2008-2010 neu errichtete Anlagen (Zeile C minus Zeile B)	1.724	383	2.107
F) 2006-2010 neu errichtete Anlagen (Zeile C minus Zeile A)	2.220	618	2.818

Berechnung der CO₂-Reduktion

Zum Vergleich mit anderen Maßnahmen wird auch für Photovoltaik nur der Zubau ab 2006 betrachtet. Der Strom aus PV-Anlagen verdrängt Strom aus anderen Erzeugungsanlagen und vermeidet dadurch CO₂-Emissionen in Höhe der in **Tabelle 3-6** dargestellten Werte. Die Aufteilung der Reduktion auf die Gebietskörperschaften und Zeiträume wird in **Tabelle 3-7** ersichtlich.

Die in den Jahren 2006 bis 2010 im **Land Bremen** installierten Anlagen reduzieren die CO₂-Emissionen um **2.427 t/a**. Davon entfallen ca. 1818 t/a (74,9%) auf den Zubau ab dem Jahr 2008. Die Aufteilung auf Gebietskörperschaften – **Stadt Bremen: 2.000 t/a; Stadt Bremerhaven: 427 t/a** - und die Zeiträume entspricht derjenigen, die für den Ertrag beschrieben wurden. Allerdings steigt der Anteil der Stadt Bremen aufgrund der höheren CO₂-Intensität des verdrängten Stroms ein wenig (auf 84-85 %). Die Aufteilung auf die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven entspricht nahezu deren Bevölkerungsanteilen – 82,5% und 17,5%. Mithin wird im Jahr 2010 in den beiden Gebietskörperschaften durch den Zubau von Photovoltaik etwa die gleiche jährliche CO₂-Reduktion pro Einwohner erreicht (3,7 kg).

Tabelle 3-6 CO₂-Reduktionen im Jahr 2010 durch den Zubau an Photovoltaikanlagen (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007	447	162	609
2008-2010	1.553	265	1.818
2006-2010	2.000	427	2.427

Tabelle 3-7 Anteile der jährlichen CO₂-Reduktionen nach Zeitraum und Gebietskörperschaft (Land Bremen 2006-2010 entspricht 100)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007	18,4	6,7	25,1
2008-2010	64,0	10,9	74,9
2006-2010	82,4	17,6	100,0

3.2.4 Übersicht über Handlungsfeld I „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“

Das Handlungsfeld I „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ reduziert im Jahre 2010 die CO₂-Emissionen entsprechend der **Tabelle 3-9**. In der Tabelle ist für Windkraft, Wasserkraft und Photovoltaik jeweils die Wirkung des Zubaus ab Beginn des Jahres 2006 bis Ende 2010 angegeben. Der weniger sichere Zubau des Bürgerwindparks wird als Variante aufgenommen. Die entsprechenden Anteile werden in **Tabelle 3-9** Anteile der Gebietskörperschaften und Maßnahmen an den Ende des Jahres 2010 im Land Bremen durch das Handlungsfeld "Stromerzeugung

aus erneuerbaren Energien" jährlich eingesparten CO₂-Emissionen (in %) angegeben.

Im **Land Bremen** reduzieren die Maßnahmen zur „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien“ die jährlichen CO₂-Emissionen um **189.473 t/a**. Die größte Bedeutung hat dabei die Windkraft, auf die mit 149.204 t/a ca. 78,4 % der Reduktion entfällt. Aber auch das Wasserkraftwerk „Weserwehr“ in der Stadt Bremen trägt mit 37.842 t/a (20,0 %) bedeutend zur Reduktion der Emissionen bei. Von den Reduktionen des Landes Bremen entfallen **126.623 t/a** auf die **Stadt Bremen**, was einem Anteil von 66,8 % entspricht. In der **Stadt Bremerhaven** wird eine Reduktion von **62.850 t/a** erreicht.

Das Windkraftprojekt „Bürgerwindpark Bremerhaven“ erhöht die gesamte CO₂-Reduktion des Landes Bremen um 33.168 t/a (um 17,5 %). Da der gesamte Anteil auf Bremerhaven entfällt, steigt die dortige Reduktion von CO₂-Emissionen durch den Bürgerwindpark um ca. 52,8%. Gleichzeitig erhöht sich damit der Anteil der Stadt Bremerhaven an den Reduktionen des Landes von 31,8% auf 41,5%. Der Bau des Bürgerwindparks ist also quantitativ in jeder Hinsicht sehr bedeutend.

Tabelle 3-8 Ende des Jahres 2010 durch die Maßnahmen "Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien" resultierende jährlich eingesparte CO₂-Emissionen (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
Windkraft	86.781	62.423	149.204
Wasserkraft	37.842	0	37.842
PV	2.000	427	2.427
Insgesamt	126.623	62.850	189.473
Zusätzlich durch die Variante Bürgerwindpark	0	33.168	33.168
Summe inklusive der Variante Bürgerwindpark	126.623	96.018	222.641

Tabelle 3-9 Anteile der Gebietskörperschaften und Maßnahmen an den Ende des Jahres 2010 im Land Bremen durch das Handlungsfeld "Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien" jährlich eingesparten CO₂-Emissionen (in %)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
Windkraft	45,8	32,9	78,7
Wasserkraft	20,0	0,0	20,0
PV	1,1	0,2	1,3
Insgesamt	66,8	33,2	100,0
Zusätzlich durch Variante Bürgerwindpark	0,0	17,5	17,5
Summe inklusive der Variante Bürgerwindpark	66,8	50,7	117,5

Die Bedeutung des Bürgerwindparks wird auch aus **Abbildung 3-1** ersichtlich, in der die CO₂-Reduktion nach Zeiträumen und Gebietskörperschaften dargestellt wird. Der Bürgerwindpark kann viel zur Reduktion beitragen. Das gilt sowohl für den Zeitraum 2008-2010 als auch für die gesamte betrachtete Periode (2006-2010). Gleichzeitig wird aus der Abbildung ersichtlich, dass ein Großteil der Reduktion durch Maßnahmen im Zeitraum 2008-2010 erreicht wird. Ebenso ist der bedeutende Anteil Bremerhavens im Zeitraum 2006-2007 zu erkennen, der sich 2008-2010 ohne Bürgerwindpark merklich verringert.

Allerdings sind sowohl die beiden Zeiträume – 2006-2007, 2008-2010 - verschieden lang, als auch die beiden Städte Bremen und Bremerhaven verschieden groß. Um die Perioden und die Ergebnisse für die Städte vergleich zu können, sind deshalb Normierungen erforderlich. Für die Städte wird dafür die Einwohnerzahl und für die Perioden der Bezug auf ein Jahr gewählt. Die Ergebnisse zeigt **Abbildung 3-2**. Dort ist die jährliche CO₂-Reduktion pro Jahr und Einwohner zu sehen.

Abbildung 3-1 Die CO₂-Reduktion durch den Ausbau erneuerbarer Energien nach Zeiträumen und Gebietskörperschaften (in t/a)

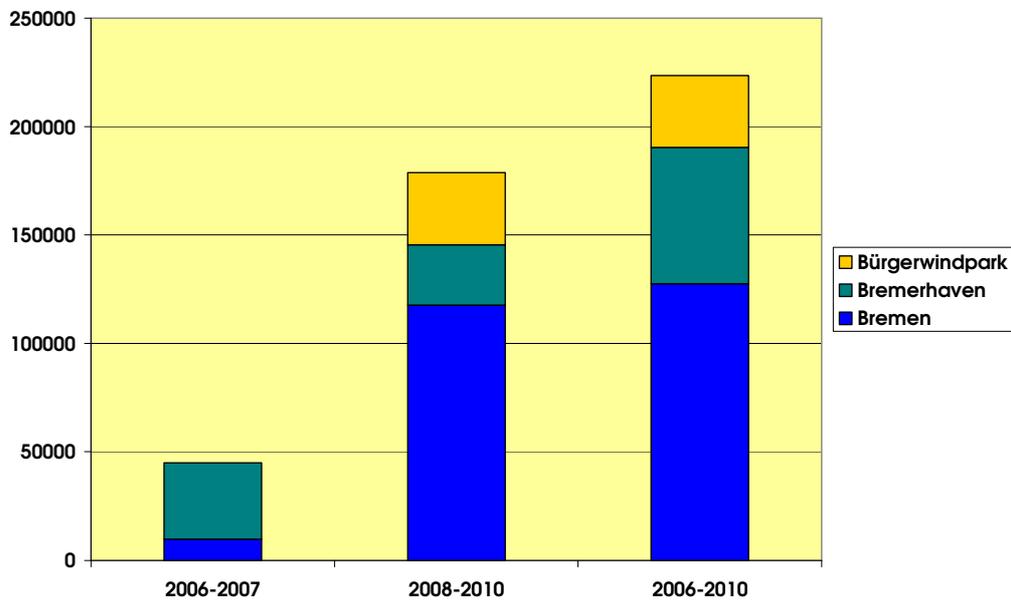
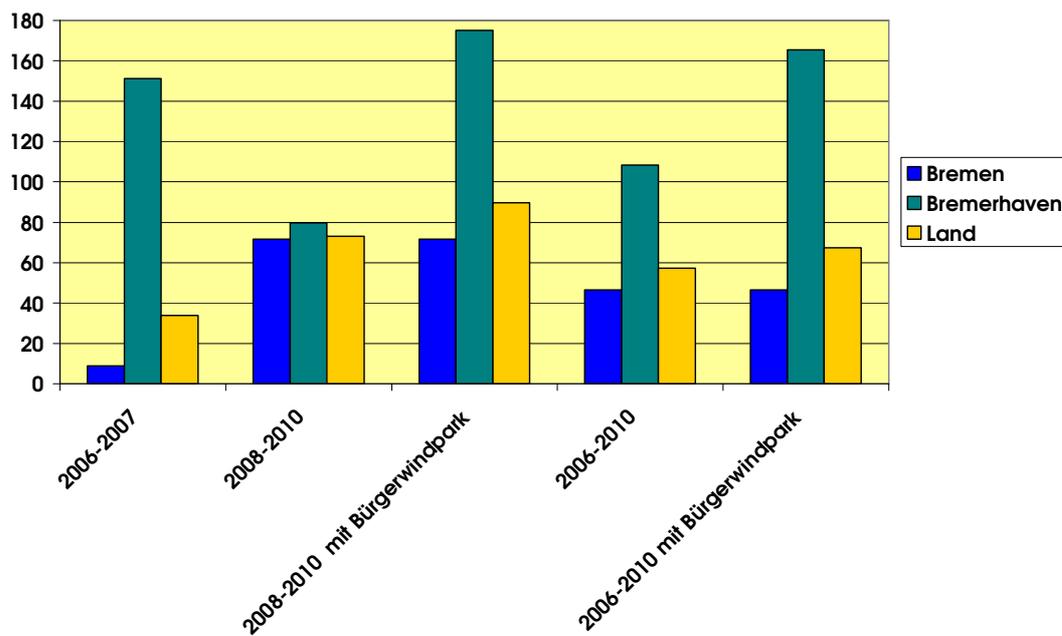


Abbildung 3-2 Die CO₂-Reduktion durch den Ausbau erneuerbarer Energien in kg pro Einwohner und Jahr nach Subperioden und Gebietskörperschaften (in kg/(a*Einwohner))



In der Stadt Bremerhaven wird pro Jahr und Einwohner in allen Zeiträumen eine höhere Reduktion erreicht als in der Stadt Bremen. Sofern der Bürgerwindpark verwirklicht wird, steigt in Bremerhaven auch die Reduktion pro Jahr und Einwohner von 151 kg (2006-2007) auf 175 kg (2008-2010). Ansonsten sinkt sie auf 80 kg zwischen 2008-2010 ab. Für die Stadt Bremen ist ein merklicher Anstieg der CO₂-Reduktion pro Einwohner und Jahr von 9 kg (2006-2007) auf 71 kg (2008-2010) zu konstatieren. Aus den Ergebnissen für die beiden Städte resultiert für das Land Bremen ein Anstieg der Reduktion pro Kopf von etwa 34 kg/a (2006-2007) auf 73 kg/a (2009-2010), mit dem Bürgerwindpark sogar auf rund 90 kg/a. Damit werden über die gesamte Periode (2008-2010) etwa 57 kg pro Jahr und Einwohner bzw. (mit Bürgerwindpark) 67 kg pro Jahr und Einwohner erreicht.

3.3 Handlungsfeld II: Kraft-Wärme-Kopplung / Abwärmee-nutzung

3.3.1 Maßnahme II-1 Neubau eines Mittelkalorikkraftwerks

Beschreibung der Maßnahme:

Die swb-Gruppe baut ein Kraftwerk zur Verwertung von Abfällen – mittelkalorische Gewerbeabfälle und Sortierreste - mit einem mittleren Heizwert auf dem Gelände des Kraftwerks Hafen. Der Auftraggeber und die swb stellten folgende Daten zur Verfügung:

- Feuerungswärmeleistung: 110 MW
- Elektrische Leistung (brutto): 33 MW
- Elektrische Leistung ohne Wärmeauskopplung (netto): 29,3 MW
- Elektrische Leistung mit 15 MW Wärmeauskopplung (netto): 27,5 MW
- Thermische Leistung: 15 MW
- Volllaststunden Wärme: 1.000 h/a
- Volllaststunden Strom: 8.000 h/a
- Plandurchsatz: 226.000 Mg/a
- Mittlerer Auslegungsheizwert: 14 MJ/kg
- Stromerzeugung ohne Wärmeauskopplung (netto): 234.400 MWh/a
- Elektrischer Wirkungsgrad (netto): 27,3%

Berechnung der CO₂-Reduktion

Für den Input:

- wird ein **Anteil von 50% Biomasse angenommen**. Dieser Anteil wurde den Veröffentlichungen der swb entnommen³. Der entsprechende Kohlenstoffgehalt kann klimaneutral verfeuert werden. Die verbleibenden 113.000 Mg/a an Durchsatz enthalten fossilen Kohlenstoff. Der Energiegehalt dieses Durchsatzes ist aufgrund des angegebenen mittleren Heizwerts von 14 MJ/kg 1.582 TJ/a oder 439 GWh/a.

³ s. Grommes et al., 2006, Folie 12, Abfallwirtschaftsplan, 2007 (11-8) sowie http://www.swb-gruppe.de/index.php?url=http%3A%2F%2Fwww.swb-gruppe.de%2Funternehmen%2Fene_eerz_kraftwerksprojekte.php. Das Statistische Landesamt Bremen verwendet einen biogenen Anteil von 60%. Nach Ökolinstitut (2005, Tabelle 2.6) ist je nach Abfallkomponente mit einem Anteil zwischen 35-65% zu rechnen. Allerdings ergibt sich aus dieser Tabelle auch eine Variation des Energiegehalts, die geringere Anteile an biogenem Material kompensieren kann.

- der **spezifische Emissionsfaktor für die Abfallkomponente** des Inputs (der nicht biogene Anteil) wird dem Landesarbeitskreis Energiebilanzen folgend mit **288 kg/MWh** angesetzt⁴;
- nach swb Erzeugung (2008; „Grundfließbild Verbrennung“) kann im Mkk Erdgas zugefeuert werden. Zu dem geplanten Input an Erdgas sind keine Daten vorhanden. Der CO₂-Emissionsfaktor für Erdgas liegt um etwa 30% über dem des Mülls inklusive biogenem Anteil. Die direkten Emissionen des Mkk nehmen demnach mit steigendem Anteil an Erdgas zu. Aufgrund des hohen Preises von Erdgas, der Wichtigkeit der sicheren Entsorgung für den Betreiber und langfristiger Lieferverträge wird im Weiteren mit einem **Erdgasanteil** von **0%** gerechnet⁵.

Durch Multiplikation des Energiegehalts des fossilen Anteils am Müll mit dem Emissionsfaktor ergeben sich die jährlichen **direkten CO₂-Emissionen des MKK: 126.560 t CO₂/a.**

Für den Output:

Dem steht der Output an Strom und Wärme gegenüber, der mit einer Gutschrift zu versehen ist, da anderweitige Produktion ersetzt wird. Demnach sind die Mengen zu bestimmen und mit den Emissionsfaktoren zu gewichten.

- Die MKK-Turbine lässt eine Wärmeauskopplung per Anzapfung zu (Grommes et al., 2006, Folie 16). In den aktuellen Veröffentlichungen der swb (Grommes, 2008 u. 2008a) ist nur die Rede von der Möglichkeit auszukoppeln. Eine konkrete Planung wird nicht erwähnt. Gleichzeitig präsentiert Grommes (2008) eine Stromerzeugung, die das MKK nur ohne Auskopplung erreicht.

⁴ s. http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/list.php?_siteid=200&boolean=AND&page=suche_en1&sv%5Bfulltext%5D=emissionsfaktoren (dort Müll: 80 kg/GJ). Die Emissionsfaktoren für Müll variieren sehr weit. Nach Ökolinstitut (2005, Tabelle 2.6) lassen sich für verschiedene Müllkomponenten Emissionsfaktoren zwischen 183,3 kg/MWh und 326,9 kg/MWh berechnen. Z.B. Heinloth (2003, S.390) verwendet 195 kg/MWh. Die Emissionsfaktoren der fossilen Komponente sind nach Ökolinstitut (2005, Tabelle 2.6) nicht unabhängig vom Anteil biogenen Materials. Z.B. hat Hausmüll einen hohen biogenen Anteil und gleichzeitig einen hohen Emissionsfaktor für den fossilen Anteil, während hausmüllähnliche Gewerbeabfälle einen niedrigeren biogenen Anteil in Verbindung mit einem niedrigeren Emissionsfaktor des fossilen Anteils aufweisen. Für den Heizwert des Inputs des MKK und die geplanten Müllkomponenten – Gewerbeabfälle, Sortierreste und Substitutbrennstoffe – ist sowohl biogene Anteil (mit 50%) als auch der Emissionsfaktor des fossilen Anteils eher hoch angenommen. Die beiden Werte zusammen ergeben jedoch auf Basis der verfügbaren Daten eine plausibel erscheinende Schätzung und haben den Vorteil, dass sie an die Energiebilanzen anchlussfähig sind.

