



Umweltamt
Landeshauptstadt Düsseldorf

**Energie- und CO₂-Bilanz
der Landeshauptstadt Düsseldorf
für das Jahr 2001**

Endbericht

Juni 2003

Erstellt von



WiRo Energie&Konnex Consulting GmbH, Aachen

Inhaltsverzeichnis:

0. Zusammenfassung	1
1. Ergebnisse der Energiebilanz und CO₂-Emissionen 1987 - 2001	3
2. Rahmenbedingungen für die Energie- und CO₂-Bilanz	9
2.1 Zur Vergleichbarkeit der Energiebilanzen von 1987/1997 und 2001	9
2.2 Eckwerte der Stadtentwicklung zwischen 1987 und 2001	11
2.3 Energiebeschaffung und -verkäufe der Stadtwerke Düsseldorf AG und anderer	14
2.3.1 Modernisierung des Kraftwerksparks der Stadtwerke Düsseldorf AG	14
2.3.2 Strom- und Fernwärmeerzeugung in den Kraftwerken der Stadtwerke Düsseldorf	14
2.3.3 Energiebeschaffung und -abgabe der Stadtwerke Düsseldorf AG	15
3. Endenergieverbräuche der Verbrauchssektoren (ohne Verkehr)	18
3.1 Industrie und Verarbeitendes Gewerbe	18
3.2 Städtische Gebäude (inkl. Öffentlicher Beleuchtung)	18
3.3 Private Haushalte sowie Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Öffentliche Einrichtungen des Landes	19
4. Verkehr	22
4.1 ÖPNV in Düsseldorf	22
4.2 Motorisierter Individualverkehr (MIV)	23
4.2.1 Entwicklung des MIV in Deutschland	23
4.2.2 Bestand an Kraftfahrzeugen und Neuzulassungen in Düsseldorf	27
4.2.3 Abschätzung der Endenergieverbräuche im Sektor Verkehr	28
5. Beispiele für kommunale Handlungsfelder zur Energiebedarfsreduzierung	29
5.1 Laufende Projekte und Maßnahmen der Landeshauptstadt Düsseldorf	29
5.1.1 Modellvorhaben zur Energieeinsparung im privaten Wohngebäudebestand	29
5.1.2 Energiesparpartnerschaften zur Erzielung von CO ₂ -Einsparungen	30
5.1.3 Düsseldorfer Energiezertifikat für Büro- und Verwaltungsgebäude	31
5.1.4 Der „Masterplan Schulen“	33
5.2 Vorschläge der Gutachter für weitere Maßnahmen	34
5.2.1 Energieberatungsstelle für Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	34
5.2.2 Ämterübergreifendes Energiemanagement für städtische Gebäude	34
5.2.3 Erdgasfahrzeuge zur Reduzierung der Schadstoffemissionen	35
6. Nutzung erneuerbarer Energieträger	37
6.1 Thermische Solarkollektoren	38
6.2 Photovoltaikanlagen	39
6.3 Passive Solarenergienutzung	40
6.4 Windkraftnutzung	40
6.5 Wasserkraftnutzung	41
6.6 Nutzung nachwachsender Biomasse und Einsatz von Biogasen	41
6.7 Biokraftstoffe	42
6.8 Einsatz von Wärmepumpen	42
6.9 Förderung von erneuerbaren Energieträgern	42
7. European Energy Award	44

Anhänge	46
Umrechnungsfaktoren für einheitliche Energieträgerbewertung	47
Modernisierung Kraftwerkspark der Stadtwerke Düsseldorf AG	48
Ermittlung der spezifischen CO₂-Emissions- und Endenergiefaktoren für Düsseldorf	50
Energiesparpartnerschaft zwischen der Stadt und der Stadtwerke Düsseldorf AG	51
Energiebilanz Deutschland 2001 im Vergleich zu 2000 und 1997	54
Tabellen- und Bildverzeichnis	58

0. Zusammenfassung

Jährlich verbrauchen allein die Einwohner Düsseldorfs die Energiemenge von umgerechnet rund 3,72 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten; pro Kopf also rund 6,5 Tonnen Steinkohle. Dafür wäre ein Zug mit Steinkohle von fast 600 km Länge notwendig. Die damit verbundenen Umweltbelastungen, insbesondere der Ausstoß des klimaschädlichen Gases Kohlendioxid, müssen reduziert werden. Energiesparmaßnahmen und die Nutzung von umwelt- und zukunftsorientierten Technologien rücken zunehmend in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses.

Die Landeshauptstadt Düsseldorf hat nach 1987 und 1997 nun zum dritten Mal eine Gesamtenergiebilanz für das Stadtgebiet erstellt, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden. Mit Hilfe der Energiebilanz wird festgestellt, inwieweit sich z.B. im Verkehr, in der Industrie oder in privaten Haushalten die Energieverbrauchssituation verändert hat und welche Veränderungen beim Ausstoß von Kohlendioxid damit verbunden sind.

Der Gesamtenergiebedarf ist 2001 gegenüber 1987 zwar nur um 1,1 % zurückgegangen, jedoch konnten die Primärenergieverbräuche, also Stein- und Braunkohle, Öl, Erdgas etc., im gleichen Zeitraum um 9,5 % gesenkt werden. Auffällig ist, dass statt Heizöl und Kohle heute verstärkt Erdgas und Fernwärme genutzt wird.

Dass in Düsseldorf die Kohlendioxid-Emissionen um über 16 % zurückgegangen sind, ist zum großen Teil der Umstellung der Stadtwerke-Kraftwerke von Steinkohle- auf Erdgasverbrennung zu verdanken.

Die Anzahl der privaten Haushalte hat um etwa 9 % zugenommen und die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ist um etwa 4,5 % auf rund 352.860 angestiegen. Dabei sind aber im produzierenden Gewerbe fast 40.000 Stellen weggefallen (- 35 %) und im Dienstleistungsbereich gleichzeitig fast 40.000 Stellen (+ 26 %) hinzugekommen. Dies dokumentiert den Weg zur Dienstleistungsgesellschaft in Düsseldorf und schlägt sich auch in den Energieverbräuchen nieder.

Im Verkehr fahren heute zwar 93 % schadstoffreduzierte Autos, der Kraftstoffbedarf ist trotz effizienterer Motoren aber wegen höherer Leistung und höheren Gewichts kaum zurückgegangen. Erfreulich ist, dass die Rheinbahn knapp 22 % mehr Fahrgäste im Vergleich zu 1987 - im Jahr 2001 sind es 203,4 Mio. Fahrgäste gewesen - befördert hat. Nicht berücksichtigt wurden bisher bei der fortgeschriebenen Energiebilanz die Energiemengen und CO₂-Emissionen, die mit den Starts von Flugzeugen vom Flughafen Düsseldorf sowie mit dem

Güterfernverkehr verbunden sind. Es muss davon ausgegangen werden, dass dann insbesondere die CO₂-Bilanz weniger gut ausgefallen wäre.

Die Aktivitäten der Stadt Düsseldorf zur Umweltentlastung sind sehr vielfältig. Zu den neueren Maßnahmen gehört z.B. der Energieeinsparvertrag mit den Stadtwerken Düsseldorf für 13 städtische Gebäude. Ohne Investitionen der Stadt werden hier die Stromverbräuche um 28 % und die CO₂-Emissionen um 15,5 % gesenkt.

Im „Masterplan Schulen“ ist ein Investitionsvolumen von rund 400 Mio. Euro insbesondere für die Sanierung von Schulen vorgesehen.

Die Gutachter empfehlen darüber hinaus beispielsweise die Einrichtung einer neutralen Beratungsstelle für Industrie und Gewerbe im Umweltamt und auch den verstärkten Einsatz von Erdgasfahrzeugen. Mit der Teilnahme am European Energy Award kann die kommunale Energiepolitik nachhaltig zur Reduzierung der Energiebedarfsmengen beitragen. Und last but not least sollte stärker auf die Solarenergie zurückgegriffen werden.

1. Ergebnisse der Energiebilanz und CO₂-Emissionen 1987 - 2001

Die europäischen Städte und Regionen sehen sich durch den Strukturwandel und durch die Globalisierung von Ökonomie, Kultur und Politik vor neue schwierige Aufgaben gestellt. Neben der Innovationspolitik und der Integrationspolitik kommt der Nachhaltigkeitspolitik eine besondere Rolle zu. Nachhaltigkeitspolitik regt zu Innovationen bei Produkten und Produktionsverfahren an und fördert z.B. mit der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes die Beschäftigung.

Energie- und CO₂-Bilanzen sind nicht nur zentrale Bestandteile der Nachhaltigkeitspolitik und von Klimaschutzkonzepten, sondern deren Ausgangspunkt. Erst die Kenntnis der Energiemengen und CO₂-Emissionen der verschiedenen Verbrauchssektoren (z.B. Industrie, Verkehr etc.) und aufgeschlüsselt nach Anwendungsarten (z.B. Wärme, Beleuchtung etc.) ermöglicht die Ableitung von Maßnahmen zur Erzielung möglichst großer Umweltentlastungseffekte.

Die vorliegende Energie- und CO₂-Bilanz wurde für das Gebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf für die Jahre 1987, 1997 und nun 2001 erstellt. Im nachfolgenden Bild sind die für die Modellbildung herangezogenen Systemgrenzen der Energie- und CO₂-Bilanz dargestellt. Das Modell ermöglicht eine integrale Betrachtung des Energiesystems.

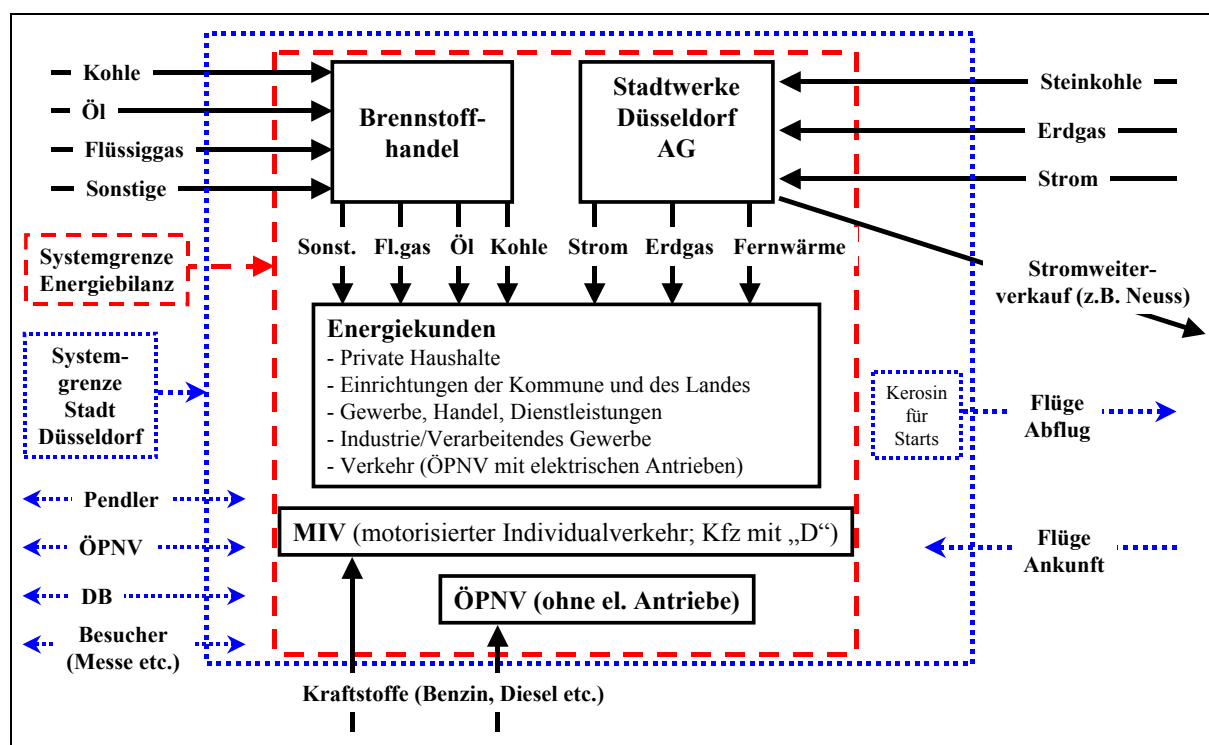


Bild 1: Systemgrenze der Energiebilanz der Stadt Düsseldorf

Viele statistische Daten für das Jahr 2001 lagen erst im 4. Quartal 2002 vor. Die fortgeschriebene Energie- und CO₂-Bilanz für das Jahr 2001 beschreibt die Netto-Bilanz aller über

die „Systemgrenze Energiebilanz“ übertragenen Primär- und Endenergiemengen sowie die damit verbundenen CO₂-Emissionen.

Es wurden die Energieflüsse und Emissionen von privaten Haushalten, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Industrie, städtischen und Landes-Liegenschaften, Verkehr sowie die lokale Erzeugung berücksichtigt.

Ausgenommen von der fortzuschreibenden Bilanzierung sind Einpendler in Düsseldorf, der Luftverkehr sowie der Güterverkehr und auch Besucher der Stadt Düsseldorf. Einerseits wurden in den Energiebilanzen von 1987 und 1997 keine Abschätzungen dazu vorgenommen und andererseits sind die zur Verfügung stehenden statistischen Angaben der Stadt, des Landes und des Bundes für eine derartige Abschätzung nicht ausreichend.

Im Rahmen der CO₂-Bilanz der Landeshauptstadt Düsseldorf wird eine auf den Endenergieverbrauch bezogene Darstellung der Emissionen angewendet. Die eingesetzte Primärenergie an Heizöl, Gas, Benzin, Diesel etc. wird aus dem jeweiligen Endenergieinhalt über die sogenannte Endenergie/Primärenergie-Faktoren berechnet.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Endenergie- und Primärenergieverbräuche der Stadt Düsseldorf für die Jahre 1987, 1997 und 2001 zusammengestellt. Im Rahmen dieser Energie- und CO₂-Bilanz werden alle Energiemengen in Gigawattstunden (1 GWh = 1 Mio. kWh) und die Kohlendioxidemissionen in Tonnen (1 t = 1.000 kg) angegeben.

	Energieverbräuche in Düsseldorf in GWh/a						CO ₂ -Emissionen in 1.000 t/a		
	Endenergie			Primärenergie			1987	1997	2001
	1987	1997	2001	1987	1997	2001			
Elektrische Energie	4.536	4.653	4.554	13.746	12.764	11.391	3.473	3.375	2.677
Veränd. gegenüber 1987		2,6%	0,4%		-7,1%	-17,1%		-2,8%	-22,9%
Erdgas	7.913	9.930	10.899	8.243	10.343	11.353	1.504	1.887	2.071
Veränd. gegenüber 1987		25,5%	37,7%		25,5%	37,7%		25,5%	37,7%
Fernwärme	929	1.377	1.679	562	754	907	165	222	269
Veränd. gegenüber 1987		48,2%	80,7%		34,1%	61,3%		34,1%	62,4%
Heizöl	4.811	2.990	1.933	5.064	3.147	2.035	1.347	837	541
Veränd. gegenüber 1987		-37,8%	-59,8%		-37,9%	-59,8%		-37,8%	-59,8%
Kohle und Sonstige	1.612	475	389	1.791	528	432	532	157	128
Veränd. gegenüber 1987		-70,5%	-75,9%		-70,5%	-75,9%		-70,5%	-75,9%
Kraftstoffe	3.846	4.206	3.937	4.048	4.427	4.144	1.077	1.178	1.102
Veränd. gegenüber 1987		9,4%	2,4%		9,4%	2,4%		9,4%	2,4%
Summe	23.648	23.630	23.391	33.455	31.965	30.262	8.098	7.655	6.788
Veränd. gegenüber 1987		-0,1%	-1,1%		-4,5%	-9,5%		-5,5%	-16,2%

Bild 2: Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz 1987 bis 2001 für Düsseldorf

Auffällig ist, dass Erdgas und Fernwärme insbesondere Kohle und sonstige Brennstoffe sowie zu einem großen Teil auch Heizöl ersetzt haben. Dies ist deutlich im nachfolgenden Balkendiagramm mit den Endenergieverbräuchen zu erkennen. Der Gesamtendenergiebedarf hat sich 1997 (23.630 GWh) im Vergleich zu 1987 (23.648 GWh) kaum verändert. Im Jahr 2001 (23.391 GWh) ist der Endenergieverbrauch gegenüber 1987 um 1,1 % zurückgegangen.