⁵ Zum ersten sind die gegebenen Zahlen zu Mülldurchsatz, Müllheizwert, Leistung und Stromerzeugung nur bei 8.000 h/a Vollast zu erreichen. Zum zweiten bezeichnet swb die „Verwertungsdienstleistung mit hoher Verfügbarkeit“ („daher 8000h/a“) als „oberste Priorität“ (Grommes et al., 2006). Zum dritten hat die swb langfristige Abnahmeverträge unterzeichnet (z.B. Grommes et al., 2006, swb Erzeugung Folie 15).

Die swb erläuterte, dass der Umfang der Wärmeauskopplung von den Preisen für Kohle, Strom, vom Abfallkontingent und vom weiteren Ausbau des Fernwärmenetzes Bremer Westen abhängig sei und schlug vor, eine Wärmeauskopplung mit 1000 Volllaststunden pro Jahr anzusetzen. Da die Veränderung des Resultats aber relativ gering ist (ca. 1,7 kt/a⁶), die prinzipielle Priorität der Stromerzeugung von der swb bekräftigt wird und die Aussagen der swb relativ vage sind, wird der einfacher zu überschauende und aus Präsentationen der swb zu belegende Ansatz gewählt und eine Wärmeauskopplung von 0 MWh/a angenommen.

- Ohne Wärmeauskopplung wird die oben genannte Nettostromerzeugung von 234.400 MWh/a erreicht. Mit dem CO₂-Emissionsfaktor für die Stadt Bremen von 901 g CO₂/kWh resultiert eine **CO₂-Gutschrift für diese Stromerzeugung von 211.194 t CO₂/a.**

Die insgesamt resultierende CO₂-Reduktion für das MKK mit der Anlage als Systemgrenze ergibt sich aus der Gutschrift für Stromerzeugung minus den direkten Emissionen: Man erhält **insgesamt eine CO₂-Reduktion von 84.634 t/a.**

3.3.2 Maßnahme II-2 Fernwärmeanbindung Überseestadt

Beschreibung der Maßnahme

In der Überseestadt werden zwei Gebäudekomplexe an das Fernwärmenetz Bremer Westen angeschlossen:

- Das Weserquartier: Ein Neubaugebiet, das eine Bruttogeschossfläche (BGF) von 47.200 m² bereitstellt, bestehend aus einem Hochhaus (18.200 m²), das als Bürogebäude genutzt wird, einem weiteren Bürogebäude (18.000 m²) sowie einem Hotel (7.000 m²) und einem Varieté (4.000 m²);
- Das Kaffeequartier: Ein in den letzten Jahren zu erheblichen Teilen sanierter Gebäudekomplex, der heute überwiegend von Dienstleistungsbetrieben genutzt wird, mit einer BGF von 36.000 m². Die Räume in den Gebäuden sind bis dato noch nicht gänzlich vermietet. Für 2010 wird eine vollständige Vermietung angenommen.

Die beiden Gebäudekomplexe werden an das Fernwärmenetz Bremer Westen angeschlossen. Die projektierte Anschlussleistung beträgt ca. 5 MW, wovon 60% auf das Kaffeequartier entfallen und 40% auf das Weserquartier.

⁶ Berechnet mithilfe der oben angegebenen Verringerung der elektrischen Leistung bei 15 MW Wärmeauskopplung. Die Verringerung ist auch für eine Anzapfdampfentnahme im Vergleich zu in der Literatur zu findenden Werten klein aber möglich (s. Altgeld 2008, Heuck et al., 2007, Zahoransky, 2007, S. 202, AGFW, 2001).

Das Kaffeequartier wird zurzeit mit einer Ölanlage beheizt, deren vier Kessel mit einer Gesamtleistung von ca. 3,4 MW 1986 gebaut wurden. Die Heizanlage ist erneuerungsbedürftig.

Neue Gewerbegebiete, wie das Weserquartier, werden im Regelfall an das Erdgasnetz angeschlossen.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Zu berechnen ist

- a) der jährliche Endenergiebedarf für Wärme der beiden Gebäudekomplexe,
- b) die Emissionen durch die Fernwärmeversorgung aus dem Netz „Bremer Westen“ und schließlich
- c) die CO₂-Emissionen durch die alternative Wärmeversorgung der beiden Quartiere, für die dann jeweils die CO₂-Reduktion bestimmt werden kann.

zu a) Für die beiden Quartiere wurde der Wärmebedarf mithilfe von BHKW-Plan abgeschätzt⁷. Dabei wurden folgende wesentlichen Parameter verwendet:

Kaffeequartier: U-Wert für Fenster: 2,5 W/(m² K) (Isolierverglasung); U-Wert für die Wand 0,85 W/(m² K); innerer Gewinn: 5 W/m²; gewählt wurde ein teilsaniertes Bürogebäude mit 36.000 m² BGF. In **Abbildung 3-3** ist die resultierende Wärmelastganglinie zu sehen, deren Integral zusammen mit der maximalen Wärmelast einen Wärmebedarf von 3.596 MWh/a ergibt. Der spezifische Heizwärmebedarf pro m² BGF ist dann 99,9 kWh/a, was rund 117,5 kWh/a pro m² NGF (Nettogrundfläche entspricht). Nach BMVBS (2007, Tabelle 3.1) liegt das Kaffeequartier etwa bei den Vergleichswerten für Ämtergebäude. Der Wärmebedarf könnte durchaus höher sein. So werden in BMVBS (2007) für Bürogebäude mit bestimmten technischen Ausstattungen um etwa 30% höhere Werte genannt.

Weserquartier: U-Wert für Fenster: 1,1 W/(m² K) (Isolierverglasung); U-Wert für die Wand 0,25 W/(m² K); innerer Gewinn: 5 W/m²; Dabei wurde der Wärmebedarf getrennt nach den Nutzungen Bürogebäude, Hotel und Varieté gerechnet. Den resultierenden Wärmelastgang für das Weserquartier zeigt **Abbildung 3-4**. Der dazugehörige Wärmebedarf beträgt 2.283 MWh/a. Der spezifische Heizwärmebedarf pro m² BGF ist dann 48,4 kWh/a, oder etwa 57 kWh/a*m² NGF. Damit liegt das Weserquartier z.B. im oberen Bereich der im Kontext des Förderkonzepts Energieoptimiertes Bauen von Voss (2007, S.24) dokumentierten Heizwärmeverbrauchsmengen.

zu b) Im Kaffeequartier wird gegenwärtig Heizöl in erneuerungsbedürftigen Kesseln eingesetzt. Die Frage ist, ob eine Kesselerneuerung (Fall 1) oder der erneuerungsbedürftige Kessel angenommen wird (Fall 2). Letzteres gewährt einen Anschluss an

⁷ Die Parameterwahl und Berechnungen in BHKW-Plan wurden von Michael Mahler, IZES, durchgeführt.

die Energiebilanz 2005. Hingegen gibt die erste Alternative eher an, welche CO₂-Reduktion durch die Maßnahme erreicht wurde. Eine Heizkesselerneuerung stünde schließlich ohnehin an. Deren Wirkung ist also nicht der Maßnahme zuzuschreiben. Fall 1 wird deshalb als maßgeblich für die CO₂-Reduktion angesehen. Der Vergleich mit dem gegenwärtigen Kessel wird jedoch ebenso berechnet, um den Anschluss an den gegenwärtigen Zustand zu wahren. In beiden Fällen wird der Energieträger Leichtes Heizöl beibehalten, zumal kein Hinweis auf einen ohne Fernwärmeanschluss geplanten Wechsel des Energieträgers gefunden wurde.

Im Fall 1 (Kesselerneuerung) wird das Heizsystem durch den harmonisierten Effizienzreferenzwert der EU-KWK-Richtlinie für getrennte Wärmeerzeugung beschrieben: 89% (nach VIK, 2006, Tabelle 2). Der Emissionsfaktor für den Wärmeverbrauch des Kaffeequartiers – Emissionsfaktor von 266,4 kg CO₂/MWh durch den Nutzungsgrad – liegt bei 299 kg CO₂/MWh. Durch eine Wärmeversorgung aus dem Fernwärmenetz „Bremer Westen“ werden damit pro MWh 100 kg CO₂ eingespart. Mit einem Verbrauch von 3.596 MWh werden dann die CO₂-Emissionen jährlich um etwa 360 t reduziert.

Abbildung 3-3 Wärmelastgang des "Kaffeequartiers" (Auszug aus der Berechnung mit BHKW-Plan)

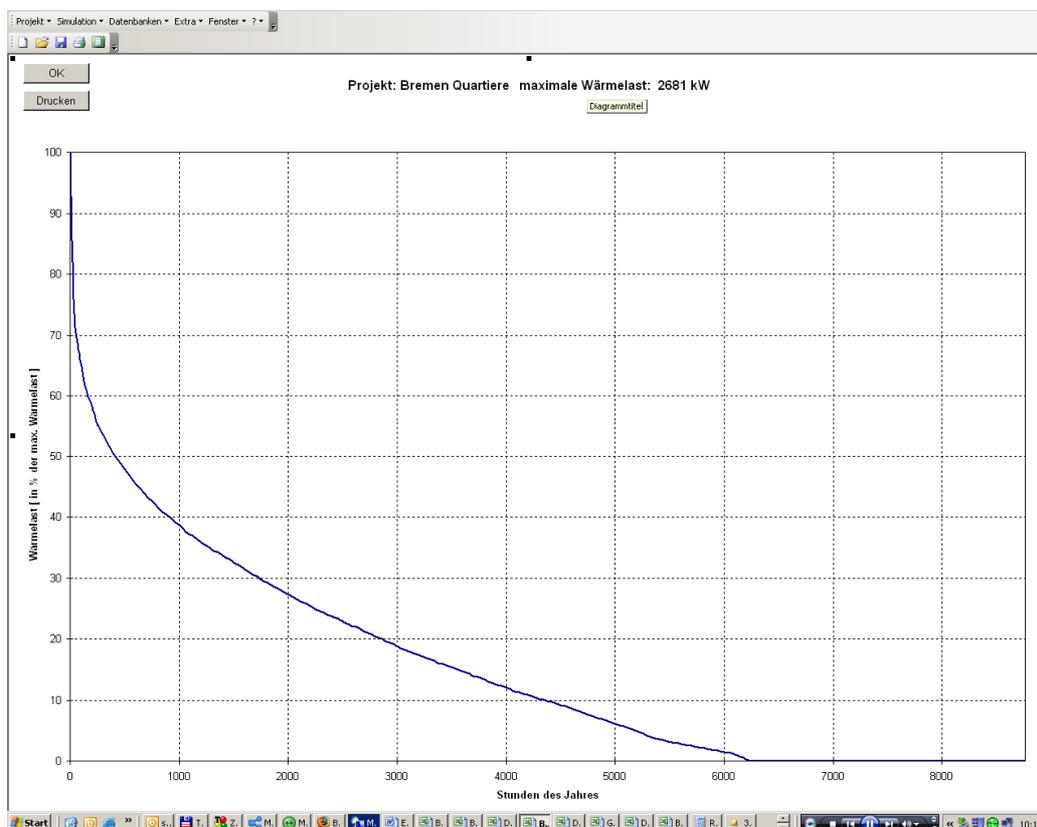
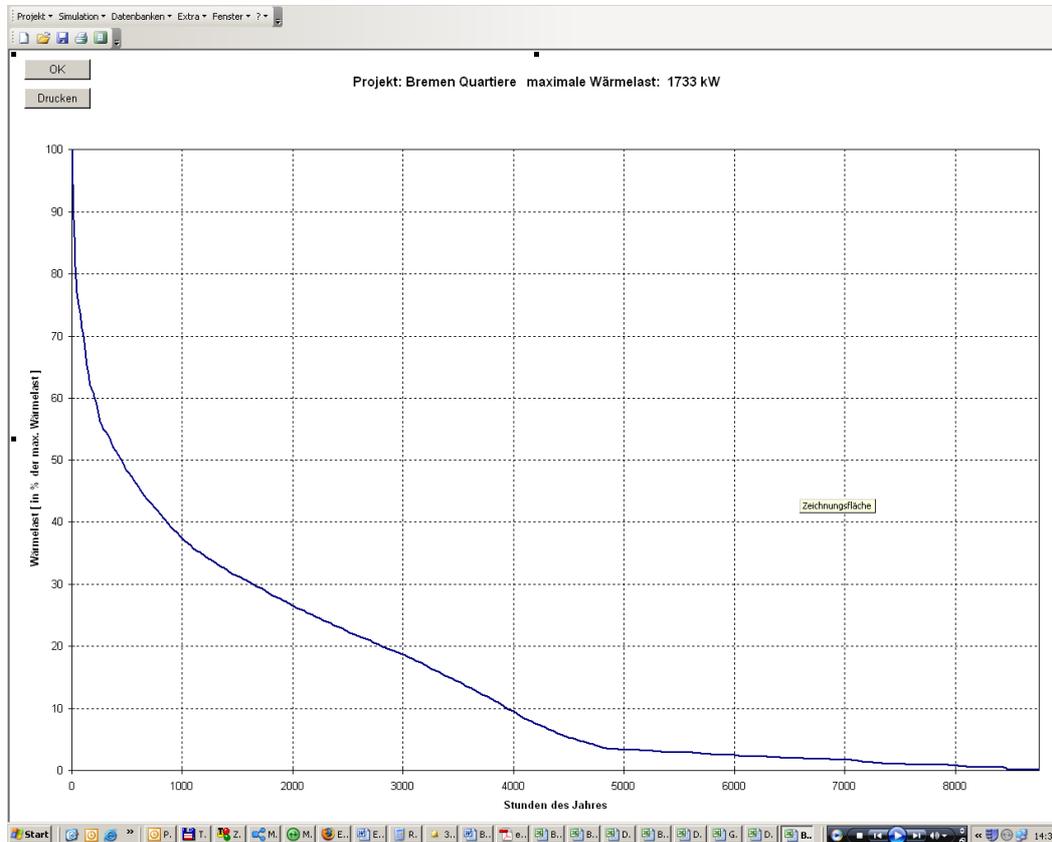


Abbildung 3-4 Wärmelastgang des "Weserquartiers" (Auszug aus der Berechnung mit BHKW-Plan)



Im Fall 2 (alter Kessel) wird ein Niedertemperaturkessel angenommen mit einem Nutzungsgrad von 80% angenommen. Hieraus errechnet sich ein Emissionsfaktor für den Wärmeverbrauch des Kaffeequartiers von 266,4 kg CO₂/MWh geteilt durch 0,8: 333 kg CO₂/MWh. Pro MWh gelieferter Wärme werden durch eine Wärmeversorgung aus dem Fernwärmenetz „Bremer Westen“, mit einem Emissionsfaktor von 199 kg CO₂/MWh, 134 kg CO₂ eingespart. Mit dem Verbrauch von 3.596 MWh/a werden die CO₂-Emissionen jährlich um 482 t/a reduziert.

Im Weserquartier würde statt Fernwärme Erdgas als Energieträger verwendet, da es sich um ein neues Gewerbegebiet handelt, das in Bremen gewöhnlich mit Erdgas versorgt wird. Das Heizsystem wird als ein Brennwertkessel beschrieben und mit 97% Nutzungsgrad angesetzt (s. Kaffeequartier Fall1). Die CO₂-Emissionen pro im Weserquartier verbrauchter MWh, die ohne den Fernwärmeanschluss entstanden wären, bestimmen sich damit durch den Emissionsfaktor für Erdgas von 201,6 kg CO₂/MWh geteilt durch den Nutzungsgrad 0,97: 207,8 kg CO₂/MWh. Diese CO₂-Emissionen werden pro verbrauchter Endenergiemenge für Wärme vermieden. Ihnen steht CO₂ gegenüber, das durch die Erzeugung und den Transport von Fernwärme für das Weserquartiers, emittiert wird. Der entsprechende Emissionsfaktor für das Fernwärmenetz Bremer Westen ist 199 kg CO₂/MWh, inklusive Netzverlust-

te. Pro MWh Wärmeverbrauch werden dann 8,8 kg CO₂ eingespart, was mit dem Wärmeverbrauch von 2.283 MWh/a 20 t CO₂/a entspricht.

Die CO₂-Reduktion durch die Anbindung des Kaffeequartiers (360 t CO₂/a, Fall 1) und Weserquartiers (20 t CO₂/a) beläuft sich dann auf **380 t CO₂/a** (in der **Stadt Bremen**). Die sehr viel geringere dem Weserquartier zuzuschreibende Reduktion ist zurückzuführen auf den geringeren Wärmebedarf von Neubauten im Vergleich zum Bestand und dem geringeren CO₂-Gehalt des Erdgases im Vergleich zum Leichten Heizöl. Der Vergleich von Fall 1 (360 t CO₂/a) und Fall 2 (482 t CO₂/a) für das Kaffeequartier zeigt, wie deutlich neue Heizsysteme bereits selbst zu einer CO₂-Reduktion beitragen. Die relativ hohen Emissionen der Fernwärmebereitstellung durch die Kohlekraftwerke am Standort Hafen tragen das Übrige dazu bei, dass die CO₂-Reduktionen relativ gering bleiben.