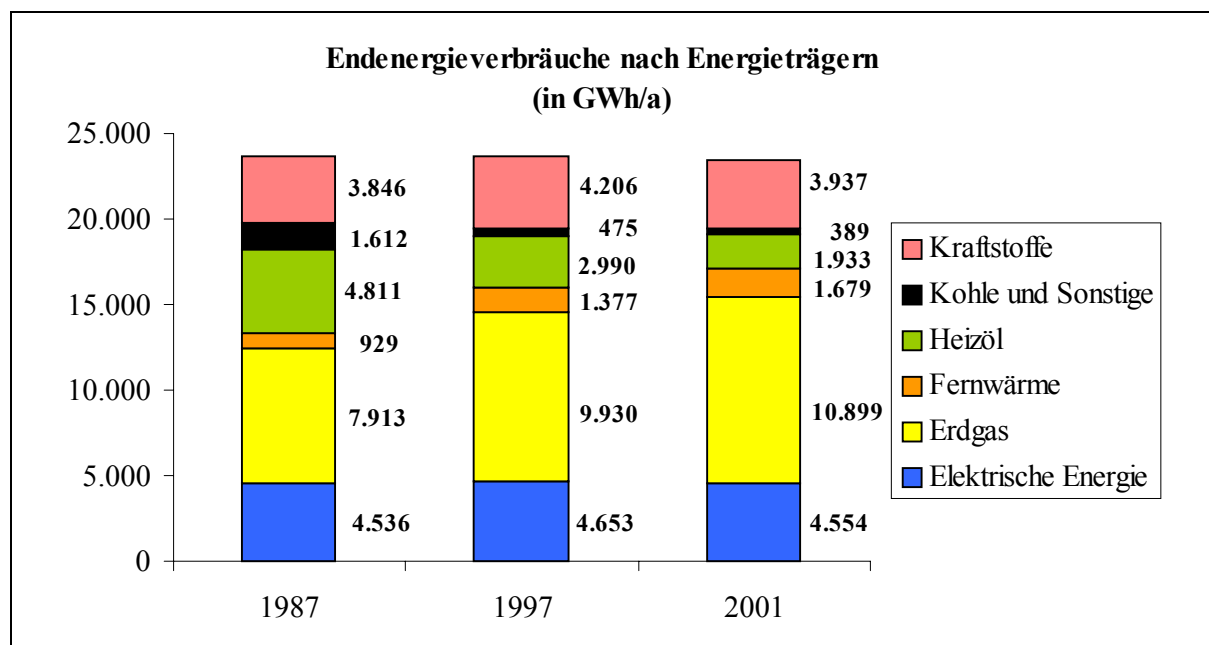


Bild 3: Endenergieverbräuche der Landeshauptstadt Düsseldorf von 1987 bis 2001

Im Vergleich zu den Endenergieverbräuchen haben sich die Primärenergieverbräuche dagegen deutlich reduziert: Von 1987 (33.455 GWh) bis 1997 (31.965 GWh) um immerhin 4,5 % und von 1987 bis 2001 (30.262 GWh) um insgesamt 9,5 % (vgl. nachfolgende Grafik).

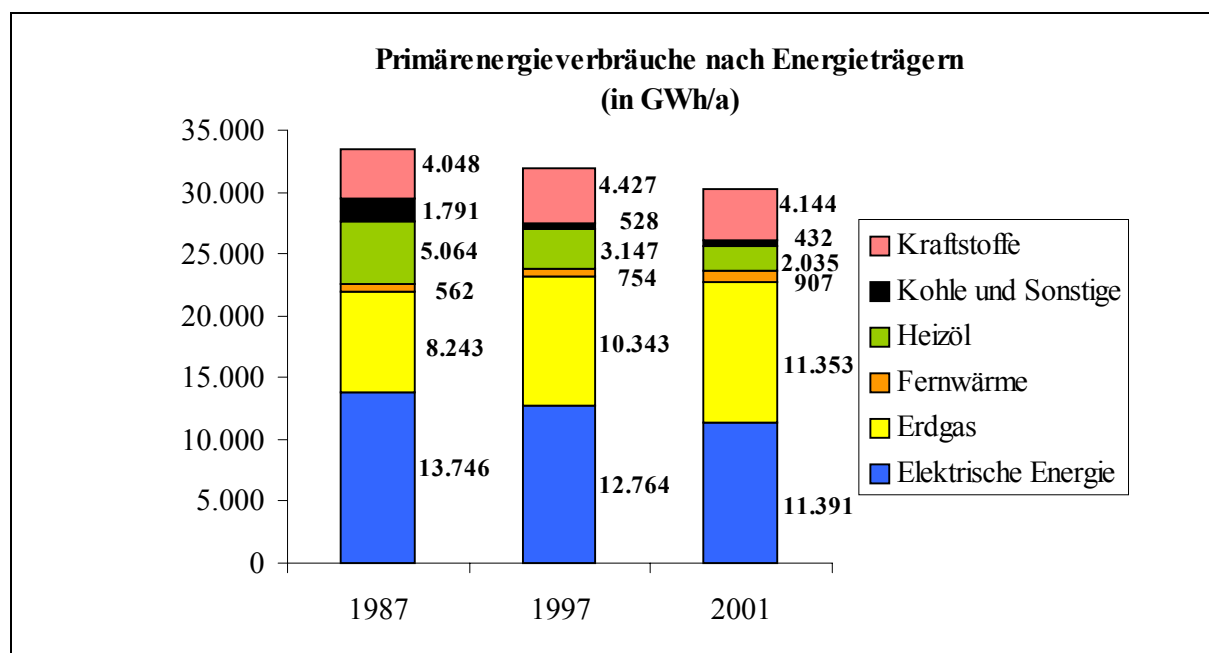


Bild 4: Primärenergieverbräuche der Landeshauptstadt Düsseldorf von 1987 - 2001

Diese Reduzierung ist dabei zum größten Teil auf die Modernisierung des Kraftwerksparks der Stadtwerke Düsseldorf AG und die damit verbundenen geringeren Brennstoffeinsatzmengen zurückzuführen. Die höheren Wirkungsgrade der von der Stadtwerke Düsseldorf AG eingesetzten GuD-Technik sorgen für eine erheblich verbesserte Brennstoffausnutzung, so dass dieselbe Menge an elektrischer Energie mit deutlich weniger Brennstoff erzeugt werden kann. Weiterhin konnte die Stadtwerke Düsseldorf AG durch die Umstellung der Kraftwerke von Steinkohle- auf Erdgasverbrennung, die mit wesentlich geringeren spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren verbunden ist, die CO₂-Emissionen zusätzlich senken.

Diese positiven Veränderungen spiegeln sich letztendlich auch in den stark verringerten CO₂-Emissionen in Düsseldorf im Zeitraum 1997 bis 2001 wieder: Die CO₂-Emissionen konnten von 1987 (ca. 8,1 Mio. t) bis 1997 (ca. 7,7 Mio. t) um 5,5 % und von 1987 bis 2001 (ca. 6,8 Mio. t) um insgesamt 16,2 % gesenkt werden (vgl. nachfolgendes Bild).

Die in Düsseldorf im Zeitraum 1997 bis 2001 erreichten CO₂-Emissionsminderungen von rund 0,87 Mio t pro Jahr sind damit zu rund 80 % der Modernisierung des Kraftwerksparks der Stadtwerke Düsseldorf AG zuzurechnen.

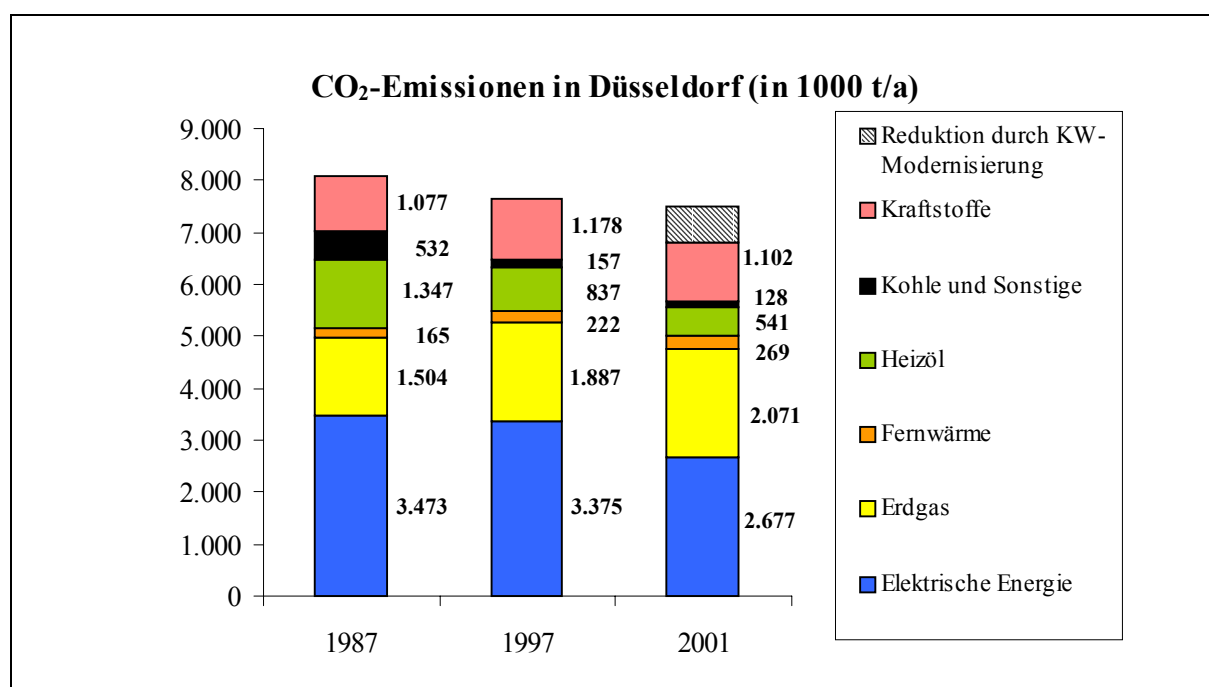


Bild 5: CO₂-Emissionen in Düsseldorf in den Jahren 1987 bis 2001

Die Reduktion der CO₂-Emissionen ist damit nur zu einem kleinen Teil den Energieeinsparbemühungen zuzuschreiben. Hier bleiben noch erhebliche Potenziale unerschlossen.

Innerhalb der einzelnen Verbrauchssektoren haben sich die benötigten Endenergiemengen und die damit verbundenen Primärenergieeinsätze unterschiedlich entwickelt (vgl. nachfolgende Tabelle).

	Energieverbräuche in Düsseldorf in GWh/a						CO ₂ -Emissionen in 1.000 t/a		
	Endenergie			Primärenergie			1987	1997	2001
	1987	1997	2001	1987	1997	2001			
Private Haushalte	5.565	5.465	5.229	8.012	7.481	6.877	1.953	1.776	1.486
Städtische Einrichtungen	524	526	437	742	726	589	171	170	126
Öffentl. Einrichtungen Land	422	394	424	588	489	461	160	134	116
Gewerbe/Handel/Dienstleistungen	4.901	5.685	5.384	7.109	8.235	7.146	1.748	2.037	1.615
Industrie/Verarbeitendes Gewerbe	8.104	6.542	6.613	12.268	9.486	9.404	2.805	2.114	2.025
Verkehr	3.986	4.288	3.987	4.472	4.652	4.269	1.193	1.239	1.132
Betriebsverbrauch Stadtwerke	146	730	1.318	265	896	1.516	68	185	289
Summe	23.648	23.630	23.391	33.455	31.965	30.262	8.098	7.655	6.788
Veränd. gegenüber 1987		-0,1%	-1,1%		-4,5%	-9,5%		-5,5%	-16,2%

Bild 6: Endenergie, Primärenergie und CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren

Allerdings ermöglichten weder die statistischen Angaben der Stadt Düsseldorf noch die Kundendaten der Stadtwerke Düsseldorf AG eine genaue Zuordnung der Energiemengen. Zum Teil mussten also Abschätzungen vorgenommen werden, die sich auf die allgemeine technische Entwicklung und im besonderen auf die Entwicklungen in Düsseldorf stützen. Die recht dünne Datenbasis führte dazu, dass möglichst fundierte und begründete Abschätzungen bzgl. der Veränderungen des Endenergiebedarfs in den einzelnen Verbrauchssektoren vorgenommen werden mussten. Unterm Strich mussten die Summenverbräuche aber natürlich mit den Energieabgabemengen der Stadtwerke Düsseldorf AG - sofern Kundengruppen und Verbrauchssektoren vergleichbar waren – übereinstimmen. Wie sich die Energieträger auf die einzelnen Verbrauchssektoren aufteilen, zeigt die nachfolgende Tabelle:

Endenergieverbräuche in Düsseldorf im Jahr 2001 in GWh/a							
	Strom	Fernwärme	Erdgas	Heizöl	Kohle u. Sonstige	Kraftstoffe	Summe
Private Haushalte	1.083	319	3.049	758	20	k.A.	5.229
Städtische Einrichtungen	105	41	269	22	k.A.	k.A.	437
Öffentl. Einrichtungen Land	110	281	30	3	k.A.	k.A.	424
Gewerbe/Handel/Dienstleistungen	1.405	1.038	2.226	715	k.A.	k.A.	5.384
Industrie/Verarbeitendes Gewerbe	1.703	k.A.	4.106	435	369	k.A.	6.613
Verkehr	50	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	3.937	3.987
Betriebsverbrauch Stadtwerke	98	k.A.	1.219	k.A.	k.A.	k.A.	1.318
Summe	4.554	1.679	10.899	1.933	389	3.937	23.391

Bild 7: Endenergieverbräuche in Düsseldorf im Jahr 2001

Bei der Berechnung der CO₂-Emissionen werden mehrere Ebenen berücksichtigt und im sogenannten CO₂-Emissionsfaktor zusammengefasst. Berücksichtigt werden dabei zunächst

die direkten CO₂-Emissionen aus dem Einsatz des Energieträgers bei den Energieanwendern. Weiterhin gehören dazu die CO₂-Emissionen, die bei der Bereitstellung bzw. Erzeugung des Energieträgers anfallen, also z.B. Erdgasförderung, Transport und Verteilung (sogenannte „Vorkette“).

Der Strombezug aus dem Übertragungsnetz der RWE wird mit den CO₂-Emissionen für die Erzeugung aus dem Mix der deutschen Kraftwerke bewertet (Quelle: VDEW 2002; Internet). Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass im liberalisierten Strommarkt die Herkunft des Stromes nicht mehr lokal begrenzt ist.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Mittelwerte der Endenergie/Primärenergie-Faktoren (EE/PE) und die mittleren CO₂-Emissionsfaktoren, die für das Jahr 2001 gelten, für die einzelnen Energieträger und differenziert nach den Verbrauchssektoren dargestellt.

		El. Energie	Fernwärme	Erdgas	Heizöl	Kohle	Kraftstoffe
Private Haushalte							
Endenergie/Primärenergie	[1]	0,40	1,85	0,96	0,95	0,90	k.A.
CO ₂ -Emissionsfaktor	[t/GWh]	588	160	190	280	330	k.A.
Städt. u. Öffentl. Einrichtungen							
Endenergie/Primärenergie	[1]	0,40	1,85	0,96	0,95	0,90	k.A.
CO ₂ -Emissionsfaktor	[t/GWh]	588	160	190	280	330	k.A.
Gewerbe/Handel/Dienstleistungen							
Endenergie/Primärenergie	[1]	0,40	1,85	0,96	0,95	0,90	k.A.
CO ₂ -Emissionsfaktor	[t/GWh]	588	160	190	280	330	k.A.
Industrie/Gewerbe							
Endenergie/Primärenergie	[1]	0,40	1,85	0,96	0,95	0,90	k.A.
CO ₂ -Emissionsfaktor	[t/GWh]	588	160	190	280	330	k.A.
Verkehr							
Endenergie/Primärenergie	[1]	0,40	k.A.	0,96	k.A.	k.A.	0,95
CO ₂ -Emissionsfaktor	[t/GWh]	588	k.A.	190	k.A.	k.A.	280

Bild 8: Endenergie/Primärenergie-Faktoren und CO₂-Emissionsfaktoren für Düsseldorf im Jahr 2001 (Quellen: Heide & Eberhard und eigene Berechnungen in Anlehnung an GEMIS - Gesamtemissionsmodell)

Besonders stark haben sich von 1997 bis 2001 die EE/PE-Faktoren und die CO₂-Emissionsfaktoren bei elektrischer Energie verändert (von 0,37 auf 0,40 bzw. von 751 t/GWh auf 588 t/GWh).

2. Rahmenbedingungen für die Energie- und CO₂-Bilanz

2.1 Zur Vergleichbarkeit der Energiebilanzen von 1987/1997 und 2001

In der Energiebilanz der Landeshauptstadt Düsseldorf für das Jahr 2001 werden in Form einer Matrix das Aufkommen, die Umwandlung und die Verwendung von Energieträgern im Wirtschaftsgebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf für den Zeitraum 01.01.2001 bis 31.12.2001 möglichst lückenlos und detailliert nachgewiesen. Die Energiebilanz soll der Energiepolitik, den Unternehmen und Verbänden der Energiewirtschaft sowie den mit der Energieforschung befassten wissenschaftlichen Instituten als statistische Datenbasis für Analysen, Prognosen und energiepolitische Entscheidungen bzw. Empfehlungen dienen. Die Energiebilanz ist insbesondere bedeutsam für die Umweltpolitik.

Im Rahmen der Energiebilanz für Düsseldorf werden die Energieträger untergliedert in:

- **Elektrische Energie**
- **Fossile Brennstoffe** (Erdgas, Heizöl, Stein-/Braunkohle etc.)
- **Fernwärme**
- **Kraftstoffe** (Ottokraftstoff (Benzin), Dieselmotorkraftstoff)

In der Regel werden noch Erneuerbare Energien (Solarenergie, Umgebungswärme, Windenergie, Wasserkraft, Energie aus Biomasse, geothermische Energie) berücksichtigt, für die allerdings keine ausreichende Datenbasis für Düsseldorf vorliegt und die auch in den Jahren 1987 und 1997 nicht erhoben wurden. Eine Vergleichbarkeit gegenüber 1987 und 1997 hätte also nicht hergestellt werden können.

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird der Endenergieverbrauch nach folgenden Verbrauchergruppen und Wirtschaftszweigen aufgeschlüsselt:

- Die Daten zum Energieverbrauch im **Sektor Industrie** (Klassifizierung nach WZ 93 (Klassifikation der Wirtschaftszweige des Statistischen Bundesamtes Ausgabe 1993): Übriger Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe) basieren weitgehend auf den Angaben des Statistischen Jahrbuches, des Landesamtes für Daten und Statistik (LDS) und der Stadtwerke Düsseldorf AG.
- Der Energieverbrauch im Sektor **Verkehr** beinhaltet den Energieverbrauch für die unmittelbare Erstellung von Transportleistungen der Verkehrsträger, soweit sie statistisch erfasst sind. Unterschieden wird dabei noch nach ÖPNV (Öffentlicher Personennahverkehr) und MIV (motorisierter Individualverkehr; amtliches Kfz-Kennzeichen „D“). Der Energiebedarf für den Luftverkehr sowie die Binnenschifffahrt und den Verkehr auf den Autobahnen und Landstraßen des Düsseldorfer Stadt

gebietes wurde in der Energiebilanz bisher nicht berücksichtigt. Die Daten zum Energieverbrauch des Verkehrs beruhen auf Statistiken der Landeshauptstadt Düsseldorf hinsichtlich des Bestands an Kraftfahrzeugen sowie der aus Angaben des Statistischen Bundesamtes und des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle zur Verfügung stehenden Zahlen zu den Flottenverbräuchen.

- Für den **Sektor private Haushalte** einerseits und den **Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen** (einschließlich militärische Dienststellen) andererseits stehen keine detaillierten Angaben über den Energieverbrauch zur Verfügung. Lediglich über die Kundengruppe „Tarifkunden“ der Stadtwerke Düsseldorf, die im wesentlichen den privaten Haushalten entspricht, können Angaben zu den Energieverbräuchen gemacht werden. Der Bedarf des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ergibt sich als Differenz zwischen dem Gesamtenergieverkauf und dem Gesamtverbrauch aller übrigen Sektoren. Zum besseren Verständnis der Datenqualität sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine solche Unterteilung in erheblichem Umfang auch auf Schätzungen und Hochrechnungen beruht.
- Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Energiebilanz von 2001 mit den Ergebnissen der Energiebilanz 1997 zu gewährleisten, werden städtische Einrichtungen und Einrichtungen des Landes (= **Öffentliche Einrichtungen einschließlich der Straßenbeleuchtung**) als eigene Verbrauchergruppe ausgewiesen.

Die Abgrenzung des Energieverbrauchs zwischen den Verbrauchergruppen ist nicht immer exakt möglich. In den Energiebilanzen werden Energielieferungen (Heizöl und Fernwärme) bei gemischt (gewerblich und privat) genutzten Gebäuden regelmäßig den privaten Haushalten zugerechnet. Dadurch wird der Verbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme und Warmwasser meist etwas zu hoch, der Verbrauch des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen eher etwas zu niedrig ausgewiesen.

Vom Endenergieverbrauch (im Sinne der Energiebilanz) ist die energietechnisch letzte Stufe der Energieverwendung, die sogenannte Nutzenergiestufe, begrifflich zu unterscheiden. Unter Nutzenergie ist diejenige Form von Energie zu verstehen, die für den Energieanwender unmittelbar die Erfüllung einer Energiedienstleistung bewirkt, also z.B. Heizwärme, Kälte, „Licht“ etc.. In den Energiebilanzen von 1987 und 1997 wurden Abschätzungen für die Nutzenergiefaktoren vorgenommen und damit die Nutzenergiemengen errechnet.

Die deutschen Energiebilanzen enthalten jedoch in der Regel keine Angaben zum Nutzenergieverbrauch, da hierfür gegenwärtig weder ausreichende statistische Erhebungen noch

hinreichend gesicherte andere Quantifizierungsmöglichkeiten bzgl. der Umwandlungswirkungsgrade und Anlagennutzungsgrade vorhanden sind. Aus diesem Grund wird hier im Gegensatz zu den Energiebilanzen für Düsseldorf aus den Jahren 1987 und 1997 auf die Darstellung der Nutzenergie verzichtet.

Gerade im Zeitraum zwischen 1997 und 2001 haben sich mit der Liberalisierung der Energiemärkte erhebliche Veränderungen ergeben, die insbesondere im Bereich der leitungsgebundenen Energieträger „Strom“ und „Erdgas“ zu einer veränderten Datenbasis geführt haben, da diese jetzt zum Teil auch von anderen Energieversorgern geliefert und abgerechnet werden. Daher konnte für die Ermittlung des Bedarfs an elektrischer Energie und Erdgas nicht mehr ausschließlich auf die Energieerzeugungs- und -absatzdaten der Stadtwerke Düsseldorf AG zurückgegriffen werden. Zusätzlich mussten hier statistische Daten des Landes Nordrhein-Westfalen ausgewertet und weitere Abschätzungen vorgenommen werden, um die tatsächlich in Düsseldorf benötigten Mengen an elektrischer Energie und Erdgas zu ermitteln.

2.2 Eckwerte der Stadtentwicklung zwischen 1987 und 2001

Während die Anzahl der Einwohner in Düsseldorf seit 1987 nahezu unverändert geblieben ist (+ 0,9 %), hat die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten um etwa 4,5 % auf rund 352.860 im Jahr 2001 gegenüber 1987 zugenommen (vgl. nachfolgende Tabelle).

Sehr große Veränderungen haben sich bei den Beschäftigten in den unterschiedlichen Wirtschaftszweigen ergeben: Während im produzierenden Gewerbe fast 40.000 Stellen zwischen 1987 und 2001 weggefallen sind (- 35 %), wurden im Dienstleistungsbereich („Sonstige Dienstleistungen, Kredit- und Versicherungsgewerbe, Grundstückswesen, Öffentliche Verwaltung etc.“) gleichzeitig fast 40.000 Stellen (+ 26 %) geschaffen.

Der Bestand an Wohngebäuden hat seit 1987 um fast 9 % zugenommen. Hier macht sich der Trend zu mehr Single-Haushalten bzw. Haushalten getrennt lebender Familien bemerkbar. Entsprechend haben auch die Wohnungen um etwas mehr als 9 % und die Gesamtwohnfläche um nahezu 11 % zugenommen. Insbesondere die Anzahl der Familien mit alleinerziehender Bezugsperson ist in den Jahren 1997 von etwa 13.500 auf ca. 18.000 im Jahr 2001 angestiegen, wodurch auch ein zusätzlicher Bedarf an Wohnungen entstanden ist.

	1987	1997	2001
Einwohner in Düsseldorf (Stand: 1.1.88, 31.12.97, 31.12.01)	565.251	570.504	570.339
Index "Einwohner" (1987=100%)	100,0%	100,93%	100,90%
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (jeweils am 30.6.)	337.822	333.553	352.860
Index "Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte" (1987=100%)	100,0%	98,74%	104,45%
in Land- und Forstwirtschaft, Tierhaltung, Fischerei	857	653	722
in Prod. Gewerbe (inkl. Bergbau, Energiewirt., Wasserversorg., Bau)	108.442	75.185	70.677
Index "Beschäftigte im prod. Gewerbe" (1987=100%)	100,0%	69,33%	65,17%
in Handel, Gastgewerbe, Verkehr	85.508	89.676	100.684
Sonst. Dienstleist. (Kredit-/Versich., Grundstücksw., Öff. Verw.)	142.912	168.032	180.592
Index "Beschäftigte in sonst. Dienstl." (1987=100%)	100,0%	117,58%	126,37%
Bestand Wohngebäude am 31.12. (ohne Wohnheimgebäude)	60.918	64.792	66.240
Index "Wohngebäude" (1987=100%)	100,0%	106,36%	108,74%
Anzahl Wohnungen	296.937	316.542	324.094
Index "Wohnungen" (1987=100%)	100,0%	106,6%	109,1%
Gesamtwohnfläche in 1.000 m²	20.568	22.126	22.769
Index "Gesamtwohnfläche" (1987=100%)	100,0%	107,6%	110,7%
Einwohner pro Wohnung	1,904	1,802	1,760
Index "Einwohner pro Wohnung" (1987=100%)	100,0%	94,7%	92,4%
Wohnfläche pro Einwohner	36,387	38,783	39,921
Index "Wohnfläche pro Einwohner" (1987=100%)	100,0%	106,6%	109,7%

Bild 9: Entwicklung der Bevölkerung, der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und des Wohnungsbestands (Quelle: Amt für Statistik und Wahlen der Stadt Düsseldorf)

Letztendlich stehen jedem Düsseldorfer Einwohner im Jahr 2001 rund 3,5 m² mehr Wohnfläche als 1987 zur Verfügung (+ 9,7 %).

Einen starken Einfluss auf den Energieverbrauch hat die Bautätigkeit insbesondere im Bereich der Büro- und Verwaltungsgebäude. In Düsseldorf lagen im Jahr 2001 die fertiggestellten Bürogebäudenutzflächen (ca. 88.800 m²) in vergleichbarer Größenordnung wie die fertiggestellten Wohngebäudenutzflächen (ca. 112.600 m²). Darüber hinaus nahm zumindest in den Jahren 2000 und 2001 die Bautätigkeit bei Bürogebäuden zu, während sie im Wohngebäudebereich rückläufig war. Während die gesamte Gebäudenutzfläche von Büro- und Verwaltungsgebäuden im Jahr 1987 etwa 3,2 Mio. m² betragen hat, war sie im Jahr 1997 bereits auf etwa 4,6 Mio. m² angewachsen. In Düsseldorf sind in den vergangenen Jahren Bürogebäudenutzflächen von durchschnittlich etwa 120.000 m² jährlich hinzugekommen, so dass die gesamte Bürogebäudenutzfläche im Jahr 2001 rund 5,1 Mio. m² betragen hat (Quelle: Stadtplanungsamt der Landeshauptstadt Düsseldorf). Damit hat die Gebäudenutzfläche von Büro- und Verwaltungsgebäuden im Jahr 2001 gegenüber 1987 um etwa 60 % zugenommen, während es im Wohngebäudebereich lediglich 10,7 % waren.

Inwieweit die Baukonjunktur möglicherweise hier weitere Indizes bietet, soll ein Blick auf die statistischen Angaben zu Bauvorhaben in Düsseldorf zeigen (vgl. nachfolgende Tabelle). In den Jahren 2000 und 2001 sind jeweils 275 Neubaugenehmigungen mit durchschnittlich 3,7 Wohnungen pro Neubaugenehmigung - also im Mittel 1.018 Wohnungen pro Jahr - erteilt worden. Fertiggestellt wurden pro Jahr 1.528 Wohnungen. Bezogen auf den Wohnungsbestand sind das lediglich rund 0,5 %. Dadurch ist der Einfluss der Neubautätigkeit auf die Energieverbräuche von Wohngebäuden sehr gering.