3.3.3 Überblick über Handlungsfeld II

Tabelle 3-10 zeigt die jährlichen CO₂-Reduktionen durch dieses Handlungsfeld im Jahr 2010. Beide Maßnahmen wirken allein in der **Stadt Bremen** und werden im Zeitraum 2008 und 2010 umgesetzt. Erreicht wird eine Reduktion von **85 kt/a**. Der Bau des MKK ist dabei sehr viel bedeutender als der Ausbau des Fernwärmenetzes in Überseestadt, dessen Umfang allerdings relativ gering ist. Immerhin verfügen die Kohlekraftwerke und das MKK aber noch über größere ungenutzte Kapazitäten zur Wärmeauskopplung, die zukünftige CO₂-Reduktionen durch einen weiteren Fernwärmeausbau ermöglichen.

Tabelle 3-10 Überblick über die jährlichen CO₂-Reduktionen im Jahr 2010 durch das Handlungsfeld II (in t/a; alle Reduktion im Zeitraum 2008-2010)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
Bau des MKK	84.634	0	84.634
Fernwärmearbeitung Überseestadt	380	0	380
Insgesamt	85.014	0	85.014

3.4 Handlungsfeld III: „Flächenplanung Neubau“

3.4.1 Maßnahme III-1 „Modellprojekte energiesparendes Bauen“

Beschreibung der Maßnahme

Das Land Bremen realisiert mit unterschiedlichen Instrumenten Modellprojekte für energiesparendes Bauen im Wohnbereich. Diese Maßnahme bezieht sich auf Neubauten. Im Vergleich zu der gegenwärtigen EnEV wird eine Unterschreitung des EnEV2007-Standards um ca. 25% erreicht. Die Anzahl der Wohneinheiten, die unter das Modellprojekt fallen, ist 2006-2007: 50 Wohneinheiten, 2008-2010: 250 Wohneinheiten. Die neuen Wohneinheiten entstehen alle in der Stadt Bremen.

Nach dem Mengengerüst teilen sich die in Bremen zu erwartenden neugebauten Wohnungseinheiten im Verhältnis 1:1 auf Einfamilien- (EFH mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 120 m²) und Mehrfamilienhäuser (MFH mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 80 m²) auf. Von den Einfamilienhäusern wiederum sind die Hälfte alleinstehende Einfamilienhäuser, die andere Hälfte Reihenhäuser (zum Überblick s. **Tabelle 3-11**). Eine in Bremen übliche Versorgung mit Erdgas wird auch für diese Neubauten angenommen.

Tabelle 3-11: Überblick über die Grunddaten zu den Gebäuden

	RFH	freistehende EFH	MFH
Anzahl Wohneinheiten 2006/2007*	12,5	12,5	25
Anzahl Wohneinheiten 2008-2010*	62,5	62,5	125
Wohnfläche/Wohneinheit (in m ²)	120	120	80

* Da es sich um erwartete Häufigkeiten handelt, sind nicht allein natürliche Zahlen sinnvoll.

Auch im Zuge der 2009 zu erwartenden Verschärfung der EnEV sind die Modellprojekte im Vergleich zu gleichzeitig fertig gestellten Neubauten energiesparend. Schließlich ist mit einer Baufertigstellung von überwiegend unter die EnEV2009 fallenden Gebäuden erst nach 2010 zu rechnen. Grund dafür ist die durchschnittliche Zeitverzögerung zwischen Baugenehmigung und -fertigstellung. Dauer der Bearbeitung eines Bauantrags und vor allem der Bauüberhang – schon genehmigte aber noch nicht fertig gestellte Bauten. Danach ist durchschnittlich mit einer etwa zweijährigen Verzögerung zu rechnen bis fertig gestellte Wohngebäude einem

geänderten Standard folgen. Demnach sind nach der EnEV2007 errichtete Gebäude als Vergleich mit den Modellprojekten heranzuziehen⁸.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Der spezifische Endenergieverbrauch wird für die drei Häusertypen nach **Tabelle 3-11** aus der EnEV Anlage 1, Tabelle 1 entnommen. Dabei wird für die freistehenden Einfamilienhäuser ein A/V-Verhältnis von 0,8 verwendet, für Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser eines von 0,6. Die entsprechenden Werte werden nach §19 Abs. 2 EnEV sowie dem Primärenergiefaktor von 1,1 in spezifische Endenergieverbrauchsmengen umgerechnet. Die eingesparten spezifischen Energieverbrauchsmengen durch die Modellprojekte sind in **Tabelle 3-12** angegeben.

Mit dem Emissionsfaktor für Erdgas (201,6 kg/MWh) resultieren jährliche CO₂-Reduktionen von 5,5 bis 7,5 kg/m². Mit der zwischen 2006 und 2010 in die Modellprojekte einbezogene Wohnfläche reduzieren sich die CO₂-Emissionen der **Stadt Bremen** im Jahr 2010 demnach um **191,2 t/a**. Davon entfallen etwa 31,9 t/a auf die Jahre 2006/2007 und 159,3 t/a auf die Jahre 2008-2010.

Tabelle 3-12: Berechnung der eingesparten CO₂-Emissionen

	freistehendes Einfamilienhaus	Reihenhaus	Mehrfamilienhaus	insgesamt
eingesparter Endenergiebedarf pro m ² Wohnfläche (in kWh/(m ² *a))	37,2	31,9	27,2	Xxx
CO ₂ -Reduktion pro m ² Wohnfläche (in kg/(m ² *a))	7,5	6,4	5,5	Xxx
Wohnfläche 2006/2007	1500	1500	2000	5000
Wohnfläche 2008-2010	7500	7500	10000	25000
CO ₂ -Reduktion in t/a (Projekte 2006/2009)	11,2	9,6	11,0	31,9
CO ₂ -Reduktion in t/a (Projekte 2008-2010)	56,2	48,2	54,9	159,3
CO ₂ -Reduktion in t/a (Projekte 2006-2010)	67,5	57,8	65,9	191,2

⁸ Die Gebäude fallen teils unter das Regime der EnEV2004. Da sich die einschlägigen Werte – die jeweiligen Tabellen 1 des Anhangs 1 – aber nicht von der EnEV2007 unterscheiden, kann allein diese herangezogen werden.

3.5 Handlungsfeld IV: „Energetische Sanierung des Gebäudebestandes“

3.5.1 Maßnahme IV-1 „Förderprogramm „Wärmeschutz im Wohngebäudebestand“

Beschreibung der Maßnahme

Das Land Bremen fördert die Wärmedämmung im Gebäudebestand. Dafür wurden im Zeitraum 2006-2007 ca. 2,26 Mio. Euro ausgegeben, mit denen eine Verringerung des Transmissionswärmeverlustes von 23.400 MWh/a erreicht wurde. Für die Jahre 2008-2010 ist ein Mitteleinsatz von 3,9 Mio. Euro geplant, mit dem in den drei Jahren eine Minderung des Transmissionswärmeverlustes von 44.229 MWh/a verwirklicht werden soll. Das Programm richtet sich an private Eigentümer von Wohngebäuden, die höchstens 10 Wohnungen enthalten dürfen, und vor dem 01. Januar 1984 im Land Bremen errichtet worden sein müssen. Weitere Daten, z.B. zu Struktur oder Alter der Gebäude oder Heizsysteme, lagen nicht vor.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Der gegebenen Reduktion des Transmissionswärmeverlustes entspricht ein geringerer erforderlicher Heizenergiestrom, der durch zu spezifizierende Heizsysteme auf Endenergie für Raumwärme umzurechnen ist. Dabei wird angenommen, dass das gesamte Heizsystem mit Ausnahme des Kessels in der Gebäudehülle liegt. Dann kann der verringerte Transmissionswärmeverlust mithilfe der Nutzungsgrade der Kessel in Endenergieverbrauchsmengen umgerechnet werden. Zuvor ist die Endenergie auf Energieträger zu verteilen, da hierdurch auch die Nutzungsgrade der Heizsysteme besser abgeschätzt werden können. Zudem können dann energieträgerspezifische CO₂-Emissionsfaktoren verwendet werden, um die CO₂-Reduktion der Maßnahme zu berechnen.

Tabelle 3-13 zeigt die entsprechenden Rechnungen. In ihr werden auch die reduzierten CO₂-Emissionen pro MWh verringertem Transmissionswärmeverlust ausgewiesen. In der zweiten Zeile wird die anteilige Energieträgerstruktur für Raumwärme verwendet, um den Transmissionswärmeverlust auf die Energieträger aufzuteilen⁹. Verwendet wurde die Verteilung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme der deutschen Haushalte im Jahr 2006 nach BDEW (2008, Tafel 6.2) ohne „Kohle u.a.“. Die Zahlen für das Jahr 2005 nach VDEW (2007, Tafel 6.2) liefern ein sehr ähnliches Ergebnis. Sofern „Kohle u.a.“ außer acht gelassen wird, ist die Energieträgerstruktur auch prinzipiell mit derjenigen kompatibel, die das IWU (2008, S.18) für Ein- bzw.

⁹ Die im Folgenden verwendeten verschiedenen Nutzungsgrade der Heizsysteme nach Energieträger verändern die resultierende endenergetische Aufteilung. Da diese Abweichung aber gering ist, wird auf eine iterative Korrektur verzichtet.

Mehrfamilienhäuser angibt. Möglicherweise ist der Stromanteil für Raumwärme zu hoch, da seit 1991 nach BremEG §19 ein Neuanschluss von elektrischen Heizungen unzulässig ist, und das Land Bremen darüber hinaus die Umstellung von Stromheizungen fördert (s. Maßnahme IV-2). Entgegen dieser Erwägung wird die Verteilung für Deutschland Mangels besserer Daten für die Rechnung verwendet.

In der nächsten Zeile sind die Energieaufwandszahlen zu finden, mit deren Hilfe der verringerte Transmissionswärmeverlust in verringerten Endenergieverbrauch umgerechnet werden kann. Die Reduktion des Transmissionswärmeverlustes um eine Megawattstunde reduziert demnach den Endenergieverbrauch um 1,17 MWh. Mithilfe der Emissionsfaktoren können die dadurch vermiedenen CO₂-Emissionen berechnet werden. Das Resultat ist gewissermaßen ein CO₂-Emissionsfaktor für Transmissionswärmeverluste im Land Bremen: 291,7 kg/MWh.

Tabelle 3-13 Berechnung der CO₂-Reduktion pro Verringerung des Transmissionswärmeverlustes um eine MWh

	Leichtes Heizöl	Erdgas	Strom	Fernwärme	Summe
Zuordnung der Reduktion des Transmissionswärmeverlustes auf Energieträger	0,38	0,50	0,04	0,08	1
Energieaufwandszahl*	1,19	1,19	1	1,02	
Endenergieverbrauch pro eingesparter MWh Transmissionswärmeverlust	0,45	0,60	0,04	0,08	1,17
Emissionsfaktor (in kg CO ₂ /MWh)	266,4	201,6	875,4	186,2	
Eingesparte CO ₂ -Emissionen (in kg)	120,4	120,5	36,3	14,5	291,7

* Aus BMVBS (2007, Tabelle 5). Für Leichtes Heizöl und Erdgas wurde ein NT-Kessel angenommen. Das entspricht BMVBS (2007, Fußnote 4), wonach von einem NT-Kessel auszugehen ist, sofern der Kessel nicht beurteilt werden kann. Da kein Hinweis auf das Kesselalter gegeben ist, wurde die mittlere Variante, Baujahr 1987-1994, mit einer Nutzfläche von 150 m²/Gebäude verwendet. Für Strom wird nach BEI/IZES (2007) und konsistent mit den Berechnungen zu Maßnahme IV.2 ein Nutzungsgrad von 1 angenommen. Für Fernwärme ist nur der Verlust an der Übergabestation berücksichtigt, da die Netzverluste bereits im Emissionsfaktor integriert sind.

Dieser spezifische Emissionsfaktor wird mit den gegebenen Transmissionsverlusten verrechnet, um die absolut eingesparten CO₂-Emissionen im Jahr 2010 im Land Bremen und in den beiden Teilzeiträumen zu bestimmen. Demnach werden durch die Förderung des Wärmeschutzes im Bestand von 2006 bis 2010 im Land Bremen 19.727 t/a eingespart, wovon 12.903 t/a auf den Zeitraum 2008 bis 2010 entfallen und 6.824 t/a auf den Zeitraum 2006/2007 (s. **Tabelle 3-14**). Der Zeitraum 2008 bis 2010 ist auch dann sehr viel bedeutender als der Zeitraum 2006/2007, wenn die unterschiedliche Periodenlänge berücksichtigt wird. Es wird angenommen, dass sich die Maßnahmen entsprechend der Anteile der Wohnungen und der Wohnfläche des Bestandes auf die Städte Bremen und Bremerhaven verteilen (s. Stat. Landesamt Bremen, 2007a, Tabelle 8.5). Aus beiden Größen resultiert etwa eine

Aufteilung von 18,5% auf Bremerhaven (2006-2010: 3.649 t/a) und 81,5% auf Bremen (2006-2010: 16.077 t/a).

Tabelle 3-14 CO₂-Reduktionen durch das Förderprogramm "Wärmeschutz im Gebäudebestand" im Jahr 2010 nach Zeitraum und Gebietskörperschaft (in t/a)

	2006/2007	2008-2010	2006-2010
Stadt Bremen	5.561,6	10.515,6	16.077,2
Stadt Bremerhaven	1.262,4	2.387,0	3.649,4
Land Bremen	6.824,0	12.902,6	19.726,6

3.5.2 Maßnahme IV-2 „Förderprogramm ‚Ersatz von Elektroheizungen‘“

Beschreibung der Maßnahme

Das Land Bremen fördert den Ersatz von elektrischen Raumheizungen durch Heizungsanlagen auf Basis von Fernwärme, Erdgas oder Heizöl. Dabei soll grundsätzlich auf Fernwärme umgestellt werden. Sofern dies nicht möglich ist, sollte Erdgas gewählt werden, und falls auch das nicht möglich ist, Heizöl. In den Jahren 2006 und 2007 wurden 68 Wohneinheiten im Land Bremen umgestellt, die sich entsprechend der **Tabelle 3-15** auf die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven sowie auf Haustypen und neue Heizsysteme verteilen. Die Mehrfamilienhäuser enthalten dabei zwischen 2 bis 9 Wohneinheiten, im Durchschnitt sind es 3,25. Von den 68 umgestellten Wohneinheiten wurde in etwa 78% der Fälle Heizung und Warmwasser, ansonsten nur die Heizung umgestellt. Nähere Angaben zu den letztgenannten Fällen liegen nicht vor.

Für diese Umstellungen wurden in beiden Jahren zusammen rund 125.000 € Fördermittel ausgezahlt. Von 2008 bis 2010 ist geplant, weitere Umstellungen mit 50.000 € pro Jahr zu fördern.

Tabelle 3-15 Umgestellte Wohneinheiten nach Gebietskörperschaft, Gebäude und Art der Umstellung in den Jahren 2006 und 2007

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
EFH* auf Erdgas	28	1	29
EFH auf Fernwärme	4	0	4
MFH* auf Erdgaseta- genheizung	9	0	9
MFH auf Erdgaszen- tralheizung	24	2	26
Insgesamt	65	3	68

* EFH: Einfamilienhaus; MFH: Mehrfamilienhaus. Eine Umstellung auf Gasetagenheizung in Mehrfamilienhäusern betrifft nur die einzelnen Wohneinheiten.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Die Berechnung erfolgt in den folgenden Schritten:

- der Wärmebedarf der 2006/2007 umgestellten Wohneinheiten wird abgeschätzt;
- anschließend werden die Emissionen vor der Umstellung berechnet;
- danach werden die Emissionen nach der Umstellung bestimmt;
- die Differenz ergibt die eingesparten Emissionen in 2006/2007;
- aus einem Vergleich der Fördermittel von 2006 und 2007 mit denjenigen für 2008 bis 2010 wird die zu erwartende jährliche Emissionsreduktion geschätzt.

Als Basis der Berechnung wird die einschlägige Studie von BEI/IZES (2007) herangezogen. Dort wird der Bestand an Elektroheizungen und deren Verteilung nach Gebäudetypologie in Deutschland untersucht. Zudem berechnen BEI/IZES (2007) für verschiedene Gebäude die Wirkung einer Umstellung auf alternative Heizsysteme. Die Untersuchung wird soweit wie möglich zugrunde gelegt, womit für Deutschland gebildete Durchschnittswerte für Häuser mit elektrischer Wärmeversorgung als Näherungen an Bremer Verhältnisse angenommen werden. Nach der Gebäudetypologie werden demnach vor allem Gebäude, die in den Jahren 1949-1978 gebaut wurden, elektrisch beheizt.