	2000	2001
Erteilte Wohngebäude-Neubaugenehmigungen	275	275
Anzahl genehmigter Wohnungen	925	1.112
Anzahl Räume	3.923	4.224
Wohnfläche in m ²	87.503	94.518
Erteilte Baugenehmigungen für Nichtwohngebäude gesamt	54	34
genehmigte Nutzfläche Nichtwohngebäude in m ²	249.307	205.374
davon Baugenehmigungen für Büro- und Verwaltungsgebäude	17	9
genehmigte Nutzfläche von Büro- und Verwaltungsgebäuden in m ²	185.017	74.556
Fertiggestellte Wohngebäude	416	392
Anzahl fertiggestellter Wohnungen	1.853	1.204
Anzahl Räume	7.161	5.228
Wohnfläche in m ²	153.666	112.598
Fertiggestellte Nichtwohngebäude gesamt	37	47
Nutzfläche fertiggestellte Nichtwohngebäude in m ²	143.595	213.351
davon fertiggestellte Büro- und Verwaltungsgebäude	10	9
Nutzfläche fertiggestellte Büro- und Verwaltungsgebäude in m ²	78.918	88.776

Bild 10: Statistische Angaben zu Bauvorhaben in Düsseldorf in den Jahren 2000, 2001 (Quelle: Amt für Statistik und Wahlen der Stadt Düsseldorf)

Unter Berücksichtigung der stetig gestiegenen Anforderungen an die Raumluftkonditionierung in Büro- und Verwaltungsgebäuden (Lüftung, Klimatisierung), was wiederum steigende auf die Nutzfläche bezogenen Energiekennwerte zur Folge hat, nimmt die Bedeutung dieser Gebäude hinsichtlich der Energieverbräuche zu. Dadurch hat die Bautätigkeit im Bereich der Büro- und Verwaltungsgebäude einen höheren Einfluss auf die Energiebilanz als die Neubautätigkeit im Bereich des Wohnungsbaus.

Gleichzeitig sind die Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden bei Neubauten und größeren Sanierungsvorhaben deutlich verschärft worden, so dass ein Energiemehrbedarf des Düsseldorfer Wohnungsbestands daraus nicht abgeleitet werden kann.

2.3 Energiebeschaffung und -verkäufe der Stadtwerke Düsseldorf AG und anderer

2.3.1 Modernisierung des Kraftwerksparks der Stadtwerke Düsseldorf AG

Die Stadtwerke Düsseldorf haben in den vergangenen Jahren durch erhebliche Modernisierungsmaßnahmen große CO₂-Reduzierungspotenziale durch den verstärkten Einsatz von Erdgas, dem Brennstoff mit den geringsten spezifischen CO₂-Emissionen, sowie durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung erschließen können. Die Stadtwerke Düsseldorf haben die alten Kraftwerksanlagen, die überwiegend mit Steinkohle befeuert wurden, Ende der 90er Jahre konsequent auf Erdgas (GuD-Technik) umgestellt (siehe Anhang). Im Rahmen des Projektes Kraftwerksmodernisierung wurden in mehreren Teilprojekten Maßnahmen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit sowie zur Verbesserung des gesamten Umweltschutzes - insbesondere zur deutlichen Reduzierung der Kohlendioxidemissionen - umgesetzt. Letztendlich wurde die installierte Leistung der Kohleblöcke von 520 MW_{el} auf 150 MW_{el} reduziert, während die Leistung der Gaskraftwerke von 510 MW_{el} auf 613 MW_{el} (GuD) angehoben wurde. Der Wirkungsgrad der GuD-Anlage liegt aufgrund der Kraft-Wärme-Kopplung bei fast 54 % (bei der bisherigen Kohleverbrennung bei ca. 34 %). Bei gleichzeitiger Fernwärmeauskopplung steigt der Gesamtwirkungsgrad sogar auf über 87 %.

Durch die deutliche Erhöhung der Wirkungsgrade bei gleichzeitiger Umstellung auf Erdgas haben sich die auf die Endenergie „Strom“ bezogenen spezifischen Emissionsfaktoren und die Endenergiefaktoren im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Düsseldorf AG erheblich verändert (siehe Anhang). Durch Umstellung eines Großteils des Kraftwerksbetriebs auf Erdgas konnte der durchschnittliche CO₂-Emissionsfaktor für Strom von 751 auf 588 kg/MWh_{el} gesenkt werden.

2.3.2 Strom- und Fernwärmeerzeugung in den Kraftwerken der Stadtwerke Düsseldorf

In der nachfolgenden Tabelle ist die Erzeugung und Beschaffung von Strom und Fernwärme der Stadtwerke Düsseldorf AG, die zu einem erheblichen Anteil in eigenen Kraftwerken bzw. Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden, für das Jahr 2001 dargestellt.

Erzeugung/Beschaffung der Stadtwerke Düsseldorf AG von Strom, Fernwärme 2001 (GWh)	
Bruttostromerzeugung KW Lausward	2.523,83
Bruttostromerzeugung KW Flingern	209,14
Windkraftanlage	0,020
Gesamtbruttostromerzeugung der Stadtwerke Düsseldorf AG	2.732,99
Strombezug vom RWE	1.209,10
Bezug von Industrie (Henkel)	26,40
Bezug von anderen EVU	96,49
Bezug von sonstigen eigenen Anlagen (Papierfabrik, BHKW)	104,90
Energiehandelsbezüge	2.684,59
Energiehandelsverkäufe	-1.780,74
Gesamt-Strombezug der Stadtwerke Düsseldorf AG	2.113,98
Gesamtbruttostromerzeugung und -bezug	4.846,97
Fernwärme Innenstadt vom KW Lausward	672,67
Fernwärme Innenstadt vom KW Flingern	158,44
Summe Fernwärme Innenstadt KWe Flingern + Lausward	831,11
Fernwärme Garath vom Heizwerk Garath	205,68
Fernwärme Einbrungen	5,97
Dezentrale Fernwärmeerzeugung	646,89
Erzeugung und Abgabe von Fernwärme gesamt	1.689,65

Bild 11: Erzeugung und Beschaffung von Strom und Fernwärme der Stadtwerke Düsseldorf AG (Quelle: Stadtwerke Düsseldorf AG)

In den eigenen Kraftwerken Lausward und Flingern wurden im Jahr 2001 noch rund 2.733 GWh an elektrischer Energie sowie rund 831 GWh Fernwärme erzeugt. Der größte Stromlieferant mit rund 1.209 GWh war das RWE. Zudem wurde inzwischen eine erhebliche Strommenge im Bereich des Energiehandels eingekauft und zu einem großen Teil auch wieder verkauft. Unterm Strich bleiben im Jahr 2001 eine Gesamtbruttostromerzeugung und ein Bruttostrombezug von zusammen rund 4.847 GWh.

2.3.3 Energiebeschaffung und -abgabe der Stadtwerke Düsseldorf AG

In der nachfolgenden Tabelle sind die Energieverkäufe der Stadtwerke Düsseldorf AG für die Jahre 1987, 1997 und 2001 für die unterschiedlichen Kundengruppen dargestellt. Zunächst wird aber deutlich, dass die Stromerzeugungsmengen der Stadtwerke Düsseldorf AG deutlich zurückgegangen sind. Ursachen sind hier einerseits die Kraftwerksmodernisierung und -verkleinerung und andererseits die erhebliche Ausweitung der Stromhandelsaktivitäten.

Energiebezüge u. -verkäufe der Stadtwerke Düsseldorf AG (GWh)	1987	1997	2001
Gesamtbruttostromerzeugung der Stadtwerke Düsseldorf AG	4.120,8	3.681,3	2.733,0
Gesamt-Strombezug der Stadtwerke Düsseldorf AG	479,4	1.192,3	2.114,0
Gesamtbruttostromerzeugung und -bezug	4.600,2	4.873,6	4.847,0
Abgabe in Städtnetz (Endverbraucher) inkl. fremdvers. Kunden	3.565,4	4.097,9	4.365,6
Abgabe in Städtnetz (Endverbraucher)	3.565,4	4.097,9	4.189,3
davon für Tarifkunden	1.297,5	1.387,1	1.391,7
für Größtkunden	438,3	550,2	489,0
Sonderkunden (ohne Fahrstrom DB)	1.491,1	1.893,9	2.059,1
Nachtspeicherheizungen	254,8	163,8	133,9
Betriebsverbrauch Stadtwerke-Städtnetz	63,6	83,9	98,3
Öffentliche Beleuchtung	20,1	19,0	17,3
Lieferung in Fremdnetz an Wiederverkäufer			335,5
Lieferung in Stromnetz DB (16 2/3 Hz)	380,8	195,5	0,0
Summe Stromverkauf	3.946,2	4.293,4	4.524,8
zzgl. nicht nachw. Abgabe u. nicht berechn. Betriebsverbrauch	148,3	191,2	150,0
Gesamtstromabgabe ins Netz (netto)	4.094,5	4.484,6	4.674,7
zzgl. Eigenverbrauch der SWD-Kraftwerke	309,1	352,6	172,2
Erdgasabgabe in das Städtnetz (Endkunden)	5.041,0	5.891,1	6.611,7
davon für Tarifkunden	763,3	560,5	512,7
Raumheizung	2.165,9	2.697,0	2.934,4
Sonderkunden	1.976,7	1.927,0	1.870,3
Berechneter Betriebsverbrauch	50,8	632,4	1.219,2
Öffentliche Beleuchtung	84,3	74,2	75,1
Zusätzlicher Erdgasverkauf in Fremdnetz Erkrath	351,3	411,5	463,5
Gesamt-Erdgasverkauf der Stadtwerke Düsseldorf AG	5.671,5	6.303,4	7.075,2
zzgl. nicht nachw. Abgabe u. nicht berechn. Betriebsverbrauch	-56,2	124,2	143,6
Gesamt-Erdgasabgabe der Stadtwerke Düsseldorf AG	5.615,3	6.427,6	7.218,8
Erzeugung und Abgabe von Fernwärme gesamt	971,7	1.450,7	1.689,7

Bild 12: Energiebezüge und Energieverkäufe der Stadtwerke Düsseldorf AG

Folgende wesentliche Veränderungen kennzeichnen die Entwicklung der Energieerzeugungs- und -verkaufsmengen der Jahre 2001 und 1997 im Vergleich:

- Die Erzeugung elektrischer Energie ist von 3.681 GWh im Jahre 1997 auf 2.733 GWh im Jahr 2001 zurückgegangen (- 26 %).
- Da sich die Summe aus Gesamtbruttostromerzeugung und Gesamtbruttostrombezug unwesentlich verändert hat (- 0,5 %), musste der Strombezug von 1.192 auf 2.114 GWh und damit um rund 77 % deutlich erhöht werden.
- Die Erdgasabgabe in das Städtnetz stieg von 5.891 GWh im Jahr 1997 auf 6.612 GWh im Jahr 2001 an (+ 12 %). Dies ist im wesentlichen auf den zusätzlichen Betriebsverbrauch in den von den Stadtwerken für Kunden betriebene Anlagen (Contracting) zu

rückzuführen. Nicht dazu gehören die im Kraftwerk Lausward für Strom- und Fernwärmeerzeugung eingesetzte Gasmengen.

- Der Erdgasbedarf für Tarifkunden und für Sonderkunden ist leicht rückläufig gewesen. Dies ist nicht zuletzt auch auf die gesunkene Gradtagzahl (3.175 Kd/a im Jahr 2001 gegenüber 3.278 Kd/a im Jahr 1997) und damit einen höheren Jahresmittelwert der Lufttemperatur von 10,9 °C (2001) gegenüber 10,6 °C (1997) zurückzuführen. Im übrigen war das Jahr 1987 mit 3.631 Kd/a und einem Jahresmittelwert der Lufttemperatur von nur 9,6 °C nochmals deutlich kühler.
- In dem erhöhten Erdgasabsatz für die Kundengruppe „Raumheizung“ spiegelt sich nicht zuletzt auch die weitere Verdrängung von Heizöl durch Erdgas wieder.

Eine genaue Differenzierung der verkauften Energiemengen zwischen den einzelnen Kundengruppen kann allerdings nicht in allen Einzelfällen vorgenommen werden.

3. Endenergieverbräuche der Verbrauchssektoren (ohne Verkehr)

Nachfolgend werden für die verschiedenen Verbrauchssektoren - sofern keine statistischen Angaben vorlagen - Abschätzungen hinsichtlich der benötigten Endenergiemengen von WiRo Consultants vorgenommen. Die Abschätzungen mit Hilfe unterschiedlicher Quellen sind insbesondere auch schon deshalb notwendig, da die Verbrauchssektoren nicht mit der Kundenklassifikation der Stadtwerke Düsseldorf AG übereinstimmen.

3.1 Industrie und Verarbeitendes Gewerbe

Für die Ermittlung der Endenergiemengen stehen hier die Daten des Landesamtes für Daten und Statistik für das „Verarbeitende Gewerbe sowie Bergbau und Gewinnung von Steine, Erden“ zur Verfügung (vgl. nachfolgende Tabelle). Einige Großkunden in Düsseldorf werden mit Erdgas von anderen Gasversorgern als den Stadtwerken Düsseldorf versorgt.

Jahr	Endenergie Verarb. Gewerbe, Bergbau, Gewinnung von Steinen, Erden in GWh				
	insgesamt	Kohle	Heizöl	Gas	Strom
1997	6.490,28	439,73	684,18	3.831,67	1.534,69
2001	6.612,58	368,84	434,84	4.105,68	1.703,21
Veränderung	1,9%	-16,1%	-36,4%	7,2%	11,0%

Bild 13: Endenergieverbräuche des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbau, Gewinnung von Steine und Erden (Quelle: Landesamt für Daten und Statistik)

3.2 Städtische Gebäude (inkl. Öffentlicher Beleuchtung)

Das Amt für Gebäudewirtschaft der Stadt Düsseldorf hat im Januar 2001 einen „Energiebericht 2000 für städtische Gebäude der Landeshauptstadt Düsseldorf“ herausgegeben. Darüber hinaus werden seitdem jährlich die Energieverbrauchsdaten der städtischen Gebäude zusammengefasst (vgl. nachfolgende Tabelle).

	Jahr	1997	2001	
	Quelle:	nach Energiebilanz 97 (ohne öffentl. Beleucht.)	Amt für Gebäudewirtschaft (ohne öffentl. Beleuchtung)	Ver- änd.
Elektrische Energie	in GWh	102,5	87,7	-14,5%
Fernwärme	in GWh	60,0	40,9	-31,9%
Erdgas	in GWh	231,8	194,0	-16,3%
Heizöl	in GWh	38,7	22,5	-41,9%

Bild 14: Endenergiebedarf städtischer Gebäude (Quelle: Amt für Gebäudewirtschaft)

Im Jahr 2000 kam die offizielle Energiestatistik des Amtes für Gebäudewirtschaft heraus, die eine genauere Bestimmung der benötigten Endenergien in den städtischen Gebäuden ermöglichte (vgl. auch vorgeschlagene Handlungsfelder).

Addiert man nun noch den Elektroenergiebedarf von 17,30 GWh und den Erdgasbedarf von 75,11 GWh für die Öffentliche Beleuchtung hinzu, entstehen für die städtischen Einrichtungen für das Jahr 2001 folgende Endenergieverbräuche:

- Elektrische Energie: 105,0 GWh
- Fernwärme: 40,9 GWh
- Erdgas: 269,1 GWh
- Heizöl: 22,5 GWh

3.3 Private Haushalte sowie Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Öffentliche Einrichtungen des Landes

Die Fernwärmeauskopplung der Stadtwerke Düsseldorf AG wurde im Zeitraum von 1997 bis 2001 von 1.451 GWh auf 1.690 GWh um rund 16,5 % erhöht. Hierbei sei anzumerken, dass die Stadtwerke Düsseldorf AG für das Jahr 1997 einen Fernwärmeabsatz von 1.451 GWh ausweist, während in der Energiebilanz von 1997 noch 1.377 GWh angegeben wurden. Warum die Werte voneinander abweichen, konnte nicht mehr ermittelt werden. Da davon auszugehen ist, dass die aktuellen Angaben der Stadtwerke Düsseldorf für die ausgekoppelte Fernwärmemenge die gleiche Bewertungsgrundlage haben, wird von den aktuellen Zahlen, also 1.451 GWh im Jahr 1997 und 1.679 GWh im Jahr 2001, bei der weiteren Betrachtung ausgegangen.

Die Stadtwerke Düsseldorf differenzieren nicht, an welche Verbrauchergruppen bzw. Verbrauchssektoren die Fernwärme in welchen Mengen geliefert wurde. Daher wird den privaten Haushalten und den Öffentlichen Einrichtungen des Landes eine entsprechende Steigerung des Fernwärmeabsatzes von 16,5 % gegenüber 1997 auf 319 bzw. 281 GWh/a unterstellt. Die verbleibenden Fernwärmemengen von 1.038 GWh/a gegenüber dem Gesamtfernwärmeabsatz werden dem Verbrauchssektor mit der größten Abnahme zugeschlagen, also Gewerbe/Handel/Dienstleistungen.

Für den Bedarf an Erdgas und Heizöl in den privaten Haushalten wurden ebenfalls Schätzungen vorgenommen. Die Stadtwerke Düsseldorf AG hat für den Verbrauchssektor „Raumheizung“ (hier dürfte es sich allerdings überwiegend um private Haushalte handeln) in den Jahren 1997 bis 2001 eine Steigerung der verkauften Erdgasmenge von 2.697 GWh auf 2.934 GWh (+ 8,8 %) angegeben. Die von der Stadtwerke Düsseldorf AG vorgenommene Kundensegmentierung weicht von den Verbrauchssektoren im Rahmen von Energiebilanzen

ab. Trotzdem wird hier eine Steigerung des Erdgasabsatzes in privaten Haushalten von 8,8 % unterstellt, was zu Erdgasverbräuchen von rund 3.049 GWh führt.

Während der durchschnittliche Heizkennwert für Wohngebäude in den Jahren 1997 bis 2001 von etwa 196 kWh/m² auf ca. 188 kWh/m² (- 4 %) zurückgegangen sein dürfte und die Wohnfläche im gleichen Zeitraum von 22,126 Mio. m² auf 22,769 Mio. m² zugenommen hat, dürfte der gesamte Heizenergiebedarf 2001 etwa 4.280 GWh betragen haben. Unterstellt man nun noch einen Anteil von 134 GWh Elektroenergiebedarf für die Nachtspeicherheizungen und einen beinahe schon zu vernachlässigenden Kohlebedarf in den privaten Haushalten von etwa 20 GWh, verbleibt ein Heizölbedarf von rund 758 GWh.

Für den Sektor Sonderkunden haben die Stadtwerke Düsseldorf für den Zeitraum von 1997 (1.927 GWh) bis 2001 (1.870 GWh) eine Minderung des Erdgasabsatzes von etwa 3 % zu verzeichnen. Da es sich hier wohl zu einem großen Teil auch um den Verbrauchssektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen handeln dürfte, wird für diesen Sektor eine Minderung des Erdgasverbrauchs von 3 % unterstellt. Der Erdgasverbrauch beträgt damit im Jahr 2001 noch rund 2.226 GWh. Darüber hinaus hat die Fernwärme große Teile des Heizöls in diesem Verbrauchssektor verdrängt, so dass der Heizölbedarf hier von 1.022 GWh im Jahr 1997 um rund 30 % auf 715 GWh zurückgegangen sein dürfte.

Die Stromverbräuche der privaten Haushalte werden sich zwischen 1997 und 2001 kaum verändert haben. Es wird hier von einem leichten Rückgang von 3,4 % auf rund 1.083 GWh ausgegangen. Die verbleibenden 1.405 GWh gegenüber dem Gesamtstrombedarf in Düsseldorf werden dem Verbrauchssektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen zugeschrieben.

Für die übrigen Endenergiemengen in den unterschiedlichen Verbrauchssektoren, die allerdings in der Summe kaum noch ins Gewicht fallen, wurden Abschätzungen auf Basis der Erfahrungen von WiRo Consultants oder lineare Hochrechnungen bereits bekannter Trends vorgenommen. In dem kleinsten Sektor Öffentliche Einrichtungen des Landes wurde dabei ein Rückgang des Strombedarfs von rund 5,5 % auf rund 110 GWh und ein Anstieg des Fernwärmebedarfs von 16,5 % auf 281 GWh unterstellt. Erdgas und Heizöl fallen mit 30 GWh (-6,8 % Erdgas) und vermutlich etwa 3 GWh (-25 % Heizöl) weniger ins Gewicht. Die Tabelle zeigt die aus diesen Abschätzungen resultierende Endenergiemengen für die Verbrauchssektoren:

Endenergieverbräuche in Düsseldorf im Jahr 2001 in GWh/a							
	Strom	Fern- wärme	Erdgas	Heizöl	Kohle u. Sonstige	Kraft- stoffe	Summe
Private Haushalte	1.083	319	3.049	758	20	k.A.	5.229
Städtische Einrichtungen	105	41	269	22	k.A.	k.A.	437
Öffentl. Einrichtungen Land	110	281	30	3	k.A.	k.A.	424
Gewerbe/Handel/Dienstleistungen	1.405	1.038	2.226	715	k.A.	k.A.	5.384
Industrie/Verarbeitendes Gewerbe	1.703	k.A.	4.106	435	369	k.A.	6.613
Verkehr	50	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	3.937	3.987
Betriebsverbrauch Stadtwerke	98	k.A.	1.219	k.A.	k.A.	k.A.	1.318
Summe	4.554	1.679	10.899	1.933	389	3.937	23.391

Bild 15: Endenergieverbräuche in Düsseldorf im Jahr 2001

4. Verkehr

Für die Stadt Düsseldorf liegen keine statistischen Angaben über Emissionen und zurückgelegte Fahrzeugkilometer des Sektors Verkehr vor. Anhand der statistischen Angaben des Amtes für Statistik und Wahlen zum Fahrzeugbestand in Düsseldorf bzw. zu den Neuzulassungen wird mit Hilfe der für ganz Deutschland vorliegenden statistischen Erhebungen zu Flottenfahrleistungen und -verbräuchen eine Abschätzung für die Endenergien vorgenommen.

4.1 ÖPNV in Düsseldorf

Der ÖPNV in Düsseldorf wird im Wesentlichen durch die Rheinbahn erbracht. Die Rheinbahn hat im Vergleich zu 1987 die Anzahl der beförderten Personen im Jahr 1997 um fast 18 % und im Jahr 2001 um knapp 22 % steigern können. Die von der Rheinbahn geleisteten Personen-Kilometer wurden um über 9 % (1997) bzw. über 14 % gesteigert.

Allein zwischen 1997 und 2001 wurden die von der Rheinbahn geleisteten Fahrzeug-Kilometer von 45,2 Mio. auf 49,1 Mio. (+ 8,6 %) gesteigert.

	1987	1997	2001
Von Rheinbahn beförderte Personen in 1000 Personen	167.045	196.500	203.400
Index "Von Rheinbahn beförderte Personen" (1987=100%)	100,0%	117,6%	121,8%
Von Rheinbahn geleistete Personen-km in Mio. km	818	894	933
Index "Von Rheinbahn geleistete Personen-km" (1987=100%)	100,0%	109,3%	114,1%
Durchschnitt Rheinbahn-Personen-km pro Einwohner	1.446,5	1.567,0	1.635,9
Index "Durchschnitt Rheinbahn-Personen-km pro Einwohner"	100,0%	108,3%	113,1%
Von Rheinbahn geleistete Fahrzeug-km in Mio. km	k.A.	45,2	49,1
Index "Von Rheinbahn geleistete Fahrzeug-km" (1997=100%)	k.A.	100,0%	108,6%

**Bild 16: Beförderte Personen, Personen-km und Fahrzeug-km der Rheinbahn
(Quelle: Amt für Statistik und Wahlen der Stadt Düsseldorf)**

Die gegenüber 1997 um rund 8,6 % höhere Fahrzeug-Kilometerleistung im Jahr 2001 dürfte zu einem Energiebedarfsanstieg in etwa der gleichen Größenordnung geführt haben. Dies entspricht auch in etwa dem bundesweiten Trend, wonach zwischen 1997 und 2001 der Endenergiebedarf für den öffentlichen Verkehr um etwa 7 - 8 % von rund 40 auf 43 PJ (entspricht rund 11.100 - 11.900 TWh) zugenommen hat (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen). In Düsseldorf ist aber die Anzahl der beförderten Personen um rund 3,5 % angestiegen, während bundesweit im gleichen Zeitraum der Zuwachs nur bei etwa 0,2 % (konstant etwa 7,86 Mrd. Personen) liegt.

4.2 Motorisierter Individualverkehr (MIV)

Da für die Stadt Düsseldorf keine detaillierten Daten bzgl. der Flottenfahrleistungen und der damit verbundenen Kraftstoffverbräuche vorlagen, werden zunächst die bundesweiten Entwicklungen des MIV analysiert und dann anhand der für Düsseldorf vorliegenden Daten zum Kraftfahrzeugbestand und den Neuzulassungen eine Abschätzung für Düsseldorf vorgenommen.

4.2.1 Entwicklung des MIV in Deutschland

In Deutschland sind etwa 44 Mio. Pkw und rund 2,6 Mio. Lkw angemeldet. Bezüglich der Fahrzwecke besitzen in Deutschland der Urlaubs- und Freizeitverkehr mit 48 % sowie der Berufs- und Ausbildungsverkehr mit ca. 25 % die größten Anteile an der Personenverkehrsleistung. Auf Dienst- und Geschäftsreisen entfallen 16 %, auf Einkaufsfahrten 11 % des Personenverkehrs. Allein im Zeitraum von 1997 bis 2001 hat die Anzahl der Pkw um rund 6 % und die Anzahl der Lkw um fast 13 % zugenommen. Der Anteil der Pkw mit einer Höchstgeschwindigkeit von 181 km/h oder mehr nahm im gleichen Zeitraum von 28,3 auf 35,8 % zu. Gleichzeitig dokumentiert der mit fast 14 % überproportional hohe Anstieg der Dieselfahrzeuge den wachsenden Drang nach Fahrzeugen mit möglichst geringen Betriebskosten.

In Deutschland blieb der Anteil der beförderten Personen im MIV mit rund 50 Mrd. Personen an den insgesamt in Deutschland beförderten Personen im MIV und Öffentlichen Verkehr (zusammen rund 60 Mrd. Personen) in den Jahren 1997 bis 2000 recht konstant (etwa 83,3 %). Allerdings weist der MIV einen Rückgang um 1,3 % auf 740,1 Mrd. Personen-km auf. Dieser Trend für Deutschland wird voraussichtlich auch 2001 angehalten haben (Quelle: Umweltbundesamt; Daten zur Umwelt 2000).

Genauere statistische Angaben liegen für den Zeitraum 1990 bis 1999 vor (Quelle: Verkehr in Zahlen 2001/2002 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen). Die Gesamtfahrleistung im Straßenverkehr zeigt eine ständig steigende Tendenz. Die Fahrlei

stung aller Kraftfahrzeuge in Deutschland stieg von 1991 bis 1999 um 70,6 Mrd. km. Die Fahrleistung von Pkw und Kombi nahm um ca. 10 % zu. Fahrzeugtechnische Verbesserungen zur Emissionsminderung wurden dadurch zum Teil kompensiert. Noch wesentlich problematischer für die Umwelt ist allerdings der sprunghafte Anstieg der Fahrleistung der Lkw, da diese pro Kilometer deutlich höhere Schadstoffemissionen verursachen als Pkw. Von 1991 bis 1999 stieg die Gesamtfahrleistung der Lkw um 26 %.

1999 wurden im Straßenverkehr ca. 7,3 Mrd. Liter Kraftstoff mehr verbraucht als 1991. Dies entspricht einem Anstieg um 11,6 %. Während der Anstieg für den Personenverkehr nur gering ausfiel (+ 2,5 %), stieg der Kraftstoffverbrauch im Güterverkehr von 1991 bis 1999 um fast 39 % an. Der Anteil des Güterverkehrs an der im Straßenverkehr verbrauchten Kraftstoffmenge wuchs damit von 27 % (1991) auf 31 % (1999).

Trotz fahrzeugtechnischer Weiterentwicklung hinsichtlich einer Verringerung des Kraftstoffverbrauchs konnte der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch von Pkw aufgrund des Trends zu leistungstärkeren und schwereren Fahrzeugen von 1991 bis 1999 nur um ca. 0,3 Liter pro 100 km gesenkt werden. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch pro 100 km Fahrleistung wird im Jahr 2001 etwa 7,8 Liter gegenüber etwa 8,1 Litern im Jahr 1997 betragen haben (Schätzungen des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs bei Pkw entsprechen den Modellannahmen in TREMOD durch das IFEU Heidelberg; Quelle: Umweltbundesamt; Daten zur Umwelt 2000).

Zum Vergleich:

Der Endenergiebedarf im MIV hat bundesweit von 1997 (423 TWh) bis 2001 um 4,1 % (406 TWh) abgenommen. Der Anteil am Gesamtendenergiebedarf in Deutschland im Jahr 2001 (2.627 TWh) des MIV beträgt damit rund 15,4 %. Der Gesamtendenergiebedarf des Güterverkehrs beträgt im Jahr 2001 rund 875 PJ (243 TWh) und hat damit einen Anteil von 9,3 % am Gesamtendenergiebedarf. Allerdings ist der Endenergiebedarf 2001 um 21,7 % gegenüber 1997 angestiegen (Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen).

Kraftfahrzeuge und Kraftfahrzeuganhänger in Deutschland	Bestand (Stand: je 1.7.)		
	1997	2000	2001
Personenkraftwagen und Kombinationskraftwagen in 1.000	41.372	42.840	43.772
davon mit Benzinmotor	35.785	36.879	37.415
davon mit Dieselmotor	5.587	5.961	6.357
davon Höchstgeschwindigkeit kleiner/gleich 180km/h	29.659	27.853	28.112
relativer Anteil in %	71,7%	65,0%	64,2%
davon mit Höchstgeschwindigkeit größer 181km/h	11.713	14.986	15.660
relativer Anteil in %	28,3%	35,0%	35,8%
Gesamtjahresfahrleistung in Mrd. km (für 2001 linear hochgerechnet)	524,8	516,7	514,0
durchschnittliche Jahresfahrleistungen in km	12.685	12.061	11.743
Krafträder in 1.000	2.396	2.767	2.813
Gesamtjahresfahrleistung in Mrd. km (für 2001 linear hochgerechnet)	10,6	13,0	13,8
durchschnittliche Jahresfahrleistungen in km	4.424	4.698	4.906
Kraftomnibusse und Obusse in 1.000	84	86	87
Gesamtjahresfahrleistung in Mrd. km (für 2001 linear hochgerechnet)	3,7	3,7	3,7
durchschnittliche Jahresfahrleistungen in km	44.048	43.023	42.529
Lastkraftwagen in 1.000	2.315	2.527	2.611
Gesamtjahresfahrleistung in Mrd. km (für 2001 linear hochgerechnet)	54,6	61,5	63,8
durchschnittliche Jahresfahrleistungen in km	23.585	24.337	24.435
Zugmaschinen in 1.000	1.900	1.920	1.942
Gesamtjahresfahrleistung in Mrd. km (für 2001 linear hochgerechnet)	10,6	13,3	14,2
durchschnittliche Jahresfahrleistungen in km	5.579	6.927	7.312
Übrige (Krankenwagen, Feuerwehrfahrzeuge, Straßenreinigung etc.) in 1.000	631	655	665
Gesamtjahresfahrleistung in Mrd. km (für 2001 linear hochgerechnet)	10,3	11,4	11,8
durchschnittliche Jahresfahrleistungen in km	16.323	17.405	17.694
Summe Kraftfahrzeuge in 1.000	48.698	50.795	51.890
Diesel-Kraftstoff im Straßenverkehr (Statistisches Bundesamt) in 1.000t	k.A.	22.802	25.508
Spezifischer Endenergiefaktor in kWh/kg	11,57	11,57	11,57
Gesamtendenergiebedarf Dieselkraftstoff in GWh	k.A.	263.819	295.128
Ottokraftstoffe im Straßenverkehr (Bundesamt f. Wirt./Ausfuhrk.) in 1.000t	k.A.	30.226	27.948
Spezifischer Endenergiefaktor in kWh/kg	11,81	11,81	11,81
Gesamtendenergiebedarf Ottokraftstoffe in GWh	k.A.	356.969	330.066

Bild 17: Kraftfahrzeugbestand in Deutschland in den Jahren 1997, 2000 und 2001
 (Quelle: Verkehr in Zahlen 2001/2002 des Bundesministeriums für Verkehr,
 Bau- und Wohnungswesen)

4.2.2 Bestand an Kraftfahrzeugen und Neuzulassungen in Düsseldorf

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Bestand an Kraftfahrzeugen in Düsseldorf.