Für elektrisch beheizte Einfamilienhäuser ist dann der Durchschnittswert eines spezifischen Heizwärmebedarfs von 179 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr bei einer durchschnittlichen Größe von 119 m²/Wohneinheit anzusetzen (BEI/IZES, 2007, S.35 Tabelle 2-1)¹⁰. Daraus resultiert ein Heizenergiebedarf von 21,3 MWh/a und Wohneinheit. Für die 33 Wohneinheiten, die im Land Bremen in den Jahren 2006 und 2007 umgestellt wurden, sind es damit 702,9 MWh/a. Mit einem Nutzungsgrad von 100% für Stromheizungen entspricht der Bedarf dem Endenergieverbrauch. Für Warmwasser kann ein Bedarf von 2,4 MWh pro Jahr und Wohneinheit angenommen werden. Daraus resultiert bei einer elektrischen Bereitstellung ein Endenergiebedarf von 3,1 MWh/a (zu den grundlegenden Zahlen s. BEI/IZES, 2007, Tabelle A3). Mit der Anzahl von 33 Einfamilienhäusern und der Information, dass nur in 78% der Fälle auch Warmwasser auf andere Endenergeträger umgestellt wurde, ergibt sich eine Einsparung von Strom für den Wärmebedarf von etwa 79,7 MWh/a, womit insgesamt 782,6 MWh/a Strom für Wärmebereitstellung in Einfamilienhäusern eingespart werden (vgl. **Tabelle 3-16**).

In den Mehrfamilienhäusern, die im Land Bremen komplett umgestellt werden, sind durchschnittlich ca. 3,25 Wohneinheit zu finden. Für ihre Beschreibung wird die Gebäudekategorie „3-6 Wohneinheiten“ pro Gebäude verwendet. Ebenfalls zu dieser Kategorie gehörig werden die Gebäude angenommen, in denen nur ein-

¹⁰ Die durchschnittliche Wohnfläche ist für Wohngebäude mit einer Wohnung in Bremerhaven und mehr noch für Bremen kleiner (errechnet aus Stat. Landesamt Bremen, 2007, S. 110). Hier sind auch Reihenhäuser enthalten, die eine geringere Fläche aufweisen. Zudem steigt für Einfamilienhäuser mit kleinerer Fläche tendenziell das Verhältnis von Oberfläche zu Wohnfläche, was den spezifischen Verbrauch erhöht, wenngleich keine vollständige Kompensation zu erwarten ist. Aus diesen Gründen wird an der Durchschnittsfläche für strombeheizte Häuser in Deutschland festgehalten.

zelne Wohnungen umgestellt wurden. Ihr spezifischer Heizenergiebedarf beträgt 139 kWh/(m²*a) und die Größe pro Wohneinheit ist 73 m². Hieraus resultiert ein jährlicher Heizenergiebedarf von 10,15 MWh pro Wohneinheit und Jahr (BEI/IZES, 2007, S.35 Tabelle 2-1 sowie Tabelle A3 zu den weiteren Werten). Für die 35 Wohneinheiten ist dann ein jährlicher Heizenergiebedarf von 355,1 MWh/a anzusetzen. Für den Energiebedarf an Strom für Warmwasser ist bei einem Wärmebedarf von etwa 1,08 MWh pro Jahr und Wohneinheit dann 1,57 MWh pro Jahr und Wohneinheit anzusetzen. Mit dem Anteil der Wohnungen, in denen auch Warmwasser umgestellt wurde (78%), resultieren dann insgesamt 42,7 MWh/a. Dadurch werden in Mehrfamilienhäusern insgesamt 397,8 MWh/a an Strom durch die Umstellung eingespart (s. **Tabelle 3-16**).

Mit der Aufteilung auf die Städte Bremen und Bremerhaven und den Emissionsfaktoren für Strom lassen sich die durch die Umstellung brutto vermiedenen CO₂-Emissionen bestimmen: 1.053,8 t/a im Land Bremen (zur Berechnung und Aufteilung s. **Tabelle 3-16**).

Tabelle 3-16 Berechnung der CO₂-Emissionen der umgestellten Wohneinheiten vor der Umstellung (brutto eingesparte Emissionen - Emissionen vor der Umstellung 2006/2007)

	Einfamilienhäuser	Mehrfamilienhäuser	Gesamt
Eingesparter Strom für Raumwärme (in MWh/a)	702,9	355,1	1.058,0
Eingesparter Strom für Warmwasserversorgung (in MWh/a)	79,7	42,7	122,4
Eingesparter Endenergieverbrauch Strom für Wärme (in MWh/a)	782,6	397,8	1.180,4
Davon: Bremerhaven (in MWh/a)	23,7	22,7	46,4
Davon: Bremen (in MWh/a)	758,9	375,1	1.134,0
Stadt Bremerhaven: CO ₂ -Emissionen vor Umstellung (in t/a)	16,4	15,7	32,1
Stadt Bremen: CO ₂ -Emissionen vor der Umstellung (in t/a)	683,8	338,0	1.021,7
Land Bremen: CO ₂ -Emissionen vor Umstellung (in t/a)	700,2	353,7	1.053,8

Die CO₂-Emissionen der neuen Wärmebereitstellung lassen sich wie folgt bestimmen. Die Wohneinheiten können nach Energieträger und Energiesystem eingeteilt werden. Aus dem Heizwärmebedarf ist auf Basis angenommener Nutzungsgrade der Endenergieverbrauch für Raumwärme zu errechnen. Der Endenergiebedarf für Warmwasser wird BEI/IZES (2007) entnommen. Er liegt für Einfamilienhäuser bei 4,2 MWh/a und für Mehrfamilienhäuser bei 2,1 MWh pro Jahr und Wohneinheit. Mit der Anzahl der Wohneinheiten und dem Anteil der Umstellung (ca. 78%) resultieren die Zahlen in **Tabelle 3-17**. Aus dem Endenergieverbrauch und den Emissionsfaktoren ergeben sich die CO₂-Emissionen. Aus der Aufteilung der Fälle nach **Tabelle 3-15** können die Emissionen den Städten Bremen und Bremerhaven zugeordnet werden. Diese Verteilung der Emissionen ist in den letzten beiden Zeilen der **Tabelle 3-17** angegeben.

Tabelle 3-17 CO₂-Emissionen nach den Umstellungen 2006/2007 nach Energieträger, Heizsystem und Gebäudetyp

	Einfamilienhaus Erdgas	Einfamilienhaus Fernwärme (Bremen)	Mehrfamilienhaus Erdgas - Zentral	Mehrfamilienhaus Erdgasetagenheizung	Summe
Wohneinheiten	29	4	26	9	68
Heizwärmebedarf (in MWh/a)	617,7	85,2	263,8	91,3	1.058
Endenergiebedarf für Raumwärme* (in MWh/a)	636,8	87,8	272,0	97,6	1.094,2
Endenergiebedarf für Warmwasser (in MWh/a)**	94,9	13,1	42,6	14,7	165,3
Endenergiebedarf für Wärme (in MWh/a)	731,7	100,9	314,6	112,3	1.259,5
CO ₂ -Emissionen nach Umstellung (Land Bremen; in t/a)	147,5	16,9	63,4	22,6	250,4
Davon: Stadt Bremerhaven (in t/a)	5,1	0	4,9	0	10,0
Davon: Stadt Bremen (in t/a)	142,4	16,9	58,5	22,6	240,4

* Nach BEI/IZES (2007) wird ein Nutzungsgrad von 97% nach den dortigen Varianten 1 und 5 angenommen. Nach BMVBS (2007, Tabelle 5, Position 20) wird für die Gasetagenheizung ein Nutzungsgrad von 93,5 % berechnet. Hilfsenergie wird vernachlässigt. Für die Nutzungsgrade werden state-of-the-art Systeme verwendet. Es wird angenommen, dass diese zur Anwendung kommen.

** nur umgestellte Versorgung. Hilfsenergie vernachlässigt.

Die Ergebnisse der Emissionen vor und nach der Umstellung entsprechend **Tabelle 3-16** bzw. **Tabelle 3-17** werden in **Tabelle 3-18** übernommen, um die vermiedenen Emissionen zu bestimmen. Durch die Umstellung von elektrischer Wärmeerzeugung auf Erzeugung mit Erdgas oder Fernwärme wurden demnach in den Jahren 2006/2007 die CO₂-Emissionen des Landes Bremen etwa um 804 t/a reduziert. Davon entfielen rund 97,3 % auf die Stadt Bremen und 2,7 % auf die Stadt Bremerhaven. Es wird angenommen, dass diese Aufteilung auch in Zukunft erhalten bleibt.

Tabelle 3-18 Durch die Umstellungen 2006/2007 vermiedene CO₂-Emissionen (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
A) CO ₂ -Emissionen vor der Umstellung	1.022	32	1.054
B) CO ₂ -Emissionen nach der Umstellung	240	10	250
C) Vermiedene CO ₂ -Emissionen (A-B)	782	22	804

Mithilfe der angegebenen Fördermittel wird die CO₂-Reduktion pro eingesetzten Euro für die Jahre 2006/2007 bestimmt. Es wird angenommen, dass in Zukunft die gleiche CO₂-Reduktion pro eingesetzten Euro erreicht wird. Die Frage ist nun, ob und wie die nominalen Eurogrößen in Euro gleicher Kaufkraft umzurechnen sind.

Für eine solche Umrechnung spricht:

- die Geldwerte sind ohne eine solche Umrechnung prinzipiell nicht zu vergleichen;
- eine Änderung einzelner Preise ist erst nach einer solchen Deflationierung zu erkennen, da sie ansonsten mit der allgemeinen Preisniveaumentwicklung vermischt wird.

Problematisch ist allerdings die praktische Anwendung, da

- das zu verwendende Güterbündel für die Deflationierung nicht eindeutig zu bestimmen ist. Übliche Maße, vor allem der Verbraucherpreisindex, legen völlig andere Güter zugrunde. Zum Beispiel sind Nahrungsmittel und Kleidung enthalten;
- die für eine Umstellung besonders relevanten Preise der Energieträger sich deutlich geändert haben. Sie dürften das Ergebnis aber dominieren. Um den Effekt zu erfassen müssten die Kosten der alternativen Heizsysteme für verschiedene Preise kalkuliert werden. Dafür liegen gegenwärtig keine Daten vor.

Ob die prinzipiell zu begründende Deflationierung in der Anwendung vorteilhaft ist oder nicht, kann deshalb kontrovers diskutiert werden. Darüber hinaus werden die einzelnen Umstellungen durch Festbeträge gefördert. Sofern die Adressaten, z.B. private Haushalte, nicht allein auf Grundlage einer ökonomischen Investitionsrechnung entscheiden, kann der Festbetrag trotz möglicher Kaufkraftverluste eine ähnlich große CO₂-Reduktion anregen. Demnach kann begründet auf eine Deflationierung verzichtet werden. Diesen Gründen folgen der Auftraggeber und diese Schätzung. Darüber hinaus liegen die Abweichungen zwischen einer Rechnung mit und ohne Deflationierung im kleinen Prozentbereich. Die Deflationierung kann mithin als wenig bedeutend eingeschätzt werden.

In den beiden Jahren 2006 und 2007 wurden 125.000 € ausgezahlt. Damit wurden im Land Bremen 804 t CO₂ pro Jahr (s. **Tabelle 3-18** und **Tabelle 3-19**) eingespart, pro eingesetztem Euro also rund 6,4 kg CO₂. In den Jahren 2008 bis 2010 ist geplant jährlich eine Summe von 50.000 € auszusahlen, insgesamt also 150.000 €. Wird mit diesem Geld pro eingesetztem Euro die gleiche CO₂-Reduktion wie in den Jahren 2006 und 2007 erreicht und verteilen sich diese Auszahlungen gleichbleibend auf die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven, dann reduziert die Maßnahme IV-2 von 2008 bis 2010 die jährlichen CO₂-Emissionen im Land Bremen um rund 965 t/a. Falls die Verteilung der Jahre 2006 und 2007 auf die Städte Bremen und Bremerhaven erhalten bleibt, sind dort Reduktionen von 938 t/a (Stadt Bremen) und 25 t/a (Stadt Bremerhaven) zu erwarten (s. den Ergebnisüberblick in **Tabelle 3-19**).

Die Umstellungen von 2006-2010 werden im Jahr 2010 die CO₂-Emissionen des **Landes Bremen** insgesamt um ca. **1.769 t/a** verringern. Der weit überwiegende Teil der Reduktionen wird dabei in der **Stadt Bremen** mit **1.720 t/a** erreicht, während auf die **Stadt Bremerhaven** nur **48 t/a** entfallen.

Tabelle 3-19 Die jährliche CO₂-Reduktion durch die Umstellung von Elektroheizungen nach Teilperioden und Gebietskörperschaften (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007	782	22	804
2008-2010	938	26	965
2006-2010	1720	48	1769

3.5.3 Maßnahme IV-3 „Modellprojekt des Sozialen Wohnungsbaus im Mietwohnbestand“

Beschreibung der Maßnahme

Das Land Bremen fördert in dieser Maßnahme die energetische Sanierung des Gebäudebestands. **Tabelle 3-20** zeigt die Wohnfläche nach Sanierungsstandard und Gebietskörperschaft. Eine Verlagerung der Standards ist deutlich zu sehen:

Während zwischen 2006 und 2007 kein KfW-60-Standard umgesetzt wurde, wird zwischen 2008 und 2010 kein EnEV-Sanierungsstandard mehr angestrebt. Die Wohneinheiten haben laut Mengengerüst alle eine Fläche von 55 m². Näheres zu den Gebäuden oder Wohnung ist nicht bekannt.

Tabelle 3-20 Verteilung der geförderten Wohnungen in m² Wohnfläche nach Standards, Gebietskörperschaften und Zeitraum

2006-2007	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven
KfW-60 Standard	0	0
EnEV-Neubaustandard	1.550	1.800
EnEV-Sanierungsstandard	1.550	2.300
Insgesamt	3.100	4.100

2008-2010	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven
KfW-60 Standard	5.400	0
EnEV-Neubaustandard	12.600	3.300
EnEV-Sanierungsstandard	0	0
Insgesamt	18.000	3.300

Berechnung der CO₂-Reduktion

In **Tabelle 3-21** werden die Endenergieverbrauchseinsparungen pro Quadratmeter Wohnfläche im Vergleich zum Bestand berechnet. Je nach Sanierungsstandard werden zwischen 65,4 und 121,8 kWh/m² und Jahr eingespart.

In **Tabelle 3-22** wird der Energieträgermix für den Raumwärme-/ Warmwasserendenergieverbrauch aus BDEW (2008, Tafel 4.3) als Ausgangspunkt verwendet, um mithilfe der Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger den Emissionsfaktor für den Endenergieverbrauch Raumwärme/Warmwasser zu bestimmen¹¹. Dieser liegt bei rund 274,8 kg/MWh.

Mithilfe dieses Emissionsfaktors, der spezifischen Wärmeverbrauchsmengeneinsparung (**Tabelle 3-21**) und der sanierten Wohnflächen nach Standard (**Tabelle 3-20**) lassen sich die eingesparten CO₂-Emissionen bestimmen (s. **Tabelle 3-23**). Im **Land Bremen** werden in den Jahren 2006-2010 insgesamt **776,8 t/a** eingespart, wovon 615,9 t/a, also der Großteil, auf die Maßnahmen zwischen 2008-2010 entfallen. Insgesamt werden rund 77 % in der Stadt Bremen realisiert und 23% in der Stadt Bremerhaven, womit der Anteil Bremerhavens etwas über dem Bevölkerungsanteil (ca. 15%) liegt. In den beiden Teilperioden sind die Anteile Bremerhavens jedoch höchst verschieden: Betragen sie zwischen 2006 und 2007 56,3%, sinken sie von

¹¹ Vorgehen und Datenquelle entsprechen der Maßnahme IV.1. Dort wurde allerdings ausschließlich Raumwärme betrachtet und die reduzierten Transmissionswärmeverluste waren der Ausgangspunkt und nicht ein Endenergieverbrauch. Aufgrund des im Vergleich zur Raumwärme höheren Stromanteils für die Warmwasserbereitung ist der Strom in Maßnahme IV.3 bedeutender als in Maßnahme IV.1.

2008-2010 auf 14,7 %. Insofern ist eine deutliche Verlagerung des Schwerpunkts von der Stadt Bremerhaven zur Stadt Bremen zu beobachten.

Tabelle 3-21 Der Endenergiebedarf für Raumwärme für die verschiedenen Sanierungsstandards

	Wärmebedarf bzw. -verbrauch (in kWh/(a*m ² Wohnfläche)	Einsparung im Vergleich zum Bestand (in kWh/(a*m ² Wohnfläche)
Bestand	185 *	0
EnEV-Sanierungsstandard	119,6**	65,4
EnEV-Neubau	85,43**	99,6
KfW-60 Standard	63,2 ***	121,8

* Nach IWU (2008) beträgt der Heizwärmebedarf im bis 1978 errichteten Gebäudebestand etwa 170 kWh/m². Dies ist auch der Wert der in einer IZES-Studie für den Bestand in Saarbrücken geschätzt wurde. Nach DIN V 4701-10 wurden 12,5 kWh/(a*m² Nutzfläche) für Warmwasser hinzuaddiert (s. z.B. IWU, 2008, Endnote 17). Abschätzungen der Durchschnittswerte des Landes Bremen ergaben höhere Werte, was durch den Anteil an Einfamilienhäusern zu erklären ist. Rechnungen, in denen zwischen der Stadt Bremen und der Stadt Bremerhaven sowohl hinsichtlich der Energieverbrauchsmengen als auch hinsichtlich des Energieträgermixes unterschieden wurde, führten zu nahezu denselben CO₂-Reduktionen, wie ohne Unterscheidung. Deshalb wurde auf die Unterscheidungen verzichtet.

**Wegen der geringen Wohnungsgröße wurde ein großes Mehrfamilienhaus gewählt. Kenngrößen: A/V: 0,4; Wohnfläche: 1.877 m². Für das A/V-Verhältnis wurde der Wert aus EnEV, Anlage 1, Tabelle 1 entnommen: 81,06 kWh/m². ΔQ_w wird vernachlässigt, da es weniger als 1% zum spezifischen Energieverbrauch beiträgt. Mit dem Faktor 1/1,2 (nach EnEV §19(2) wurde die Nutzfläche in Wohnfläche umgerechnet. Für die Umrechnung von Primärenergie auf Endenergie wurde der Faktor 1,1 verwendet. Der Wert wurde schließlich mittels des zu BMVBS (2007) zum Jahr 2005 gehörenden Klimafaktors – geteilt durch 1,07 - auf Bremen umgerechnet und dann durch den Faktor 1,0337 witterungsbereinigt. Der Sanierungsstandard erlaubt einen um 40% über dem Neubaustandard liegenden spezifischen Primärenergieverbrauch.

*** Verwendet wurde die Anforderung eines Primärenergiebedarfs von nicht mehr als 60 kWh pro m² Nutzfläche und Jahr. Mit dem Faktor 1/1,2 nach EnEV §19(2) wurde die Nutzfläche in Wohnfläche umgerechnet. Für die Umrechnung von primärenergie auf Endenergie wurde der Faktor 1,1 verwendet (zum KfW-60-Standard s. http://www.kfw-foerderbank.de/DE/Home/Bauen_Wohnen_Energiesparen/Darlehensprogramme_fuer_Wohnimmobilien/CO2-Minder14/Technische_Anforderungen.jsp).

Tabelle 3-22 Berechnungen des CO₂-Emissionsfaktors pro MWh Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser

	Anteile am Endenergieverbrauch Raumwärme/Warmwasser	Emissionsfaktoren (in kg/MWh)	kg CO ₂ Emissionen pro MWh Verbrauch an Raumwärme/Warmwasser
Leichtes Heizöl	0,35	266,4	92,1
Erdgas	0,50	201,6	101,4
Strom	0,08	875,4	67,5
Fernwärme	0,07	186,2	13,8
Emissionsfaktor für Raumwärme und Warmwasser (in kg CO ₂ /MWh)			274,8

Tabelle 3-23 Durch Maßnahme IV.1 jährlich eingesparte CO₂-Emissionen (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007			
EnEV-Neubaustandard	42,4	49,3	91,7
EnEV-Sanierungsstandard	27,9	41,3	69,2
Insgesamt	70,3	90,6	160,9
2008-2010			
EnEV-Neubaustandard minus 60%	180,8	0,0	180,8
EnEV-Neubaustandard	344,8	90,3	435,1
Insgesamt	525,6	90,3	615,9
Insgesamt (2006-2010)	595,8	180,9	776,8

3.5.4 Überblick über das Handlungsfeld IV

Einen Überblick über die CO₂-Reduktionen durch dieses Handlungsfeld bieten die **Tabelle 3-24**, die die absoluten Veränderungen zeigt, und die **Tabelle 3-25**, die Anteile bezogen auf die Gesamtreduktion im Land Bremen in den Jahren 2006-2010 darstellt.

Insgesamt werden etwa **22,3 kt/a** CO₂-Emissionen **im Land Bremen** eingespart. Davon entfallen **3,9 kt/a** (17%) auf die **Stadt Bremerhaven** und **18,4 kt/a** (83%) auf die **Stadt Bremen**. Diese Verteilung bleibt in den beiden Teilperioden konstant. In den Jahren 2008-2010 wird mit einer Reduktion um 14,5 kt/a eine deutlich stärkere Reduktion erreicht als in der Periode 2006/2007 (7,8 kt/a).

Mit einem Anteil von 89 % dominiert die Maßnahme IV.1 „Wärmeschutz“ im Gebäudebestand, was aufgrund ihrer breiten Wirkung zu erklären ist. Überraschend ist eher der hohe Anteil den die Umstellung von Elektroheizungen (Maßnahme IV.2) erreicht (rund 8%). Denn hier handelt es sich um eine sehr speziell ausgerichtete Maßnahme, deren Umsetzung auch nur relativ wenige Wohneinheiten pro Jahr erfasst. Diese Maßnahme ist relativ stark auf die Stadt Bremen konzentriert. Interessant wäre, ob diese Konzentration durch einen höheren Anteil von Stromheizungen in der Stadt Bremen zu erklären ist oder andere Gründe hat, da dies Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung der Maßnahme liefern kann. Schließlich entfallen immer noch erhebliche 0,8 kt/a (etwa 3%) auf die Maßnahme IV.3, die als Modellprojekt angelegt ist und von der aufgrund dieses Charakters keine erhebliche direkte Wirkung zu erwarten wäre. Die relativ hohen Werte im Vergleich zu dem Handlungsfeld III („Neubau/Flächensanierung“) zeigen, wie wichtig die Gebäudesanierung ist.

Tabelle 3-24 Überblick über die 2010 resultierenden jährlichen CO₂-Reduktionen durch das Handlungsfeld IV "Energetische Sanierung" (in t/a)

		Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
Maßnahme IV.1 „Wärmeschutz“	2006-2010	16.077	3.649	19.727
	Davon 2006/2007	5.562	1.262	6.824
	Davon 2008-2010	10.516	2.387	12.903
Maßnahme IV.2 „Umstellung von Elektroheizungen“	2006-2010	1.720	48	1.769
	Davon 2006/2007	782	22	804
	Davon 2008-2010	938	26	965
Maßnahme IV.3 „Modellprojekte Mietwohnbestand“	2006-2010	596	181	777
	Davon 2006/2007	70	91	161
	Davon 2008-2010	526	90	616
Insgesamt	2006-2010	18.393	3.878	22.273
	Davon 2006/2007	6.414	1.375	7.789
	Davon 2008-2010	11.979	2.503	14.484

Tabelle 3-25 Überblick über die Anteile der 2010 resultierenden jährlichen CO₂-Reduktionen durch Maßnahmebündel IV "Energetische Sanierung" (Reduktion im Land Bremen 2006-2010 = 100)

		Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
Maßnahme IV.1 „Wärmeschutz“	2006-2010	0,72	0,16	0,89
	Davon 2006/2007	0,25	0,06	0,31
	davon 2008-2010	0,47	0,11	0,58
Maßnahme IV.2 „Umstellung von Elektroheizungen“	2006-2010	0,08	0,00	0,08
	Davon 2006/2007	0,04	0,00	0,04
	davon 2008-2010	0,04	0,00	0,04
Maßnahme IV.3 „Mietwohnbestand“	2006-2010	0,03	0,01	0,03
	davon 2006/2007	0,00	0,00	0,01
	davon 2008-2010	0,02	0,00	0,03
Insgesamt	2006-2010	0,83	0,17	1,00
	davon 2006/2007	0,29	0,06	0,35
	davon 2008-2010	0,54	0,11	0,65

3.6 Handlungsfeld V: Öffentliche Gebäude

3.6.1 Maßnahme V-1 „Nutzerbedingte Energieeinsparungen durch Anreizmodelle (Ausdehnung $\frac{3}{4}$ -Projekt)“

Beschreibung der Maßnahme

Im Rahmen dieser Maßnahme wird ein finanzielles Anreizsystem zum Energiesparen in verschiedenen öffentlichen Einrichtungen geschaffen. In den Jahren 2006 und 2007 wurde das System von Schulen auf sechs Kindertagesstätten übertragen, allerdings ohne ein finanzielles Anreizmodell. Geplant ist ab dem 01.01.2008, das finanzielle Anreizsystem auf 50 Kitas in Bremen und Bremerhaven sowie auf sechs Polizeireviere und die Finanzverwaltung in der Stadt Bremen auszudehnen. Diese Ausdehnung soll bis Ende des Jahres 2010 umgesetzt sein. Erwartet wird, dass dadurch rund 5-10% des Energieverbrauchs eingespart werden. Im Weiteren wird der Mittelwert verwendet, nämlich eine Einsparung von 7,5% der Endenergieverbrauchsmengen für Wärme und an Strom.

Berechnung der eingesparten CO₂-Emissionen

Für die drei Arten öffentlicher Gebäude – Finanzverwaltung, Polizeireviere und Kitas – werden die CO₂-Reduktionen getrennt berechnet.

- Finanzverwaltung

Der durchschnittliche Stromverbrauch der Finanzverwaltung in den Jahren 2005-2007 errechnet sich aus den Angaben zu 1.204,7 MWh/a. Durch eine Reduktion von 7,5% werden dann 90,35 MWh/a eingespart. Damit werden in der Stadt Bremen die CO₂-Emissionen um 81,4 t/a reduziert.

Der durchschnittliche witterungsbereinigte Endenergieverbrauch an Heizöl für Wärme beträgt in denselben Jahren 2.410,7 MWh/a. Das Anreizmodell reduziert diesen Verbrauch an Heizöl um 180,8 MWh/a, wodurch die CO₂-Emissionen um 48,2 t/a reduziert werden.

In der Finanzverwaltung, die in der Stadt Bremen liegt, werden damit insgesamt durch das Anreizmodell 129,6 t CO₂/a eingespart.

- Polizeireviere

Die sechs großen Polizeireviere der Stadt Bremen, in denen das Anreizmodell eingeführt wird, verbrauchten in den Jahren 2005-2007 durchschnittlich 531,3 MWh/a Strom. Davon werden durch das Modell 39,9 MWh/a eingespart, was die CO₂-Emissionen um 35,9 t/a reduziert.

Gleichzeitig verbrauchten die Reviere in den Jahren 2005-2007 im Durchschnitt 1.597 MWh/a für Wärme (witterungsbereinigt). Sie bezogen diese Energie zu 87,5 % als Erdgas und zu 12,5 % als Fernwärme aus dem Netz „Bremer Westen“, woraus sich ein durchschnittlicher Emissionsfaktor von 201,3 kg CO₂/MWh für den Wärmebezug ergibt. Mit den durch das Anreizmodell eingesparten 7,5% des Wärmeverbrauchs (119,8 MWh/a) werden die CO₂-Emissionen um 24,1 t/a reduziert.

Die Einführung des Anreizmodells in den Polizeirevieren wird die CO₂-Emissionen in der Stadt Bremen damit insgesamt um 60,0 t/a reduzieren.

- Kindertagesstätten

Für die 50 Kindertagesstätten, in denen in den Jahren 2008-2010 das Anreizprogramm eingeführt wird, wird angenommen, dass sie einen durchschnittlichen Endenergieverbrauch wie die öffentlichen Tagesstätten Bremens aufweisen. Durchschnittlich verbrauchte eine Kindertagesstätte 21,85 MWh/a Strom und 133,0 MWh/a Endenergie für Wärme.

Das Anreizprogramm bewirkt eine Einsparung des Endenergieverbrauchs von 7,5%. Die dadurch in den 50 Kindertagesstätten eingesparten CO₂-Emissionen werden in der **Tabelle 3-26** berechnet. Dabei wird nach der Stadt Bremen und Bremerhaven unterschieden. Die Einsparung an Strom beträgt 61,5 bzw. 20,5 MWh/a, die am Endenergieverbrauch für Wärme 374,1 bzw. 124,7 MWh/a. Letztere verteilen sich auf Erdgas, Fernwärme und Heizöl. Mit dieser Verteilung – die von den öffentlichen Bremer Kindertagesstätten bekannt ist – können mithilfe der Emissionsfaktoren (Spalte 4 und 5) die CO₂-Emissionen bestimmt werden (Spalte 6 und 7). In der Stadt Bremen werden demnach durch Reduktion des Stromverbrauchs 55,4 t/a und durch die des Wärmeverbrauchs 77,0 t/a, also insgesamt 132,4 t/a eingespart. In Bremerhaven sind es 14,2 t/a bzw. 28,3 t/a, also insgesamt 42,4 t/a. Damit ergeben sich durch die Maßnahme zwischen 2008 und 2010 für das Land Bremen Einsparungen von 174,8 t/a.

2006 und 2007 wurden in der Stadt Bremen in sechs Kitas Pilotprojekte, allerdings ohne finanzielle Anreizmodelle, durchgeführt. Allein die nichtfinanziellen Elemente können eine Reduktion des Energieverbrauchs erreichen. Vereinfachend wird angenommen, dass auch ohne finanzielle Anreize pro Kindertagesstätten die gleiche Reduktion erzielt wurde, wie oben für die Kitas der Stadt Bremen berechnet. Damit ergeben sich für 2006-2007 in der Stadt Bremen zusätzliche Einsparungen von 15,9 t/a.

Durch die Maßnahmen in den Jahren 2006-2010 werden in der Stadt Bremen damit 148,2 t/a eingespart, in der Stadt Bremerhaven 42,4 t/a und im Land Bremen 190,7 t/a.

Tabelle 3-26 Durch Einführung des Anreizprogramms in 50 Kindertagesstätten zwischen 2008 und 2010 eingesparte Endenergie und CO₂-Reduktion (in t/a)

	eingesparte Endenergie (in MWh/a)		Emissionsfaktoren (in kg/MWh)		CO ₂ -Reduktion (in t/a)	
	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven
Strom	61,5	20,5	901	691	55,4	14,2
Wärme	374,1	124,7				
Davon: Erdgas	205,7	68,6	201,6	201,6	41,5	13,8
Davon: Fernwärme	138,4	46,1	199	256	27,5	11,8
Davon: Heizöl	29,9	10,0	266,4	266,4	8,0	2,7
Gesamte CO ₂ -Reduktion					132,4	42,4

- Überblick über die CO₂-Reduktion durch das Anreizmodell

In den drei Objekten werden CO₂-Reduktion entsprechend der **Tabelle 3-27** erreicht. Durch die Ausweitung der Maßnahme in den Jahren 2006-2010 werden im Land Bremen die Emissionen insgesamt um 380,3 t/a reduziert. Mit 15,9 t/a (4,2 %) wird nur ein geringer Teil davon in den Jahren 2006-2007 erreicht. Der Großteil entfällt vielmehr mit 364,4 t/a (95,8 %) auf die Jahre 2008-2010. Davon entfallen 46,0 % (174,8 t/a) auf die 50 Kindertagesstätten und 34,1 % (129,6 t/a) auf die Finanzverwaltung. Die Maßnahme ist relativ stark auf die Stadt Bremen konzentriert, wo 337,8 t/a (88,8 %) an Reduktionen erreicht werden.

Tabelle 3-27 Durch das Anreizmodell im Jahr 2010 eingesparte CO₂-Emissionen nach Objektart, Zeitraum der Einführung und Gebietskörperschaft (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
Finanzverwaltung (2008-2010)	129,6	0,0	129,6
Polizeireviere (2008-2010)	60,0	0,0	60,0
Kitas (2008-2010)	132,4	42,4	174,8
Insgesamt 2008-2010	321,9	42,4	364,4
Kitas 2006-2007	15,9	0,0	15,9
Insgesamt 2006-2010	337,8	42,4	380,3

3.6.2 Maßnahme V-2 „Verstärkte Nutzung des Energieeinspar-Contractings für öffentliche Gebäude“

Beschreibung der Maßnahme

Der Senat vergibt Energiesparcontracting-Verträge für Gebäudepools. Alle Objekte liegen in der Stadt Bremen. Bisher wurde in einem ersten Pool bestehend aus sieben Schulen eine garantierte Einsparung von 35% vereinbart. Weitere Pools sollen folgen. Durch das Contracting wird der Endenergieverbrauch für Strom und Wärme entsprechend der **Tabelle 3-28** reduziert.

Tabelle 3-28 Mengengerüst für die Maßnahme V-2

		Wärme	Strom
Contracting bis zum 31.12.2007 (Umsetzung nach dem 01.01.2008)	Jährliche Endenergieeinsparung	4.725 MWh/a	525 MWh/a
	Anteile Nah-/Fernwärme	36,8 %	
	Anteile Erdgas	45,0 %	
	Anteile Heizöl	18,2 %	
Contracting vom 01.01.2008 bis 31.12.2010	Jährliche Endenergieeinsparung	13.950 MWh/a	2.340 MWh/a
	Anteile Nah-/Fernwärme	42,0 %	
	Anteile Erdgas	44,0 %	
	Anteile Heizöl	14,0 %	

Berechnung der CO₂-Emissionen

Entsprechend der Aufteilung der Wärme in **Tabelle 3-28** kann der maßnahmenspezifische CO₂-Emissionsfaktor Wärme für jede der beiden Perioden berechnet werden. Dabei ist zuerst über den Emissionsfaktor für Nah/Fernwärme zu entscheiden. In beiden Perioden wird Fernwärme aus dem Netz Bremer Westen eingespart und daneben Wärme in Nahwärmenetzen. Da diese Nahwärmenetze nicht genauer spezifiziert sind, ist zu entscheiden, ob das Netz Bremer Westen oder ein Aggregat für „Fernwärme Bremen“ verwendet wird. Da im Aggregat „Fernwärme Bremen“ das Netz „Bremer Osten“ das bedeutsamste ist, und dieses nach den vorliegenden Daten keine Wärme an die hier untersuchten Objekte liefert, wird im Weiteren das Netz „Bremer Westen“ zugrunde gelegt. So wird zumindest eine beteiligte Fernwärmeverteilung verwendet und keine Zahl für einen Prozess, der nicht beteiligt ist. Mit den Emissionsfaktoren 199 kg CO₂/MWh für Fernwärme (inkl. Netzverluste), 201,6 kg CO₂/MWh für Erdgas und 266,4 kg CO₂/MWh für leichtes Heizöl resultieren mittlere Emissionskoeffizienten von:

- 212,4 kg CO₂/MWh Wärme für die vor 2008 geschlossenen Verträge,
- 209,6 kg CO₂/MWh Wärme für die nach 2008 geschlossenen Verträge.