Kraftfahrzeuge in Düsseldorf	Bestand (Stand: jeweils 1.1.)		
	1987	1997	2001
Gesamtbestand Personenkraftwagen und Kombinationskraftwagen	252.792	285.536	294.694
darunter schadstoffreduziert	40.828	231.714	274.369
davon mit Dieselmotor	26.573	37.924	45.753
davon mit Ottomotor	14.255	193.790	228.592
Neuzulassungen	30.991	29.431	32.578
darunter schadstoffreduziert	24.565	29.424	32.574
davon mit Dieselmotor	5.801	5.063	12.366
davon mit Ottomotor	18.764	24.361	20.208
durchschnittl. Fahrleistung (Bundesschnitt; 2001 hochgerechnet) in km/a	k.A.	12.685	11.853
Gesamtjahresfahrleistung in Düsseldorf in Mio. km	k.A.	3.622	3.493
Gesamtbestand Krafträder (inkl. Leichtkrafträder, Mopeds, Roller)	8.647	15.555	19.938
Neuzulassungen	806	1.967	1.339
durchschnittl. Fahrleistung (Bundesschnitt; 2001 hochgerechnet) in km/a	k.A.	4.424	4.789
Gesamtjahresfahrleistung in Düsseldorf in Mio. km	k.A.	68,82	95,49
Gesamtbestand Kraftomnibusse und Obusse (1987 geschätzt)	650	720	774
Neuzulassungen	67	70	65
durchschnittl. Fahrleistung (Bundesschnitt; 2001 hochgerechnet) in km/a	k.A.	44.048	42.681
Gesamtjahresfahrleistung in Düsseldorf in Mio. km	k.A.	31,71	33,04
Gesamtbestand Lastkraftwagen	12.554	14.666	15.881
Neuzulassungen	1.399	1.901	2.257
durchschnittl. Fahrleistung (Bundesschnitt; 2001 hochgerechnet) in km/a	k.A.	23.585	24.588
Gesamtjahresfahrleistung in Düsseldorf in Mio. km	k.A.	345,90	390,48
Übrige (Busse, Zugmasch., Kranken-, Feuerwehr-, Straßenreinigung etc.)	4.353	4.706	5.091
Neuzulassungen	242	205	336
durchschnittl. Fahrleistung (Bundesschnitt; 2001 hochgerechnet) in km/a	k.A.	8.252	9.960
Gesamtjahresfahrleistung in Düsseldorf in Mio. km	k.A.	38,83	50,71
Summe Bestand Kraftfahrzeuge	278.996	321.183	336.378
Summe Neuzulassungen	33.505	33.574	36.575
Gesamtjahresfahrleistung in Düsseldorf in Mio. km/a	k.A.	4.107	4.063

Bild 18: Kraftfahrzeugbestand in Düsseldorf in den Jahren 1987, 1997 und 2001
(Quelle: Amt für Statistik und Wahlen der Stadt Düsseldorf)

Während 1987 erst rund 16 % der Fahrzeuge als schadstoffreduziert eingestuft werden konnten, sind es im Jahr 2001 bereits über 93 %. Der Anteil der schadstoffreduzierten Neuzulassungen beträgt inzwischen 99,988 % (nur 4 von 32.578 Fahrzeugen gelten als nicht schadstoffreduziert). Hat der Anteil der Dieselfahrzeuge bei den Neuzulassungen 1987 (5.801 von 30.991) noch bei 18,7 % gelegen, so hat er sich im Jahr 2001 auf 38,0 % (12.366 von 32.578) verdoppelt.

Die insgesamt von den einzelnen Verkehrsmitteln zurückgelegte Strecke stellt neben den Faktoren Geschwindigkeit und Art der Fahrzeuge die wichtigste Größe zur Ermittlung der Endenergieverbräuche und Schadstoffemissionen dar.

4.2.3 Abschätzung der Endenergieverbräuche im Sektor Verkehr

Für Düsseldorf liegen keine statistischen Daten für den Endenergiebedarf im MIV vor, so dass hier eine Abschätzung vorgenommen wurde. Zunächst einmal hat der Fahrzeugbestand in Düsseldorf im Zeitraum von 1997 bis 2001 nur um rund 3,2 % zugenommen. Dies ist geringer als der Bundesschnitt mit + 5,8 % im gleichen Zeitraum. Bundesweit bedeutet dies bei gleichzeitiger Senkung der Endenergieverbräuche um 4,1 % eine Wirkungsgradsteigerung/Fahrtstreckenreduzierung von etwa 9,3 %.

Überträgt man diese bundesweite Entwicklung nun auf die Stadt Düsseldorf, so müsste der Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr in Düsseldorf um rund 6,4 % abgenommen haben. Dies bedeutet gegenüber 4.206 GWh im Jahr 1997 einen für das Jahr 2001 abgeschätzten Endenergiebedarf von 3.937 GWh.

Sowohl der Güterfernverkehr als auch der Luftverkehr und die Binnenschifffahrt wurden bisher in der Energiebilanz der Stadt Düsseldorf nicht berücksichtigt.

5. Beispiele für kommunale Handlungsfelder zur Energiebedarfsreduzierung

5.1 Laufende Projekte und Maßnahmen der Landeshauptstadt Düsseldorf

5.1.1 Modellvorhaben zur Energieeinsparung im privaten Wohngebäudebestand

Die Privathaushalte verursachen durch ihren Energieverbrauch fast ein Viertel der Kohlendioxidemissionen. Dabei wird die Energie überwiegend für die Heizung und die Warmwasserbereitung benötigt.

Die Einsparpotenziale im privaten Wohngebäudebereich sind groß. Durch eine zusätzliche Außenwanddämmung („Thermohaut“), eine Dachdämmung und die Erneuerung der Fenster sind im Altbereich schnell etwa 40-60 % der Heizenergie einzusparen. So verbrauchen beispielsweise viele Altbauten im Durchschnitt 220 bis 280 kWh Heizenergie pro m² im Jahr; bei optimaler Dämmung läßt sich der Energieverbrauch pro Jahr auf etwa 60-100 kWh/m² senken. Im Neubaubereich muss dagegen die inzwischen in Kraft getretene Energieeinsparverordnung eingehalten werden. Gegenüber einem Wohngebäude aus den 50er oder 60er Jahren benötigen moderne Wohngebäude manchmal nur noch ein Zehntel der Heizenergie pro m² Wohnfläche. Die Anforderungen aus der Energieeinsparverordnung führen also heute zu energieeffizienten Wohn-Neubauten, so dass hier die zusätzlichen Energieeinsparpotenziale inzwischen relativ klein sind, im Unterschied zu den Altbauten mit sehr hohen Einsparpotenzialen. Hinzu kommt, dass der Anteil der Altbauten natürlich viel größer als der der Neubauten ist. Aus diesen Gründen hat das Umweltamt der Landeshauptstadt Düsseldorf das Projekt „Modellvorhaben zur Energieeinsparung im privaten Wohngebäudebestand“ ins Leben gerufen. Das Ziel ist es, Eigentümer bestehender Mehrfamilienhäuser anzuregen, baulich-technische Sanierungsmaßnahmen durchzuführen und sie dabei zu begleiten. Kernaufgabe des Projektes ist die Entwicklung eines sich selbst tragenden Energieservice-Systems (Dienstleistungszentrum) und dessen dauerhafte Einrichtung. Damit soll den Gebäudeeigentümern der Schritt zu einer wärmetechnischen Sanierung wesentlich erleichtert werden.

Das Modellvorhaben wird in zwei Phasen unterteilt: Eine Untersuchungs- bzw. Orientierungsphase und eine Umsetzungsphase. In der Orientierungsphase werden beispielsweise Analysen durchgeführt, Gebäudebetreiber interviewt, strukturell bedingte Hemmnisse ermittelt, die am Markt zur Verfügung stehenden Partner aus Dienstleistung und Handwerk selektiert und letztendlich 200 Wohngebäudeeigentümer für die Mitarbeit am Modellvorhaben akquiriert.

Die Umsetzungsphase beginnt dann mit einer Öffentlichkeitskampagne und der Auswahl von rund 20 Gebäudeeigentümern für die Erprobung des Modells. Für diese sollen dann sämtliche Dienstleistungen (Beratungen, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Fördermittelbeantragung, Betreuung bei der Umsetzung der Maßnahmen) erbracht werden. Abgeschlossen wird das Projekt mit einem Leitfaden und einer öffentlichen Abschlusstagung.

5.1.2 Energiesparpartnerschaften zur Erzielung von CO₂-Einsparungen

Die Stadt Düsseldorf hat mit der Stadtwerke Düsseldorf AG im Jahr 1999 einen Energieeinsparvertrag (ESP) nach dem Modell des Energieeinsparcontractings für einen Pool von 13 städtischen Gebäuden abgeschlossen. In den Gebäuden wurden daraufhin in den Jahren 1999 bis 2001 eine Reihe von Energieeinsparmaßnahmen - den Schwerpunkt bildeten Heizkesselsanierungen und die Installation von Blockheizkraftwerken (BHKW) in 2 Objekten - durchgeführt. Die Stromverbräuche konnten um 28 % und die Erdgasverbräuche um 12 % gesenkt werden (siehe Anhang). Das anvisierte Ziel insbesondere auf der Wärmeseite wurde allerdings noch nicht ganz erreicht. Ein wesentlicher Grund liegt hier in den noch nicht abgeschlossenen Betriebs- und Parameteroptimierungen für die einzelnen Anlagen.

Allein aufgrund der ESP-Maßnahmen konnten die CO₂-Emissionen der Gebäude im Vergleich zur Baseline bisher um 15,5 % herabgesetzt werden (siehe nachfolgende Grafik).

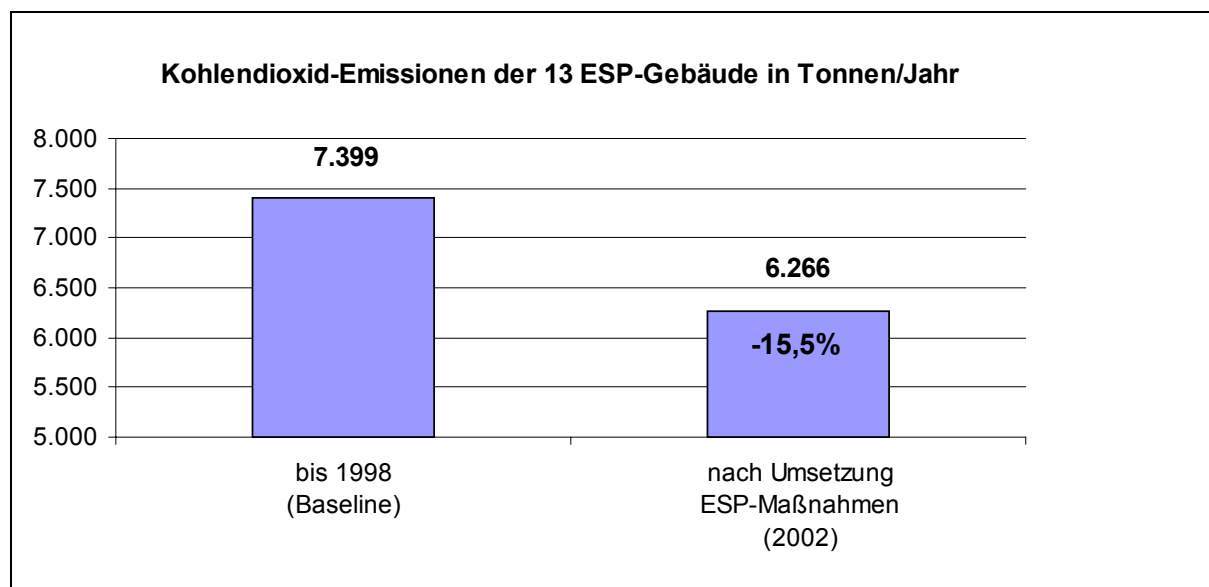


Bild 19: Gesamt-CO₂-Emissionen der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr

Eine Energiesparpartnerschaft zur Modernisierung bzw. Erneuerung von energietechnischen Anlagen ist also eine gute Lösung zur Reduzierung von Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen. Die ständige Anlagen- und Parameteroptimierung wird zu weiteren Energieverbrauchs- und CO₂-Emissionsreduzierungen in den nächsten Jahren führen. Allerdings - und das wird häufig nicht ausreichend berücksichtigt - ist Energieeinsparcontracting auch immer

mit einem recht hohen administrativen Aufwand während der gesamten Projektlaufzeit verbunden.

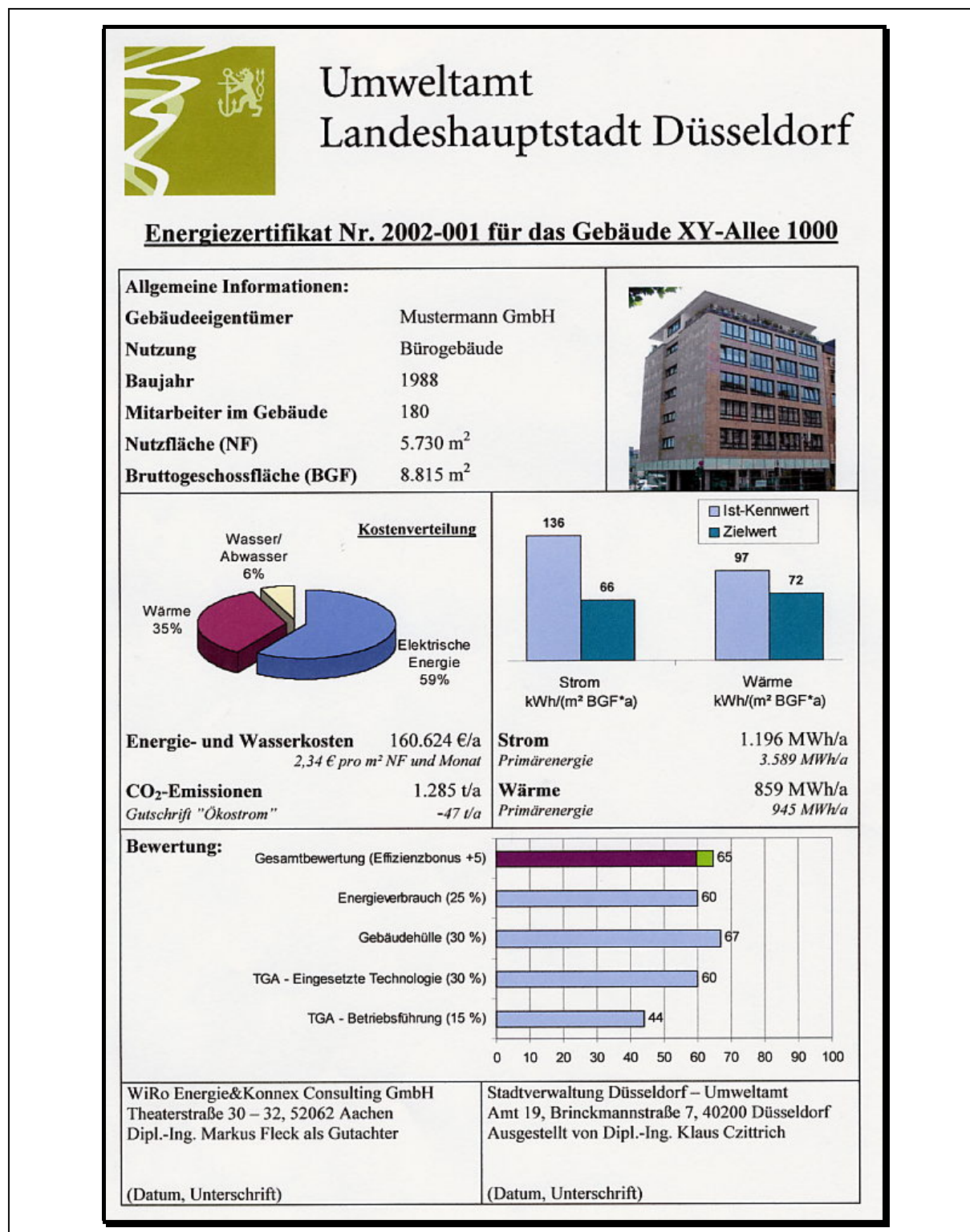
5.1.3 Düsseldorfer Energiezertifikat für Büro- und Verwaltungsgebäude

Angeregt durch den Vorschlag der EU für eine Richtlinie „Energieprofile von Gebäuden“ vom 11.05.2001 hat die Stadt Düsseldorf entschieden, den vielen Unternehmen mit Bürogebäuden in Düsseldorf ein Energiezertifikat anzubieten, das bereits heute den Anforderungen des EU-Richtlinienvorschlags entspricht. Gleichzeitig sollte mit der zu entwickelnden Methodik bzw. den zu entwickelnden Berechnungsvorschriften eine Art Vorreiterfunktion für die praktische Ausgestaltung von solchen von der EU geforderten Zertifikaten übernommen werden. Im Jahr 2002 wurde also das bundesweit erste Energiezertifikat für gewerblich genutzte Objekte entwickelt: Das „Düsseldorfer Energiezertifikat“ für Büro- und Verwaltungsgebäude. Damit steht den Unternehmen ein standardisiertes Instrument zur Verfügung, das Kostentransparenz liefert, die notwendigen Schritte zur Gebäudeoptimierung und Kostensenkung aufzeigt sowie zur Erreichung der Klimaschutzziele beiträgt.

Im Unterschied zu den bisher bekannten Energie- bzw. Wärmepässen für Wohngebäude ist das Energiezertifikat sehr umfassend angelegt: Hochqualifizierte und vom Umweltamt der Stadt Düsseldorf zugelassene und hinsichtlich der Anwendung der Methodik geschulte Ingenieure, Energieberater und Planer analysieren die Energie- und Wasserverbräuche und die damit verbundenen Kosten. Bei einer Gebäudebegehung werden außerdem die Gebäudehülle, die technische Gebäudeausrüstung sowie die Betriebsführung analysiert und Schwachstellen aufgedeckt. All diese Informationen werden mit Hilfe eines Benchmarkings sowie durch ein Punktesystem bewertet. Aus den aufgedeckten Schwachstellen entwickeln die Gutachter entsprechende Einsparmaßnahmen. Das Punktesystem deckt nicht nur die Schwachstellen auf, sondern ermöglicht auch die regelmäßige Neubewertung des Gebäudes und dokumentiert so den kontinuierlichen Optimierungsprozess. Dadurch verschaffen sich gerade auch Vermieter einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil, denn mit niedrigen Nebenkosten hebt sich ihr Gebäude aus der Masse der Immobilien ab.

Nach Untersuchungsabschluss überprüft das von wirtschaftlichen Interessen unabhängige Umweltamt der Landeshauptstadt Düsseldorf die Ergebnisse und händigt das Energiezertifikat aus. Durch das Energiezertifikat positioniert sich der Gebäudeeigentümer bzw. -betreiber als umweltorientiert und innovativ. Das Zertifikat gibt Mietern, Eigentümern, Verkäufern und auch Käufern Aufschluss darüber, welchen Energiebedarf das Objekt hat (Nebenkosten als „2.

Miete“) und welche Sanierungsmaßnahmen eventuell notwendig sind. Mieter bzw. Käufer können so das aus Umwelt- und Kostengesichtspunkten beste Angebot auswählen.



dert, dass beim Bau, beim Verkauf oder bei der Vermietung von Gebäuden dem Eigentümer bzw. dem potenziellen Käufer oder Mieter vom Eigentümer ein Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz vorzulegen ist. Für Behördengebäude und Gebäude, in denen für eine große Anzahl an Menschen öffentliche Dienstleistungen erbracht werden, sind sogar Energieausweise an einer für die Öffentlichkeit gut sichtbaren Stelle anzubringen. Die Planungen zur Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht beginnen zwar gerade erst, jedoch zeichnet sich hier ganz klar ein Trend zu mehr Transparenz und damit zur Energieeinsparung ab. Energieausweise - wie auch immer sie zukünftig inhaltlich ausgestaltet sein werden - sollen dabei ein wichtiges Hilfsmittel sein.

Vom Umweltamt wurde ein Preismodell vorgegeben, das den Gebäudebetreibern von vornherein Aufschluss über die Kosten für die Erstellung des Energiezertifikates gibt. Die Vergütung der Gutachter errechnet sich aus einem Grundpreis sowie zwei Preisanteilen in Abhängigkeit von der Gebäudenutzfläche und vom jährlichen Stromverbrauch. Beispielsweise kostet das Energiezertifikat für ein Bürogebäude mit einer Nutzfläche von rund 6.000 m² weniger als 2.500 Euro.

5.1.4 Der „Masterplan Schulen“

Im sogenannten Masterplan der Stadt Düsseldorf für die nächsten 10 Jahre ist ein Investitionsvolumen von rund 400 Mio. Euro insbesondere für die Sanierung von Schulen vorgesehen. Dabei sollen die Schulen umfangreichen Sanierungsmaßnahmen sowohl im Bereich der Gebäudehülle als auch im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) unterzogen werden.

Im Rahmen einer Energiesparreihenuntersuchung der Landeshauptstadt Düsseldorf in den Jahren 1995/96 konnte nachgewiesen werden, dass die Energieverbräuche in Schulen erheblich gesenkt werden können. Besonders große CO₂-Emissionsminderungen können erzielt werden, wenn Blockheizkraftwerke zur objektbezogenen Wärme- und Stromversorgung eingesetzt werden. Ebenfalls günstig fällt die CO₂-Bilanz aus, wenn alte Ölkessel gegen moderne Erdgasheizkessel ersetzt werden. Bei der Untersuchung wurde eine CO₂-Minderungspotenzial für die untersuchten Düsseldorfer Liegenschaften von 49 % ermittelt.

Derartige Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenziale sollen in den nächsten 10 Jahren durch den sogenannten „Masterplan für Düsseldorfer Schulen“ erschlossen werden.

5.2 Vorschläge der Gutachter für weitere Maßnahmen

5.2.1 Energieberatungsstelle für Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Bei allen Maßnahmen zur Reduzierung der Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen wird die Beratung und Informationsvermittlung von allen Beteiligten als wichtige Aufgabe angesehen. Dabei werden gerade für private Haushalte Beratungen und Informationen über die Energieberatung der Stadtwerke Düsseldorf AG, die Verbraucherzentrale, das Umweltamt und andere angeboten.

Eine neutrale und unabhängige Energieberatungsstelle bei der Stadt Düsseldorf sollte insbesondere für die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie erste Hilfestellungen zur Reduzierung der Energieverbräuche bieten und vor allen Dingen die richtigen Ansprechpartner für weitergehende Unterstützungen benennen können. Zu diesen Ansprechpartnern gehören beispielsweise die Energieagentur NRW, die Gewerbeenergieberater der Stadtwerke Düsseldorf AG, unabhängige Ingenieurbüros bzw. Energieexperten etc.. Die Aufgabe dieser Energieberatungsstelle entspricht einer vor Ort ansässigen Vermittlung von Erstinformationen zur rationellen Energieanwendung und zur Vermittlung der für die Fragestellung zuständigen Partner. Letztendlich sollen „energieeinsparwillige Unternehmen“ für Maßnahmen im Energiebereich motiviert werden.

Die mit dieser Maßnahme zu erreichenden Energieeinsparpotenziale hängen im wesentlichen von der Akzeptanz ab, die eine derartige Beratungsstelle in den Augen der Unternehmen besitzt. Unter der Annahme, dass mittel- und langfristig durch eine derartige Beratungsstelle rund 5 % der Energien und der damit verbundenen CO₂-Emissionen reduziert werden könnten, würde der Ausstoß von CO₂ um rund 0,18 Mio. t pro Jahr reduziert (- 2,7 %).

Für den Umfang der Beratungstätigkeit und bei der Größe der Stadt Düsseldorf ist hier mit einem Personaleinsatz von ein bis zwei Personen zu rechnen. Durch die Einwirkungsmöglichkeiten auf das energierelevante Verhalten der Unternehmen besitzt die Energieberatungsstelle eine wichtige Bedeutung.

5.2.2 Ämterübergreifendes Energiemanagement für städtische Gebäude

Im Rahmen der Bewirtschaftung städtischer Liegenschaften fallen eine Reihe komplexer Aufgaben im Rahmen des Energiemanagements an, die sich zum Teil erheblich gegenseitig beeinflussen:

- Verbrauchsüberwachung
- Technische Überwachung der Anlagen

- Abschluss und Kontrolle von Verträgen
- Brennstoffbewirtschaftung
- Schulung der Anlagenbetreiber (z.B. Hausmeister)
- Aufklärung der Objektbenutzer (z.B. Verwaltungspersonal, Lehrer, Schüler)
- Planung und Kontrolle von energiesparenden Investitionen
- Erstellung von Energieberichten

Hier hat das Amt für Gebäudewirtschaft auch bereits erste Schritte zur Optimierung unternommen. Es muss das Ziel sein, die genannten Aufgaben in Düsseldorf noch stärker zu vernetzen, um eine nachhaltige Reduzierung der Energieverbräuche und -kosten zu erreichen. Die damit befassten Ämter sollten bei ihrem Vorhaben unterstützt werden. Die Vernetzung dieser Einzelaufgaben bildet die Grundlage für ein sinnvolles und vorausschauendes Planen zur Erzielung weiterer CO₂-Minderungspotenziale im kommunalen Bereich. Durch die regelmäßige Überwachung der Energieverbräuche und durch Beeinflussung der Anlagenbetreiber und Benutzer könnten in den nächsten Jahren vorsichtig geschätzt rund 20 % des Energiebedarfs und damit weitere ca. 20.000-25.000 t CO₂ pro Jahr eingespart werden.

5.2.3 Erdgasfahrzeuge zur Reduzierung der Schadstoffemissionen

Es entstehen bei der Verbrennung von Erdgas, welches ja überwiegend aus Methan (CH₄) besteht, deutlich geringere Abgaswerte als z.B. bei der Verbrennung von Benzin oder Diesel. Als Folge der hohen Oktanzahl von Erdgas (130-134 im Vergleich zu 95 beim Superbenzin) wird eine hohe Verdichtung (bis etwa 13,5:1) möglich. So lässt sich mit Erdgasmotoren ein besserer Wirkungsgrad im Vergleich zu Benzin-/Ottomotoren erreichen. Die Emissionen im Abgas sind bei Erd-/Biogasfahrzeugen also die niedrigsten, die derzeit von Verbrennungsmotoren erreicht werden. Mit Erdgasfahrzeugen kann rund 25 % Kohlendioxid beim MIV eingespart werden.

Mit dem Einsatz von Erdgasfahrzeugen kann insbesondere auch die lokale Schadstoffbelastung besonders in Ballungsgebieten deutlich reduziert werden, denn rund 60 % aller Stickoxide und rund 70 % aller Kohlenmonoxidemissionen stammen nach Angaben des Umweltbundesamtes aus dem Straßenverkehr. Allein in NRW setzt der Straßenverkehr jährlich rund 800.000 t Kohlenmonoxid frei. Diese Menge ließe sich durch den flächendeckenden Einsatz von Erdgasfahrzeugen um mehr als die Hälfte reduzieren. Zudem kann der Ausstoß von Benzol sowie von Ruß und Partikeln bei Erdgasfahrzeugen praktisch vernachlässigt werden, was im Hinblick auf die ab 2005 geltenden neuen Grenzwerte für die Partikelkonzentra

tion in der Luft, die mit heutigen Dieselfahrzeugen in Ballungsräumen nicht einzuhalten sein werden, ein großer Pluspunkt ist. Hinzu kommt, dass Erdgasfahrzeuge leiser sind.

Erdgasfahrzeuge bieten neben ökologischen Vorteilen insbesondere auch ökonomische Vorteile. Dies spiegelt sich auch in der verkehrs- und energiepolitischen Strategie der NRW-Landesregierung mit der Initiative „Rhein-Ruhr gibt Gas“ wieder. Durch erhebliche Vergünstigungen bei der Kfz-Steuer (Einstufung in die günstige Schadstoffklasse D 4) sowie durch verschiedene Förderprogramme lassen sich deutliche Kostenreduzierungen erzielen. Besonders hohe Kosteneinsparungen ergeben sich aber aufgrund der deutlich geringeren Kraftstoffkosten (etwa –50 %), die zum Großteil auf die geringere Mineralölsteuer für Erdgas als Kraftstoff zurückzuführen sind. Die erhöhten Anschaffungskosten für Erdgasfahrzeuge von etwa 1.500 bis 3.500 Euro sind je nach Jahresfahrleistung schnell zu kompensieren. Wird dann auch noch z.B. das Förderprogramm der Stadtwerke Düsseldorf AG (max. 1.500 kg Erdgas kostenfrei) in Anspruch genommen, lassen sich die Mehrinvestitionen noch schneller amortisieren. Langfristig ergeben sich also deutliche Einsparungen gegenüber herkömmlichen Antrieben, was gerade auch Vielfahrern zugute kommt.