Da alle Objekte in der Stadt Bremen liegen, wird auch in der Stadt Bremen erzeugter Strom weniger nachgefragt. Hier ist ein Emissionsfaktor von 901 kg CO₂/MWh Strom anzusetzen.

Die resultierende jährliche CO₂-Reduktion ist in der **Tabelle 3-29** abzulesen. Demnach wird der weit größere Teil der CO₂-Einsparungen durch die ab diesem Jahr unterzeichneten Verträge erreicht (5.032 t/a). Die noch für die bereits abgeschlossenen Verträge zu sehende starke Gewichtung auf Wärme wird in Zukunft reduziert. Für diese im Vergleich zur Energieeinsparung stärkere Gewichtung des Stroms ist dessen hoher Emissionsfaktor verantwortlich. So trägt die Stromeinsparung etwa 40% zur gesamten jährlichen CO₂-Reduktion im Jahre 2010 bei. Letztere ist mit 6.509 t/a durchaus bedeutsam.

Tabelle 3-29 jährliche CO₂-Reduktion (in t/a) in der Stadt Bremen durch Maßnahme V-2 nach Endenergieverbrauch und Zeit des Vertragsabschlusses

	Contracting 31.12.2007	bis	Contracting 2008 bis 2010	von	Summe
Einsparung Strom		473		2.108	2.581
Einsparung Wärme		1.004		2.924	3.928
Summe		1.477		5.032	6.509

3.6.3 Maßnahme V-3 „Modellprojekte in dem Programm Investitionspakt Bund-Länder-Kommunen“

Beschreibung der Maßnahme

In dieser Maßnahme werden zwei Projekte gefördert: Die Sanierung der Grundschule Halmer Weg und die der Kita Carl-Severing-Straße. Noch ist nicht entschieden, ob ein EnEV-Neubaustandard oder ein EnEV-Neubaustandard minus 30% verwirklicht wird.

Tabelle 3-30 zeigt das Mengengerüst mit dem gegenwärtigen und geplanten Endenergieverbrauch für Wärme (Fernwärme aus den beiden Bremer Netzen) in den Zeilen A), B) und der Veränderung des Endenergieverbrauchs an Strom (Zeile D), wobei sich im Falle des „EnEV minus 30%“-Standards der Stromverbrauch erhöht. Ein solcher Anstieg kann aufgrund des vermehrten Einsatzes von Regel- und Steuerungstechnik entstehen, der für eine weitere Reduktion des Wärmeverbrauchs erforderlich wird.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Tabelle 3-30 zeigt die Berechnung der CO₂-Reduktion durch die Sanierungsmaßnahmen an den beiden Objekten. Aus den jeweiligen Endenergieverbrauchs­mengen für Wärme wird die eingesparte Endenergie berechnet (Zeile C). Mit den Emissionsfaktoren (Zeilen E und F) können dann die eingesparten CO₂-Emissionen nach Energieträger, Objekt und erreichtem Standard berechnet werden (Zeilen G und H). Die der Veränderung des Stromverbrauchs zuzuschreibende Reduktion erweist sich dabei stets als relativ klein. Durch Addition über die Energieträger erhält man die CO₂-Reduktion nach Objekt und Standard (Zeile I). Die Sanierung der Grundschule Halmer Weg auf Neubaustandard reduziert die CO₂-Emissionen der Stadt Bremen um ca. 43 t/a. Rund 10,5 t/a erbringt die Sanierung der Kita Carl-Severing Straße auf Neubaustandard. Mit der anspruchsvolleren Sanierung – dem EnEV-Neubaustandard minus 30 - erhöhen sich die CO₂-Reduktion durch die Grundschule und die Kita um weitere 40 bzw. 110 % (Zeile J), womit eine Reduktion von 60 t/a bzw. 22,0 t/a erreicht wird.

Das Gesamtergebnis für die Maßnahme fasst die **Tabelle 3-31** zusammen. Hier­nach werden durch die Maßnahme die CO₂-Emissionen der Stadt Bremen um 53,4 t/a reduziert, sofern für beide Objekte der Neubaustandard erreicht wird. Mit dem Standard EnEV-30% steigt dieser Wert beträchtlich und erreicht 82,0 t/a.

Tabelle 3-30 Berechnung der CO₂-Reduktion für die beiden Projekte der Maßnahme V-3-1

	Grundschule Halmer Weg		Kita Carl-Severing-Straße	
	EnEV-Neubaustandard	EnEV-Neubaustandard minus 30%	EnEV-Neubaustandard	EnEV-Neubaustandard minus 30%
A) Endenergieverbrauch Wärme: Ist-Zustand (witterungsbereinigt; in MWh/a)	432,2 (Fernwärmenetz Bremer Westen)		209,6 (Fernwärme Bremer Osten)	
B) Endenergieverbrauch Wärme: Nach Sanierung (in MWh/a)	227,6	100,3	145,8	96,3
C) Jährliche Einsparung an durch Sanierung (A-B; in MWh/a)	204,6	331,9	63,8	113,3
D) Jährliche Reduktion des Stromverbrauchs (in MWh/a)	2,51	-6,72*	0,07	3,9
E) Emissionsfaktoren Wärme (in kg/MWh; inkl. Netzverluste)	199		163	
F) Emissionsfaktor Strom (Stadt Bremen; in kg/MWh)	901			
G) CO ₂ -Reduktion durch Veränderung des Endenergieverbrauchs Wärme (in t/a)	40,7	66,0	10,4	18,5
H) CO ₂ -Reduktion durch Veränderung des Endenergieverbrauchs Strom (in t/a)	2,26	-6,1*	0,063	3,52
I) in 2010 jährlich zu erwartende CO ₂ -Reduktion in der Stadt Bremen (in t/a; Zeile G + Zeile H)	42,98	59,98	10,46	22,00
J) Verhältnis der CO ₂ -Reduktion der beiden Varianten (EnEV-Neubaustandard = jeweils 1)	1	1,40	1	2,10

* Ein negativer Wert bedeutet eine Zunahme.

Tabelle 3-31 Die jährliche CO₂-Reduktion in der Stadt Bremen im Jahr 2010 durch die Maßnahme V-3 nach Energieträger und Standard (in t/a)

	Strom	Fernwärme	Summe
EnEV	2,3	51,1	53,5
EnEV-30%	-2,5*	84,5	82,0

* Ein negativer Wert bedeutet eine Zunahme.

3.6.4 Maßnahme V-4: „Modellprojekte mit hohem energetischem Standard“

Beschreibung der Maßnahme

In dieser Maßnahme werden drei Projekte gefördert. In Absprache mit dem Auftraggeber werden nur für die Sanierung der Ganztagschule „Andernacher Straße“ in der Stadt Bremen die CO₂-Reduktionen berechnet. Noch ist nicht entschieden, ob ein EnEV-Neubaustandard oder ein EnEV-Neubaustandard minus 30% verwirklicht wird. **Tabelle 3-32** zeigt das Mengengerüst mit dem gegenwärtigen und geplanten Endenergieverbrauch für Wärme (leichtes Heizöl) in den Zeilen A), B) und der Veränderung des Endenergieverbrauchs an Strom (Zeile D), wobei sich im Falle des „EnEV minus 30%“-Standards der Stromverbrauch erhöht.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Aus den Angaben lässt sich der eingesparte Endenergieverbrauch Heizöl bestimmen (Zeile C). Hieraus und aus den Veränderungen Strom resultiert zusammen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren (Zeile E und F) die CO₂-Reduktion für die einzelnen Energieträger. Deren Summe liefert die gesamte jährliche CO₂-Reduktion. Falls der EnEV-Neubaustandard verwirklicht wird, reduzieren sich die CO₂-Emissionen um 75,4 t/a. Wird der „EnEV-Neubaustandard minus 30%“ gewählt, dann erhöht sich die Reduktion um 60% auf etwa 124 kt/a.

Tabelle 3-32 Berechnung der CO₂-Reduktion durch Maßnahme V-4

	Variante „EnEV-Neubaustandard“	Variante „EnEV-Neubaustandard minus 30%“
A) Endenergieverbrauch Wärme: Ist-Zustand (witterungsbereinigt; Energieträger: Leichtes Heizöl; in MWh/a)	901,09	
B) Endenergieverbrauch Wärme: Nach Sanierung (Energieträger: Leichtes Heizöl; in MWh/a)	618,10	364,78
C) Jährliche Einsparung an Leichtem Heizöl durch Sanierung (A-B; in MWh/a)	282,99	536,31
D) Jährliche Reduktion des Stromverbrauchs (in MWh/a)	0,04	-21,404*
E) Emissionsfaktor Leichtes Heizöl (in kg/MWh)	266,4	
F) Emissionsfaktor Strom (in kg/MWh)	901	
G) CO ₂ -Reduktion durch Veränderung des Endenergieverbrauchs Heizöl (in t/a)	75,4	142,9
H) CO ₂ -Reduktion durch Veränderung des Endenergieverbrauchs Strom (in t/a)	0,036	-19,3
I) in 2010 jährlich zu erwartende CO ₂ -Reduktion in der Stadt Bremen (in t/a; Zeile G + Zeile H)	75,4	123,6
J) Verhältnis der CO ₂ -Reduktion der beiden Varianten (EnEV-Neubaustandard = 1)	1	1,64

* Ein negativer Wert bedeutet eine Zunahme.

3.6.5 Maßnahme V-5 „Bezug für Ökostrom für öffentliche Gebäude Bremens“

Beschreibung der Maßnahme

Es ist geplant, den Strombezug für die öffentlichen Gebäude Bremens mit Berücksichtigung der ökologischen Qualität der Erzeugung neu auszuschreiben. Es handelt sich grob um einen Strombezug von 65 GWh/a, Lieferbeginn wäre der

01.01.2009. Die Definition der Qualität des Ökostroms soll nach dem Vorbild der BMU/UBA-Ausschreibung 2005 erfolgen.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Nach der Definition des UBA muss mit der Lieferung von Strom aus erneuerbaren Energien eine „konkrete“ CO₂-Minderung im Lieferzeitraum verbunden sein. Diese muss mindestens 30 % der Menge an CO₂-Emissionen entsprechen, die entstehen würde, wenn die während des gesamten Lieferzeitraumes gelieferte Strommenge nach dem durchschnittlichen nationalen Strommix erzeugt würde. Für den Zweck der Ausschreibung wurde 2005 angenommen, dass bei Verwendung des durchschnittlichen nationalen Strommixes 682,0 g CO₂ bei der Produktion von 1 kWh Strom emittiert werden. Die Berechnung erfolgte auf der Grundlage des GEMIS-Modells, Version 4.14, Stand September 2002.

Unabhängig davon, dass es aus den verschiedensten Gründen sinnvoll sein kann, seinen Strom von einem Ökostrom-Anbieter zu beziehen, soll hier als Messlatte ausschließlich die tatsächliche globale CO₂-Reduktion durch den Bezug des Ökostroms betrachtet werden.

Eine tatsächliche globale CO₂-Reduktion durch den Ökostrombezug für die öffentlichen Gebäude Bremens im Sinne einer zusätzlichen CO₂-Reduktion würde sich streng genommen nur dann ergeben, wenn

- durch die Nachfrage ein zusätzliches Angebot aus einer neuer Ökostromanlage induziert würde und
- diese neue Ökostromanlage sonst nicht entstanden wäre, d.h. wenn der Ökostrom nicht alternativ auch am Markt hätte verkauft werden können.

In Betracht kommt nach dieser strengen Definition von Ökostrom nur der Bezug

- von neuen Anlagen, die gemessen am Marktpreis nicht wirtschaftlich arbeiten, oder
- von neuen Anlagen, bei denen die Förderung nicht auskömmlich ist,

wenn man sich eine zusätzliche CO₂-Minderung gegenüber dem Referenzfall anrechnen möchte. Der gleiche Maßstab kann auch auf Altanlagen angewendet werden, die nicht wirtschaftlich betrieben werden können und ohne die entsprechende Ökostromnachfrage stillgelegt werden müssten.

Es lässt sich für Außenstehende allerdings außerordentlich schwer abschätzen, ob die Anlagen wegen einer (real oder erwartet) ansteigenden Nachfrage nach Ökostrom oder wegen einer erwarteten Wirtschaftlichkeit errichtet wurden. Dies gilt vor allem für diejenigen Ökostrom-Anlagen, die relativ neu sind, ohne staatliche Förderung betrieben werden, mit den heutigen Börsenpreisen wirtschaftlich arbeiten können, zum Zeitpunkt der Planung und Erstellung aber ohne die Aussicht auf eine zahlungsbereite Ökostromnachfrage nicht errichtet worden wären. In diesen Fällen ist der Kunde darauf angewiesen, dass der jeweilige Anbieter gegenüber seinen Kunden ehrlich argumentiert.

Als Quintessenz lässt sich festhalten, dass ein Ökostrombezug nach dem Vorbild der BMU/UBA-Ausschreibung zunächst keine Aussage über die – durch die Ausschreibung induzierte - tatsächliche globale CO₂-Reduktion zulässt. Tendenziell ist diese Reduktion kurzfristig wohl eher als gering einzuschätzen, zumal dann, wenn der Preis des Ökostroms nicht deutlich über dem des sonstigen Stroms liegt.

Unter langfristigen Gesichtspunkten freilich kann eine ständig steigende Ökostromnachfrage zu einem zusätzlichen nachfrageinduzierten Ökostromangebot führen, so dass es klimapolitisch durchaus sinnvoll ist, diese Strategie zu verfolgen. Nur sollte man sich dafür heute keine zurechenbare CO₂-Reduktion anrechnen.

3.6.6 Maßnahme V-6 „Einsatz von LED-Ampeln“

Beschreibung der Maßnahme

In der Stadt Bremen werden von 2006 bis 2010 ca. 120-150 Ampelanlagen auf LED-Technik umgestellt. Der erwartete Stromverbrauch des Anlagenbestands vom 31.12.2005. beträgt 4.100 MWh/a, derjenige vom 31.12.2007 etwa 3.750 MWh/a und am 31.12.2010 wird ein Stromverbrauch der Ampelanlagen von 3.000 MWh/a erwartet.

Berechnung der CO₂-Reduktion

Es wird angenommen, dass die Veränderung des Stromverbrauchs allein auf den Einsatz von LED-Lampen zurückzuführen ist. Andere Faktoren reduzieren also weder den Stromverbrauch der Ampelanlagen noch wirken sie tendenziell Stromverbrauch erhöhend.

Zudem werden die Eigenschaften des Bestands an Ampelanlagen am Ende des Jahres für die Berechnung der zu erwartenden Reduktionen verwendet.

Demnach beträgt die Stromeinsparung durch Ampelanlagen in den Jahren 2006 und 2007 rund 350 MWh/a, zu denen 2008-2010 weitere 750 MWh/a hinzukommen. Von 2006 bis 2010 werden durch diese Maßnahme also Einsparungen erreicht, die im Jahr 2010 insgesamt jährliche Einsparungen von 1.100 MWh/a ergeben.

Diese Stromeinsparungen werden in der Stadt Bremen erreicht und reduzieren damit pro gesparter MWh 901 kg CO₂. Die Maßnahme bewirkt damit eine absolute CO₂-Reduktion von

- 315 t/a (2006-2007),
- zusätzliche 676 t/a von 2008-2010,
- was **insgesamt** eine jährliche CO₂-Reduktion von **991 t/a** Ende 2010 bewirkt.

3.6.7 Überblick über das Handlungsfeld V

Tabelle 3-33 gibt einen Überblick über die absoluten CO₂-Emissionen, die durch die Aktivitäten zwischen 2006 und 2010 sowie 2008-2010 im Handlungsfeld „Öffentliche

Gebäude“ eingespart werden. Die auf einzelne Maßnahmen und Gebietskörperschaften entfallenden Anteile zeigt die **Tabelle 3-34**.

Es handelt sich im Land Bremen um 8.008 t/a (2006-2010) bzw. 6.200 t/a (2008-2010). Sofern die Varianten realisiert werden, erhöhen sich diese Werte geringfügig auf 8.085 t/a bzw. 6.277 t/a. Damit entfallen ca. 77,4 % der Reduktionen auf den Zeitraum von 2008 bis 2010, der auch dann bedeutender als der Zeitraum 2006-2007 ist, wenn die verschiedenen Periodenlängen berücksichtigt werden. Ganz überwiegend, zu etwa 99,5%, werden die Maßnahmen in der Stadt Bremen umgesetzt. Die Stadt Bremerhaven ist in diesem Handlungsfeld nur durch das Anreizmodell (Maßnahme V-1) beteiligt, das auch in Bremerhavener Kindertagesstätten implementiert werden soll.

Den Hauptanteil an den Reduktionen trägt in diesem Handlungsfeld mit 81,3% das Energieeinsparcontracting (Maßnahme 2). Ansonsten ist noch die Maßnahme 6 („LED-Ampeln“) mit 12,4 % bedeutsam sowie in geringerem Ausmaß das Anreizmodell (Maßnahme 1, 4,7%). Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, dass es sich bei den anderen Maßnahmen um Projekte handelt, die nicht allein darauf ausgerichtet sind, lediglich die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Vielmehr werden weitere Ziele angestrebt, die z.B. in Bildung, Kultur und gesellschaftlicher Integration liegen können und auch dazu beitragen, das Thema Klimaschutz in die pädagogische Arbeit zu integrieren. Indirekt könnten dann weit größere Effekte erzielt werden. In diesen Modellprojekten werden durch schärfere Standards – ein „EnEV-30%-Standard“ – auch deutlich stärkere CO₂-Reduktionen erreicht. Insofern als es sich um Modellprojekte handelt, könnte deren Umsetzung darüber hinaus in künftigen, anderweitigen Projekten größere CO₂-Reduktionen anregen.

Tabelle 3-33 Im Jahr 2010 durch Aktivitäten im Handlungsfeld V zwischen 2006 und 2010 (bzw. 2008-2010) jährlich eingesparte CO₂-Emissionen (in t/a)

Maßnahme	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
V-1 Anreizmodell	338	42	380
- davon: 2008-2010	322	42	364
V-2 Energieeinsparcontracting	6.509	0	6.509
- davon: 2008-2010	5.032	0	5.032
V-3 Investitionspakt (komplett 2008-2010)	53	0	53
V-4 Modellprojekte (komplett 2008-2010)	75	0	75
V-6 LED-Ampeln	991	0	991
- davon: 2008-2010	676	0	676
Insgesamt	7.966	42	8.008
- davon: 2008-2010	6.158	42	6.200
zusätzlich durch Variante V-3 "EnEV-30"	29	0	29
zusätzlich durch Variante V-4 "EnEV-30"	48	0	48
insgesamt mit Varianten	8.043	42	8.085
- davon: 2008-2010	6.235	0	6.277

Tabelle 3-34 Anteile an den im Jahr 2010 durch Aktivitäten im Handlungsfeld V zwischen 2006 und 2010 jährlich eingesparten CO₂-Emissionen (in % der Reduktion im Land Bremen 2006-2010 ohne Varianten)

Maßnahme	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
V-1 Anreizmodell	4,2	0,5	4,7
- davon: 2008-2010	4,0	0,5	4,5
V-2 Energieeinsparcontracting	81,3	0,0	81,3
- davon: 2008-2010	62,8	0,0	62,8
V-3 Investitionspakt	0,7	0,0	0,7
- davon: 2008-2010	0,7	0,0	0,7
V-4 Modellprojekte	0,9	0,0	0,9
- davon: 2008-2010	0,9	0,0	0,9
V-6 LED-Ampeln	12,4	0,0	12,4
- davon: 2008-2010	8,4	0,0	8,4
Insgesamt	99,5	0,5	100,0
- davon: 2008-2010	76,9	0,5	77,4
Zusätzlich durch Variante V-3 "EnEV-30"	0,4	0,0	0,4
zusätzlich durch Variante V-4 "EnEV-30"	0,6	0,0	0,6
insgesamt mit Varianten	100,4	0,5	101,0
- davon 2008-2010	77,9	0,5	78,4

3.7 Handlungsfeld VI. Industrie/Gewerbe

3.7.1 Maßnahme VI-1 REN-Förderprogramme Sparsame und rationelle Energienutzung und -umwandlung (REN)

Beschreibung der Maßnahme

Das Land Bremen gewährt Unternehmen Investitionszuschüsse für Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur rationellen Energieumwandlung, die über die gesetzlichen Vorgaben oder branchenübliche Verfahren hinausgehen. Die Fördersumme verteilte sich in der Vergangenheit zu etwa 70% auf Unternehmen in der Stadt Bremen und 30% auf Unternehmen in der Stadt Bremerhaven.

Durch diese Maßnahme wurde eine Veränderung des Energieverbrauchs entsprechend der zweiten bis vierten Spalte der **Tabelle 3-34** erreicht. Die Werte für das Jahr 2008 zeigen bereits beschlossene und laufende Projekte, die im Jahr 2008 voraussichtlich zum Abschluss gebracht werden. Negative Werte bedeuten dabei eine Reduktion des Endenergieverbrauchs bzw. der CO₂-Emissionen. Da einzelne Projekte, wie z.B. der Bau eines Blockheizkraftwerks (BHKW), den Verbrauch einzelner Energieträger erhöhen und den anderer reduzieren können, kann die Verbrauchsmenge eines Energieträgers über das Jahr steigen oder sinken.

Mithilfe der Emissionsfaktoren (**Tabelle 3-35**, fünfte Spalte) werden die Veränderungen CO₂-Emissionen berechnet. Entscheidend für die weitere Diskussion ist die Summe der in den einzelnen Perioden erzielten Emissionsreduktionen. In den Jahren 2006/2007 wurden z.B. die CO₂-Emissionen in der Summe um etwa 4,9 kt reduziert.

Für die Zweijahresperioden bzw. das Jahr 2008 sind die Fördermittel bekannt, die verausgabt wurden, um die CO₂-Einsparungen zu erreichen. Sie werden verwendet, um in **Tabelle 3-36** die CO₂-Reduktionen pro eingesetztem Euro zu bestimmen¹². Für die durchschnittlichen jährlichen Mittel (Spalte „Durchschnittliche Summe“) resultiert eine CO₂-Reduktion von 5,76 kg pro eingesetztem Euro. Diese Zahl wird verwendet, um im letzten Schritt die bis 2010 zu erwartende Reduktion durch die Maßnahme abzuschätzen.

Für die Jahre 2009/2010 ist ein Mitteleinsatz von 1,189 Mio. € vorgesehen. Falls die gleiche CO₂-Reduktion pro eingesetztem Euro erzielt werden kann, wie im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2008, wird die Maßnahme 2009 und 2010 eine zusätzliche jährliche CO₂-Reduktion von 6.845 t/a im Land Bremen erbringen. Mit der bisherigen Aufteilung der Fördermittel auf die Stadt Bremen und die Stadt Bremerhaven (7:3) und einer gleichen Effektivität der Förderung, entfallen davon 4.791,5 t/a auf

¹² Zur Berechnung mit nominalen Größen siehe die Diskussion in Kapitel 3.5.2 (Maßnahme IV-2 „Ersatz von Elektroheizungen“)

die Stadt Bremen und 2.053,5 t/a auf die Stadt Bremerhaven. Für die beiden zu unterscheidenden Zeiträume (2006-2007 und 2008-2010) und die beiden Gebietskörperschaften ergeben sich dann die in **Tabelle 3-37** angegebenen CO₂-Reduktionen. Über die gesamte Periode von 2006-2010 wird eine Reduktion der CO₂-Emissionen von **12.296 t/a** im **Land Bremen** erreicht. Die Verteilung auf die Städte **Bremen (8.607 t/a)** und **Bremerhaven (3.689 t/a)** folgt dem oben genannten Verhältnis 7:3 der Fördermittel.

Tabelle 3-35 Veränderung des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen durch Maßnahme VI in den vergangenen Jahren nach Energieträger

	2004/2005	2006/2007	2008	Emissionsfaktoren (in kg CO ₂ pro MWh)	2004/5 Veränderung der CO ₂ -Emissionen (in t)	2006/7 Veränderung der CO ₂ -Emissionen (in t)	2008 Veränderung der CO ₂ - Emissionen (in t)
	Veränderung Endenergieverbrauch (in MWh)	Veränderung Endenergieverbrauch (in MWh)	Veränderung Endenergieverbrauch (in MWh)				
Erdgas*	641,6	5.880,5	-3.842,2	201,6	129,3	1.185,5	-774,6
Heizöl	-40,9	-11.712,2	342,7	266,4	-10,9	-3.120,1	91,3
Fernwärme Bremer Osten	0	-162,3	0	163	0,0	-26,5	0,0
Fernwärme Bremerhaven	0	0	2.284	256	0,0	0,0	584,7
Stromverbrauch Stadt Bremen	-16,1	-748,6	-76,4	901	-14,5	-674,5	-68,8
Stromverbrauch Stadt Bremerhaven	-61	0	14	691	-42,2	0,0	9,7
Stromerzeugung durch BHKW in der Stadt Bremen	47	2.068,6	51	-901	-42,3	-1.863,8	-46,0
Stromerzeugung durch BHKW in der Stadt Bremerhaven	358	599,8	1.344,2	-691	-247,4	-414,5	-928,8
Summe					-228,0	-4.913,8	-1.132,5

* Der gegebene Brennwert wurde durch Multiplikation mit 0,9 in den unteren Heizwert umgerechnet (s. z.B. BMVBS, 2007, Anlage 1, Tabelle 1).

** Der Gasverbrauch der BHKW ist bereits in den Zahlen der Zeile „Erdgas“ enthalten. Es wird angenommen, dass die Wärmeerzeugung unter Fernwärme subsumiert ist oder die ersetzten Energieträger für Wärme wiederum in Gas oder Heizöl enthalten sind. Insofern ist der energetische „Netputvektor“ – alle In- und Outputs - der BHKW enthalten. Deshalb ist in diesen Zeilen nur gegen die Emissionsfaktoren für Strom der Stadt Bremen und Bremerhaven zu rechnen. Diese gehen negativ ein, da die BHKW den derart erzeugten Strom verdrängen.

Tabelle 3-36 Berechnung der CO₂-Reduktion pro eingesetztem Euro Fördermittel

	2004/2005	2006/2007	2008	Durchschnittliche Summe pro Jahr
A) Fördermittel in laufenden Preisen (in Euro)	88.668,50	642.307,39	417.612,30	375.912,82 €/a
B) Erreichte CO ₂ -Reduktion (in t)	227,9	4.913,8	537,0	2.164,1
C) CO ₂ -Reduktion pro Fördermittel (in kg/€) (B/C*1000)	2,57	7,65	1,29	5,76*

* Aus einem Durchschnitt der Reduktionen der Zeilen C) würde eine falsche Zahl resultieren, da mit diesem Rechenweg die Gewichtung mit der Fördersumme verloren ginge. Mithin würde in der Berechnung ein Jahr mit geringem Fördereinsatz zu hoch gewichtet.

Tabelle 3-37 Jährliche CO₂-Reduktionen im Jahr 2010 durch das REN-Förderprogramm nach Gebietskörperschaften und Zeiträume (in t/a)

	Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven	Land Bremen
2006-2007	3.440	1.474	4.914
2008-2010	5.167	2.215	7.382
2006-2010	8.607	3.689	12.296

3.8 Handlungsfeld VII. Öffentlichkeitsarbeit / Internationales

3.8.1 Maßnahme VII-1 Klimaneutraler Ausgleich der CO₂-Auswirkungen von Dienstreisen

Beschreibung der Maßnahme

Durch die Dienstgänge der Mitarbeiter der senatorische Dienststelle SUBVE werden pro Jahr etwa 120 t CO₂ emittiert. Die Dienststelle verpflichtet sich selbst zukünftig Ausgleichszahlungen zu leisten, durch die diese Emissionen an anderer Stelle eingespart werden. Bis Ende 2010 plant das Ressort, weitere Ressorts zur Übernahme des Systems zu bewegen. Dabei kommen zwei Alternativen in Betracht: Alternative 1: Außereuropäische Klimaprojekte; Alternative 2: Klimaprojekte in Bremen.

Die Menge der Emissionen, die derart kompensiert werden sollen, werden im Jahr 2010 auf 250 t CO₂ geschätzt.

Diskussion der CO₂-Einsparung

Sofern die CO₂-mindernde Wirkung der Projekte in der erforderlichen Höhe durch Zertifizierung belegt ist und gleichzeitig belegt ist, dass die Minderung ohne die Projekte des Senats nicht erreicht worden wären, werden mit beiden Alternativen weltweit CO₂-Emissionen entsprechend der geplanten Menge eingespart. Ohne derartige Belege ist die Einsparung von CO₂-Emissionen unsicher.

Werden diese Belege hingegen erbracht, resultieren in der Tat CO₂-Reduktionen in gewünschtem Umfang. Allerdings wird sich die Einsparung nach Alternative 1 (außereuropäische Klimaprojekte) nicht in der Verursacherbilanz der CO₂-Emissionen des Landes Bremen finden, da sie außerhalb der Bilanzgrenzen liegt. Hieran würde auch eine Zertifizierung nichts ändern. Im Gegensatz dazu wird ein Projekt nach Alternative 2 in der Bremer Verursacherbilanz der CO₂-Emissionen erscheinen. Da die Bilanzgrenze in diesem Projekt das Land Bremen ist und die Berechnung der Emissionen konsistent zur Bilanz erfolgen soll, ist die Alternative 1 innerhalb der Bilanzgrenze mit einer Einsparung von Null zu bewerten, die Alternative 2 hingegen mit eingesparten 250 t CO₂ pro Jahr. Eine Zuordnung der Alternative 2 auf die Stadt Bremen oder die Stadt Bremerhaven kann nicht erfolgen. Hierfür wäre eine Zuordnung der Projekte zu den beiden Städten erforderlich. Einen Überblick gibt **Tabelle 3-38**. Da kein Beleg über die tatsächlich realisierte CO₂-Reduktion in erforderlicher Höhe, die ohne die Projekte des Senators nicht realisiert würde, erwähnt ist und zudem unsicher ist, ob eine mögliche Reduktion in Bremen erfolgt, wird die Maßnahme mit dem Wert von 0 t/a eingeschätzt.

Tabelle 3-38 Jährliche CO₂-Reduktion in Abhängigkeit von der Alternativenwahl und einem Nachweis der Reduktion im Jahr 2010

		Alternative 1	Alternative 2
Kein Nachweis über die durch die Projekte eingesparten CO ₂ -Emissionen		0	0
Nachweis über die eingesparten CO ₂ -Emissionen in erforderlicher Höhe wird erbracht	Eingesparte CO ₂ -Emissionen weltweit	250 t/a	250 t/a
	Eingesparte CO ₂ -Emissionen innerhalb der Bilanzgrenze der Verursacherbilanz	0	250 t/a
	Anteile der Stadt Bremerhaven und der Stadt Bremen	---	Abhängig vom Realisationsort der Projekte

3.9 Die CO₂-Reduktionen Ende des Jahres 2010 im Überblick

Die Maßnahmen in den Jahren 2006-2010 reduzieren die jährlichen CO₂-Emissionen im Jahr 2010 entsprechend **Tabelle 3-39**. Die Tabelle zeigt die errechneten Werte nach Gebietskörperschaften und Handlungsfeldern, wobei zusätzlich die „Varianten“ (noch unsichere Teile von Maßnahmen) ausgewiesen sind. **Tabelle 3-40** beinhaltet in gleicher Gliederung die Anteile der Gebietskörperschaften und Handlungsfelder bezogen auf die Gesamtemissionen im Land Bremen ohne die noch unsicheren Maßnahmenteile („Varianten“).

Ohne die Varianten werden demnach im **Land Bremen** etwa **317 kt** CO₂-Emissionen pro Jahr vermieden. Verglichen mit den 10.018 kt/a CO₂-Emissionen des Landes Bremen im Jahr 2005 nach der Verursacherbilanz (vgl. zu den Emissionsmengen **Tabelle 2-22**) sind das 3,2 Prozent. Von den Emissionen des Landes Bremen entfallen dabei 3.782 kt/a auf die Stahlindustrie, auf die die Politik des Landes Bremen wenig Einfluss nehmen kann. Insofern können als Bezugsgröße auch die Emissionen ohne die Stahlindustrie verwendet werden: 6.235 kt/a. Bezogen auf diese Menge werden etwa 5,1 % der Emissionen des Jahres 2005 im Land Bremen eingespart. In der **Stadt Bremen** sind es ca. **257 kt/a**, was im Vergleich zu deren Gesamtemissionen mit und ohne Stahlwerk (9.109 kt/a bzw. 5.326 kt/a) im Jahr 2005 einer Reduktion von etwa 2,8 % bzw. 4,8 % entspricht. Rund **70 kt/a** CO₂-Reduktionen sind der **Stadt Bremerhaven** zuzuordnen, womit diese ihre Emissionen wiederum verglichen mit der Verursacherbilanz von 2005 – 909 kt/a – um etwa 7,7 % reduziert. Relativ wird somit in der Stadt Bremerhaven eine besonders starke Reduktion erreicht.

Sofern die noch unsicheren zusätzlichen Maßnahmenteile („Varianten“) verwirklicht werden, erhöht sich die Reduktion des Landes Bremen auf 350 kt/a, also um 10,8%. Bezogen auf die Gesamtemissionen ohne Stahlwerk werden dann 5,6% der Emissionen reduziert. Die zusätzliche Reduktion wird dabei nahezu allein durch den Bürgerwindpark Bremerhaven (etwa 33,2 kt/a) erreicht. Insofern bleiben die Reduktionen in der Stadt Bremen praktisch unverändert. Für die Stadt Bremerhaven allerdings sind nun 104 kt/a zu konstatieren, was insgesamt eine Reduktion von 11,4% bezogen auf deren Gesamtemissionen im Jahr 2005 bedeutet. Verglichen mit den Gesamtemissionen sind dann die Reduktionen noch stärker auf Bremerhaven konzentriert.

Die Reduktion konzentriert sich stark auf wenige Handlungsfelder: Auf die Handlungsfelder I („erneuerbare Energien“) und II („Kraft-Wärme-Kopplung“) entfallen 59,7 % bzw. 26,8 %, zusammen also nahezu 86,5 % der Reduktionen. Auf das Handlungsfeld IV, das die drittgrößte Wirkung entfaltet, entfallen 7,0 %. Auf die drei bedeutendsten Handlungsfelder also insgesamt bereits 93,5 %.

Die starke Konzentration der Effekte wird noch deutlicher, wenn man die Maßnahmen betrachtet (vgl. **Abbildung 3-5**). Dem Ausbau der Windkraft sind allein

etwa 47 % sämtlicher Reduktionen zuzuschreiben, die durch alle zwischen 2006 und 2010 umgesetzte Maßnahmen erreicht werden. Nimmt man den Bau des MKK zur Windkraft hinzu, dann ist man bei rund 74 % der Reduktionen angekommen. Berücksichtigt man auch noch den Wasserkraftausbau, werden schon 86 % der CO₂-Reduktionen erfasst. Jede der bisher genannten Maßnahmen, setzt allein an der Stromerzeugung an. Derartige Maßnahmen dominieren nicht nur gegenwärtig die Klimaschutzpolitik Bremens. Nach SBUV (2005, S. 72, Tabelle 8.2.3) tat das die „emissionsfreie und emissionsarme Stromerzeugung“ auch in den Jahren 1993-2005.

Mit der ersten Maßnahme, die nicht auf die Stromerzeugung zielt, „Wärmeschutz im Gebäudebestand“, werden weitere 6%, also insgesamt 92%, der Reduktionen erreicht. Vier Maßnahmen und vor allem drei Maßnahmen einer CO₂-freien oder -armen Stromerzeugung, sind der Großteil der Reduktionen zuzuschreiben. Deren Anteil und der der Windkraft steigen sogar falls der „Bürgerwindpark“ in Bremerhaven gebaut wird. Dann entfallen allein auf die Windkraft mehr als die Hälfte aller CO₂-Reduktionen. Dieser hohe Anteil des Windkraftausbaus und die damit verbundenen hohen absoluten Emissionsreduktionen werden nicht dauerhaft zu halten sein, da die zusätzlichen Standorte ausgehen werden. Dann muss die weiterhin erforderliche deutliche Reduktion durch andere Maßnahmen erreicht werden.

Tabelle 3-39 Die jährliche CO₂-Reduktion im Jahr 2010 durch die Maßnahmen in den Jahren 2006-2010 (in t/a)

Handlungsfelder	Stadt Bremerhaven	Stadt Bremen	Land Bremen
I. Erneuerbare Energien	62.850	126.623	189.473
II. Kraft-Wärmekopplung/Abwärmenutzung	0	85.014	85.014
III. Flächenplanung Neubau	0	191	191
IV. Sanierung des Gebäudebestands	3.878	18.393	22.272
V. Öffentliche Gebäude	42	7.966	8.008
VI. Industrie/Gewerbe	3.689	8.607	12.296
VII. Öffentlichkeitsarbeit/Internationales	0	0	0
insgesamt	70.459	246.794	317.253
Variante zu I. "Bürgerwindpark"	33.168	0	33.168
Varianten zu V. "EnEV-30"	0	77	77
insgesamt mit Varianten	103.627	246.871	350.498

* zusätzliche CO₂-Reduktionen sofern die Varianten umgesetzt werden

Tabelle 3-40 Die jährliche CO₂-Reduktion im Jahr 2010 durch die Maßnahmen in den Jahren 2006-2010 (in %, bezogen auf die gesamte Reduktion im Land Bremen ohne Varianten: 203.825 t/a)

Handlungsfelder	Stadt Bremerhaven	Stadt Bremen	Land Bremen
I. Erneuerbare Energien	19,8	39,9	59,7
II. Kraft-Wärmekopplung/Abwärmenutzung	0,0	26,8	26,8
III. Flächenplanung Neubau	0,0	0,1	0,1
IV. Sanierung des Gebäudebestands	1,2	5,8	7,0
V. Öffentliche Gebäude	0,0	2,5	2,5
VI. Industrie/Gewerbe	1,2	2,7	3,9
VII. Öffentlichkeitsarbeit/Internationales	0,0	0,0	0,0
Insgesamt	22,2	77,8	100,0
Variante zu I. "Bürgerwindpark"	10,5	0,0	10,5
Varianten zu V. "EnEV-30"	0,0	0,0	0,0
Insgesamt mit Varianten	32,7	77,8	110,5

Abbildung 3-5 Anteile einzelner Maßnahmen (in %) an der jährlichen CO₂-Reduktion im Land Bremen im Jahr 2010 (ohne Varianten)

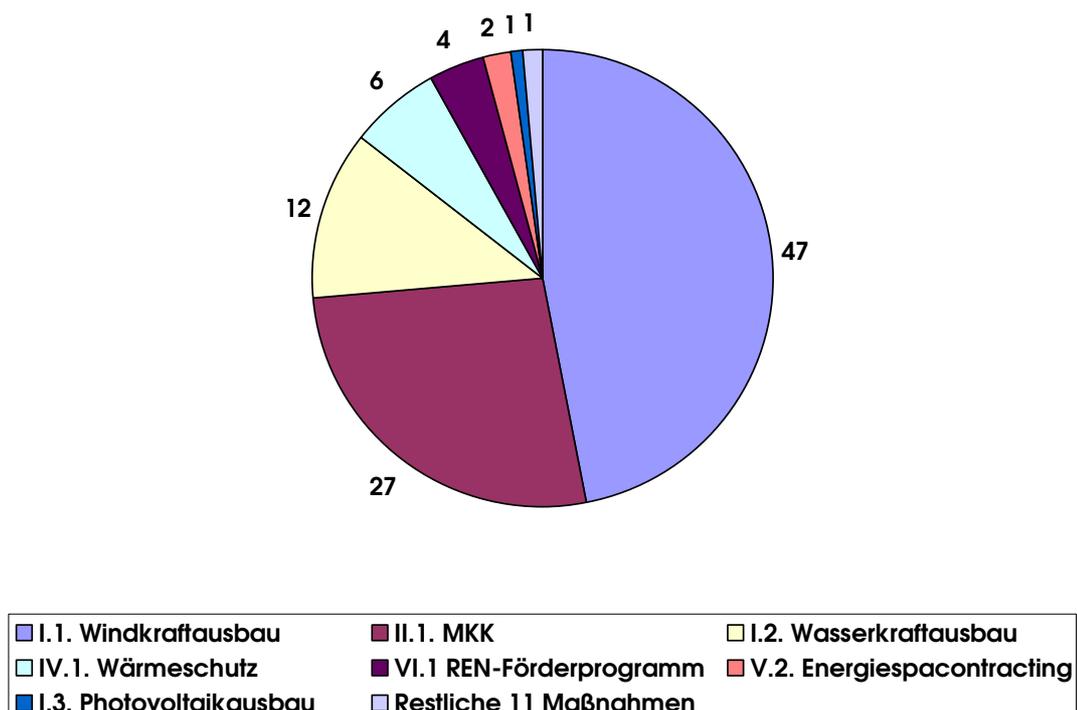


Tabelle 3-41 und **Tabelle 3-42** geben eine Übersicht über die besonders interessanten künftigen Reduktionen, also diejenigen von 2008-2010. Durch die Maßnahmen in dieser Periode werden im Land Bremen jährlich rund 258 kt CO₂/a weniger emittiert. Das sind 81% der jährlichen Emissionen, die durch die Maßnahme im Zeitraum 2006-2010 eingespart werden (**Tabelle 3-42**). Im Zeitraum 2008-2010 werden die Emissionen damit pro Jahr stärker reduziert als im Zeitraum 2006-2007. Das gleiche gilt für alle Handlungsfelder mit Ausnahme von „Industrie/Gewerbe“. In ihm wird pro Jahr in den Jahren 2008-2010 etwa die gleiche Menge an Emissionen reduziert wie in den Jahren 2006-2007 (die Werte in der **Tabelle 3-42** sind etwa 60). Zudem wird ein Rückgang der jährlichen CO₂-Einsparungen in Bremerhaven (**Tabelle 3-41** letzte Zeile: „46“) deutlich, was auf einen geringeren jährlichen Ausbau der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in den Jahren 2008-2010 zurückzuführen ist, der nicht durch eine stärkere Reduktion in anderen Handlungsfeldern kompensiert wird. In einer solchen Entwicklung liegt die Gefahr einer starken Konzentration auf eine Maßnahme. Allerdings kann diese Entwicklung verhindert werden, falls der Bürgerwindpark in Bremerhaven gebaut wird. Dadurch steigt die Konzentration auf den Windkraftausbau aber weiter an: In Bremerhaven trägt der Windkraftausbau dann 92% zur CO₂-Reduktion in den Jahren 2008-2010 bei. Fraglich ist, wie lange diese hohen relativen und absoluten Werte gehalten werden können, und welche anderen Maßnahmen in der Lage sein könnten, rechtzeitig einen künftigen Rückgang des Windkraftausbaus zumindest auszugleichen.

Tabelle 3-41 Die jährliche CO₂-Reduktion im Jahr 2010 durch die Handlungsfelder in den Jahren 2008-2010 (in t/a)

Handlungsfelder	Stadt Bremerhaven	Stadt Bremen	Land Bremen
I. Erneuerbare Energien	27.767	116.850	144.617
II. Kraft-Wärmekopplung/Abwärmenutzung	0	85.014	85.014
III. Flächenplanung Neubau	0	159	159
IV. Sanierung des Gebäudebestands	2.504	11.980	14.484
V. Öffentliche Gebäude	42	6.158	6.200
VI. Industrie/Gewerbe	2.215	5.167	7.382
VII. Öffentlichkeitsarbeit/Internationales	0	0	0
Insgesamt	32.527	225.328	257.856
Variante zu I. "Bürgerwindpark"	33.168	0	33.168
Varianten zu V. "EnEV-30"	0	77	77
insgesamt mit Varianten	65.695	225.405	291.101

Tabelle 3-42 Anteil der Reduktionen von 2008-2010 an denen von 2006-2010 nach Handlungsfeldern (in%, ohne Varianten)

Handlungsfelder	Stadt Bremerhaven	Stadt Bremen	Land Bremen
I. Erneuerbare Energien	44	92	76
II. Kraft-Wärmekopplung/Abwärmenutzung	xx	100	100
III. Flächenplanung Neubau	xx	84	84
IV. Sanierung des Gebäudebestands	65	65	65
V. Öffentliche Gebäude	100	76	76
VI. Industrie/Gewerbe	60	60	60
Insgesamt	46	91	81

Lesebeispiel: Die CO₂-Reduktionen durch den Zubau erneuerbarer Energien in den Jahren 2008-2010 in der Stadt Bremerhaven betragen 44% der Reduktionen durch den Zubau in den Jahren 2006-2010; ein Wert von 60 bedeutet einen gleichen jährlichen Reduktionsbeitrag in den beiden Teilperioden.

Literaturverzeichnis

AGFW (Hrsg.) (2001): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und Regenerativer Energien, Erster Bearbeitungsabschnitt, Band 1: Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Zertifizierungsverfahren und Fördermodelle, Frankfurt.

Altgeld, H. (2008): Persönliche Kommunikation am 20.03.2008.

BDEW (Februar 2008): Energie-Info. Endenergieverbrauch in Deutschland 2006, Berlin.

BEI/IZES (2007): Energieeffizienzpotenziale durch Ersatz von elektrischem Strom im Hauswärmebereich, Untersuchung im Auftrag von Co2online gGmbH.

BMVBS (2007): Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 26. Juli 2007. s. http://www.bbr.bund.de/cln_005/nn_21210/DE/ForschenBeraten/Bauwesen/EnergieKlima/EnergieGebaeude/novellierungEnEV.html?__nnn=true, Download vom 08.04.2008.

BMVBS (2007a): Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand vom 26. Juli 2007. s. http://www.bbr.bund.de/cln_005/nn_21210/DE/ForschenBeraten/Bauwesen/EnergieKlima/EnergieGebaeude/novellierungEnEV.html?__nnn=true, Download vom 08.04.2008.

Grommes, T. et al. (swb Erzeugung) (2006): Gut geplant ist halb gebaut!, Vortrag auf der Berliner Energiekonferenz „Ersatzbrennstoffe und Biomasse zur Substitution fossiler Energieträger, Berlin, 08./09.11.2006. s. http://www.swb-gruppe.de/mkk/aktuelles_veroeffentlichungen.php, Download vom 07.04.2008.

Grommes, T. (swb Erzeugung) (2007): Kapazitätsentwicklung Abfallbehandlung, Dichtung und Wahrheit, Vortrag während der VWEW-Fachtagung „Klimaschonende Energieerzeugung durch moderne Abfallwirtschaft“, Stuttgart, 17./18.10.2007.s. http://www.swb-gruppe.de/mkk/aktuelles_veroeffentlichungen.php, Download vom 07.04.2008.

Grommes, T. (swb Erzeugung) (2008): Mittelkalorik Kraftwerk Bremen, Beitrag zum 20. Kasseler Abfallforum am 09.04.2008, S.333-344.

Grommes, T. (swb Erzeugung) (2008a): Mittelkalorik Kraftwerk Bremen, Vortrag im Rahmen des Energieforums beim 20. Kasseler Abfallforum am 09.04.2008.

Heinloth, K. (2003): Die Energiefrage, 2. Auflage, Vieweg, Wiesbaden.

Hessischer Landtag (2004): Kleine Anfrage der Abgeordneten Ursula Hanmann (Bündnis 90/Die Grünen) betreffend der Potenziale zur Reduzierung des Wärmebe-

darfs der Gebäude des Landes Hessen und Antwort des Ministers der Finanzen, 23.11.2004, Drucksache 16/2546 des Hessischen Landtags.

Heuck, K. et al. (2007): Elektrische Energieversorgung, 7. Auflage, Vieweg, Wiesbaden.

IFEU (2007): Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz; Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes.

IWU (2008): Energieeffizienz im Wohngebäudebestand, Studie im Auftrag des Verbandes der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V.

Krimmling, J. (2007): Energieeffiziente Gebäude, 2. Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.

Öko-Institut (2005): Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale, Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Ornth, W. (2007): Energieeffizienz: Die Welt von morgen gestalten. Novellierung(en) der ENeV – Regelungen für Nichtwohngebäude, Vortrag während des KfW-Symposiums „Energetische Modernisierung von gewerblich genutzten Gebäuden“, Frankfurt, 15.11.2007.

Plesser, S./Fisch, N. (2007): Energieeinsparpotenziale im Betrieb von Bürogebäuden, Vortrag während des KfW-Symposiums am 15.11.2007..

SBUV - Senator für Bau, Umwelt und Verkehr der Freien Hansestadt Bremen (2005): Landesenergieprogramm. Dritte Fortschreibung, Bremen, 29.11.2005.

Statistisches Landesamt Bremen (2007): Energiebilanz für das Land Bremen 2004 – CO₂-Bilanz für das Land Bremen 2004, Bremen.

Statistisches Landesamt Bremen (2007a): Statistisches Jahrbuch 2007, Bremen.

Statistisches Landesamt Bremen (Juni 2007b): Die Bautätigkeit im Lande Bremen im Jahre 2006, (Fil 1,2,3,4 – j/06), Bremen.

swb (2007): Geschäftsbericht 2006. Bremen..

swb Erzeugung (2008): Verwertung heizwertreicher Abfälle im Mittelkalorik-Kraftwerk Bremen (MKK). Energieerzeugungs- und Entsorgungsstrategien der swb. Präsentation mit Datum 28.02.2008.

TWW (2008): Qualifikation zum/r Energieberater/in TGA, unter: www.energieberaterkurs.de/servlet/PB/show/1021899/KENNWERTE%20-%20Grundfil%E4che.pdf, download vom 05.05.2008.

VDEW (März 2007): Energie-Info. Endenergieverbrauch in Deutschland 2005, Berlin.

VIK (2006): CO₂ Kennzeichnung von Strom aus KWK-Anlagen – Brennstoffzuordnung auf elektrische und thermische Energie, Entwurf, Essen, September 2006.

Voss, K. et al. (2007): Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten. Analysen und Erfahrungen im Kontext des Förderkonzepts Energieoptimiertes Bauen. Teil 1: Energiekennwerte, in HLH 59(7), S.22-26.

Zahoransky, R. A. (2007): Energietechnik, 3. Auflage, Vieweg, Wiesbaden.

Gesetzestexte:

BremEG – Bremer Energiegesetz: Gesetz zur Förderung der sparsamen und umweltverträglichen Energieversorgung und Energienutzung im Lande Bremen vom 17. September 1995 (Brem. GBl. S. 325) zuletzt geändert durch das Gesetz zur Regelung des Zuganges zu Umweltinformationen vom 15. November 2005 (Brem. GBl. S. 573).

Bremische Landesbauordnung (BremLBO) vom 27. März 1995 (Brem. GBl.S. 211 – 2130-d-1a) zuletzt geändert durch Artikel 15 des Gesetzes vom 8. April 2003 (Brem.GBl. S. 147) und durch Gesetze vom 8. April 2003 (Brem. GBl. S. 147 und S. 159).

EnEV2004: Bekanntmachung der Neufassung der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 02. Dezember 2004, BGBl I S. 3146.

EnEV2007: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24. Juli 2007, BGBl I S. 1519.

EnEV2009: Entwurf zur Verordnung zur Änderung der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Stand: 18. April 2008.

Anhang

A1. In Kapitel 3 verwendete CO₂-Emissionsfaktoren

Energieträger		Emissionsfaktor	
		kg CO ₂ /GJ	kg CO ₂ / MWh
Strom	Land Bremen	243	875
	Stadt Bremen	250	901
	Stadt Bremerhaven	192	691
Fernwärme*	Land Bremen	52	186
	Stadt Bremen	46	167
	- Netz Bremer Osten	45	163
	- Netz Bremer Westen	55	199
	Stadt Bremerhaven	71	256
Heizöl EL		74	266,4
Erdgas		56	201,6
Müll (fossiler Anteil)		80	288

Quelle: http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/list.php?siteid=200&boolean=AND&page=suche_en1&sv%5Bfulltext%5D=emissionsfaktoren, Tabelle 2-21, eigene Berechnung.

* inklusive Netzverluste von 11,5 %.