Als Nachteil ist die heute noch geringere Reichweite von Erdgasfahrzeugen gegenüber Diesel- und Benzinfahrzeugen zu nennen. Die Mehrzahl der heute bivalent angebotenen (d.h. mit Erdgas und Benzin zu betreibenden) Fahrzeuge bietet eine Reichweite von etwa 200 bis 250 km mit Erdgasbetrieb (Tankinhalt 80 l) und weitere etwa 500 bis 800 km mit Benzin oder Diesel aus dem normalen Tank. Neue monovalente Automobile mit größeren Erdgastanks und erdgasoptimierten Motoren haben Reichweiten bis zu 500 km. Die geringeren Reichweiten gegenüber modernen Turbodieselfahrzeugen stellen im privaten Bereich häufig ein Manko dar; in Kommunen und Unternehmen in Ballungsräumen spielt die Reichweite aber eine deutlich untergeordnete Rolle. Wird darüber hinaus das Erdgastankstellennetz dichter, so tritt der Nachteil der geringeren Reichweite immer mehr in den Hintergrund.

Steigen die Erdölpreise, werden auch die Preise für Benzin, Diesel und Erdgas ansteigen. Eine gegenläufige Energiepreisentwicklung kann also ausgeschlossen werden.

Mit dem umfassenderen Einsatz von Erdgasfahrzeugen in Düsseldorf können erhebliche Energieeinspar- und Umweltentlastungspotenziale erschlossen werden. Würde man in den nächsten 5 Jahren beispielsweise rund 20 % der Benzinfahrzeuge gegen Erdgasfahrzeuge ersetzen, wäre damit eine Reduzierung der CO₂-Emissionen in Düsseldorf in einer Größenordnung von rund 100.000 t CO₂ (-1,5 %) verbunden.

6. Nutzung erneuerbarer Energieträger

Die Ölpreise erreichen immer neue Höchststände, die Strom- und Gaspreise werden unabhängig von der Ökosteuer weiter steigen und das Ozonloch wächst rasant. Gleichzeitig hat die Bundesregierung das Ziel, die Kohlendioxidemissionen bis zum Jahr 2005 um 25 % gegenüber 1990 zu mindern. Energiesparmaßnahmen und die Nutzung von umwelt- und zukunftsorientierten Technologien rücken zunehmend in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses. Im April 2000 wurde das „Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare Energien-Gesetz - EEG)“ verabschiedet. Ziel des Gesetzes ist es, den Beitrag erneuerbarer Energien an der Stromversorgung entsprechend den Zielen der Europäischen Union und Deutschlands bis zum Jahr 2010 mindestens zu verdoppeln. Derzeit stammen rund 8 % des Stroms in Deutschland aus erneuerbaren Energien, v.a. aus großen Wasserkraftanlagen. In der Nutzung der solaren Strahlungsenergie steckt langfristig betrachtet jedoch das größte Potenzial für eine klimaschonende Energieversorgung, nicht zuletzt auf Grund des positiven Images, das diese Technologie in der Öffentlichkeit genießt.

Jährlich verbrauchen die Einwohner Deutschlands die Energiemenge von rund 500 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten. Dies entspricht einem Zug mit Steinkohle von 75.000 km Länge. Jeder Deutsche benötigt umgerechnet also rund 6 Tonnen Steinkohle für seinen „Energiehunger“. Die damit verbundenen Umweltbelastungen, insbesondere der Ausstoß des klimaschädlichen Gases Kohlendioxid, müssen reduziert werden. Darüber besteht auch gesellschaftlicher Konsens.

An erster Stelle steht dabei die Maßnahme „Energieeinsparung“. Das bedeutet, dass nur die tatsächlich notwendigen Mengen an „Licht“, „mechanischer Energie“, „Wärme“, Druckluft etc. von den technischen Anlagen aus den meist mit fossilen Brennstoffen versorgten Energieumwandlungsanlagen (Kraftwerke, Heizkessel etc.) erzeugt werden. Dem Streben nach möglichst hohen Umwandlungsgraden kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu.

Die dann immer noch benötigten Nutzenergiemengen sollten möglichst umweltschonend bereitgestellt werden. Dazu eignen sich die erneuerbaren Energien in idealer Weise, denn bei ihrer Nutzung geben sie keine oder zumindest deutlich weniger Schadstoffe als fossile Energieträger ab.

Zu den erneuerbaren Energieträgern gehören im engeren Sinne die Solarenergie (Photovoltaik zur Stromerzeugung, solarthermische Anlagen zur Wärmeerzeugung), die Geothermie (Erdwärmennutzung) und die Gravitation (erzeugt in Verbindung mit Solarenergien z.B.

Meereswellen und Wind). Darüber hinaus wird die Wind- und Wasserkraftnutzung sowie Biomasse und Biogase den erneuerbaren Energieträgern zugeordnet. Als umweltschonend gelten weiterhin Wärmepumpen und Biokraftstoffe.

Der große Nachteil der Nutzung der Solarenergie liegt in den großen saisonalen Schwankungen der solaren Einstrahlung, die nicht mit den saisonalen Schwankungen des Energiebedarfs übereinstimmen. Dadurch kann die Solarenergie meist nur zur Deckung eines bestimmten Teils des Energiebedarfs genutzt werden. Der Auslegung von Solarsystemen ist daher zur Erzielung einer möglichst hohen Energiebedarfsdeckung besondere Aufmerksamkeit schon bei der Planung der Anlagen zu widmen.

6.1 Thermische Solarkollektoren

Die solare Einstrahlung kann zur Bereitstellung von Strom und Wärme genutzt werden. Die Umwandlung der Sonnenenergie in Wärme erfolgt unter Einsatz von solarthermischen Anlagen („Solarkollektoren“). Solarkollektoranlagen werden im wesentlichen zur Brauchwassererwärmung, zur Unterstützung der Heizung oder zur Beheizung von Schwimmbädern genutzt. Man unterscheidet zwischen sogenannten Flachkollektoren und den deutlich effizienteren aber auch teureren Vakuumröhrenkollektoren. Beide Systeme sind ausgesprochen zuverlässig und ausgereift. Die benötigte Tages-Brauchwarmwassermenge im Sommer, die Größe des Brauchwarmwasserspeichers und die zur Verfügung stehende Dachfläche für die Installation der Kollektoren bestimmen im wesentlichen die Wahl der einzusetzenden Technik. Zu einer solarthermischen Anlagen gehören neben Kollektor und Warmwasserspeicher noch die Solarstation mit Pumpe, Mess- und Regelinstrumenten sowie die Zusatzheizung. Meist wird ein Zweikreissystem eingesetzt. Dabei fließt in dem Solarkreis ein Wasser-Glykol-Gemisch, damit die Anlage im Winter nicht einfriert. Der Warmwasserkreis entspricht dem heute üblichen Warmwasserkreis von herkömmlichen Warmwasserversorgungssystemen. Der Warmwasserspeicher besitzt also zwei integrierte Wärmetauscher („Heizschlangen“). Übers Jahr gesehen werden in der Regel etwa 65 Prozent des Warmwasserbedarfs gedeckt.

Bei der Schwimmbadwassererwärmung kommen häufig noch einfachere Kollektorsysteme (unverglaste Absorber oder flexible Absorbermatten) zum Einsatz, da das Schwimmbadwasser direkt erwärmt wird und die Temperaturdifferenzen hier deutlich niedriger sind als bei Brauchwassererwärmungssystemen.

Bei der Raumwärmeversorgung durch solare Nahwärmesysteme werden immer häufiger sogenannte saisonale Speicher eingesetzt. Das sind im Prinzip große, meist mehrere tausend

Kubikmeter umfassende Erdbeckenspeicher, die z.B. mit Wasser, mit Erdreich oder mit Kies-Wasser-Schüttung gefüllt sind. Diese Speicher werden im Sommer aufgeheizt und geben dann im Winter ihre gespeicherte Wärme für die Raumheizung und ggf. die Warmwasserbereitung ab. Um die Kosten der sehr teuren Speicher auf möglichst viele Nutzer umzulegen, wird meist eine größere Zahl von Gebäuden an ein Nahwärmenetz, in das der Speicher integriert ist, angeschlossen. Zusatzheizungen oder sogar Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung übernehmen die Wärme- und ggf. auch Stromerzeugung, wenn die solare Energiemenge nicht ausreichend ist.

6.2 Photovoltaikanlagen

Beim photovoltaischen Effekt wird die solare Strahlung ohne einen Umweg über einen thermischen Prozess direkt in Elektrizität überführt. Diese Solarzellen bestehen aus einer dünnen Halbleiterfläche mit einer positiv und einer negativ geladenen Schicht. Auf Vorder- und Rückseite sind Metallkontakte eingelassen, an denen eine kleine Spannung entsteht. Bei Sonnenlichteinstrahlung setzen sich durch Photoneinschlag Elektronen in Bewegung, wodurch ein Strom fließt. Durch Hintereinanderschaltung und Parallelschaltung vieler Solarzellen entstehen dann die nutzbaren höheren Gleichspannungen und Gleichströme.

Bei den Solarzellen wird meist zwischen monokristallinen und polykristallinen Solarzellen unterschieden. Die monokristallinen Solarzellen weisen mit einem Umwandlungswirkungsgrad von inzwischen bis über 20 % deutlich höhere Wirkungsgrade als die polykristallinen Solarzellen (12-15%) auf. In seltenen Fällen – meist bei Kleinanwendungen wie Uhren, Taschenrechnern etc. - werden auch noch die mit deutlich niedrigeren Wirkungsgraden arbeitenden amorphen Solarzellen eingesetzt. Grundsätzlich gilt: Je höher der Wirkungsgrad, desto teurer ein Quadratmeter Photovoltaikfläche. Beispielsweise kann dann bei unbegrenzten Flächen auch eine einfachere Solarzelle mit größerer Fläche gewählt werden, um die gleiche Menge elektrischer Energie zu erzeugen.

Photovoltaikanlagen werden meist netzgekoppelt eingesetzt. Dabei wird der in den verschalteten Solarzellen („PV-Generator“) erzeugte Gleichstrom im Wechselrichter in Wechselspannung (230 V) transformiert. Die Leistung einer Photovoltaikanlage wird in „kWp“ (Peakleistung) angegeben. Dies entspricht der Leistung unter den sogenannten Standardtestbedingungen, d.h. bei einer Einstrahlung von 1.000 W/m² in der Modulebene, einer Umgebungstemperatur von 25 °C sowie einer Sonnenhöhe von 42°.

Seit der Einführung des „EEG“ werden neue Anlagen so installiert, dass die erzeugte elektrische Energie vollständig in das Versorgungsnetz eingespeist wird. Dafür werden z.Zt.

noch rund 48,1 Ct/kWh bezahlt. Ältere Anlagen hingegen wurden meist so installiert, dass der größte Teil des Stromes zur Eigenbedarfsdeckung genutzt wurde und damit Strom zu Preisen von umgerechnet etwa 13-20 Ct/kWh verdrängt hat. Überschüssiger Strom wurde nach Einspeisevergütung (z.B. 1999: 16,52 Pf/kWh) oder in einigen wenigen Gemeinden sogar für 2,00 DM/kWh vergütet.

Die Nutzung der Solarstromerzeugung hat durch das EEG mit der darin garantierten Vergütung über 20 Jahre einen deutlichen Schub in Richtung Wirtschaftlichkeit erlangt.

6.3 Passive Solarenergienutzung

Neben der Nutzung der solaren Strahlung durch aktive Systeme gewinnt die passive Solarenergienutzung im Rahmen der Niedrigenergie- und Solararchitektur immer mehr an Bedeutung. Dabei wird die Gebäudearchitektur so konzipiert, dass ein möglichst hoher Anteil des Raumwärmebedarfs durch den Eintrag solarer Strahlungsenergie über die Außenfläche des Hauses (im Wesentlichen über Fenster und Glasvorbauten) gedeckt werden kann. Die einfallende Solarenergie wird im Gebäude in Wärme umgewandelt. Je geringer der Wärmebedarf eines Hauses, um so bedeutender wird der Beitrag, den die passive Solarenergienutzung zur Deckung des Raumwärmebedarfs leistet. An die Heiztechnik werden allerdings hinsichtlich der schnellen Regelbarkeit recht hohe Anforderungen gestellt.

6.4 Windkraftnutzung

Wind entsteht durch großräumige Luftdruckunterschiede. An den Küsten herrschen hohe Windgeschwindigkeiten vor, die aber landeinwärts durch die Bodenreibung schnell abnehmen. Im Binnenland kann man in der Regel nur in höheren Lagen (z.B. Mittelgebirgen etc.) größere Windgeschwindigkeiten messen. Entscheidend für die Beurteilung des Standortes zur Aufstellung einer Windenergieanlage ist die Durchschnittswindgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Gleichmäßigkeit der Windgeschwindigkeit. Die Windgeschwindigkeiten werden dabei in der geplanten Nabenhöhe gemessen.

Am Ende des Jahres 2001 waren in Deutschland rund 8.750 MW elektrische Leistung aus Windenergieanlagen installiert, mit denen rund 11,5 TWh elektrische Energie erzeugt wurden.

Die Leistung einer Windenergieanlage ist in erster Linie von der Windgeschwindigkeit (dritte Potenz) abhängig. Dabei wird die maximal nutzbare mechanische Energie aus dem Wind immer dann erreicht, wenn die Windgeschwindigkeit vor der Rotorebene dreimal so hoch ist wie die Windgeschwindigkeit hinter der Rotorebene. Mit Hilfe der Blattverstellung können die Rotorblätter um ihre Längsachse gedreht werden. Die Leistungsaufnahme des Rotors kann damit in jedem gewünschten Maße beeinflusst werden.

Im Jahr 2030 sollen Windenergieanlagen mit Leistungen von rund 21.000 MW an Land und ca. 26.000 MW auf See („Offshore“) installiert sein. Dadurch könnte dann die Deckung des Strombedarfs in Deutschland von heute etwa 3 % auf rund 25-30 % gesteigert werden.

Die technische Entwicklung der letzten Jahre weist ein rapides Wachstum in der Größe der Windenergieanlagen auf: Von rund 250 kW Anfang der 90er Jahre bis auf 2,5 MW heute haben sich die installierten Nennleistungen der Windenergieanlagen verzehnfacht. Die Einrichtung des Breitentests 100 bzw. 250 MW Wind im Jahr 1989 und insbesondere das Strom-einspeisegesetz bzw. dann das EEG bedingten einen erheblichen Ausbau der Windstromerzeugung.

6.5 Wasserkraftnutzung

Wenn Wasserkraft als „fallendes Wasser“ zur Energieerzeugung genutzt wird, wird eigentlich damit Solarenergie genutzt, da die Sonne für die Verdunstung des Wassers sorgt, das sich dann als Regen in höher gelegenen Wasserspeichern oder in Flüssen sammelt. Dies haben schon die alten Chinesen vor etwa 2.300 Jahren erkannt. Seit etwa 100 Jahren wird die Wasserkraft dann auch zur Stromerzeugung genutzt. Heute werden weltweit etwa ein Fünftel des erzeugten Stroms aus Wasserkraft erzeugt, wodurch die Wasserkraftnutzung bei den erneuerbaren Energien mit großem Abstand Spitzenreiter ist.

Laufwasserkraftwerke nutzen den natürlichen Zufluss des Wasserlaufs, während Speicherkraftwerke in der Regel durch den Bau von Talsperren errichtet wurden. Bei den Speicherkraftwerken wird das Wasser meist zu einem Stausee aufgestaut und man unterscheidet zwischen Niederdruckanlagen (Fallhöhe max. 15 Meter), Mitteldruckanlagen (Fallhöhe 15 bis 50 Meter) oder Hochdruckanlagen (Fallhöhe über 50 Meter). Die Fallrohre müssen so dimensioniert und auf der Innenseite beschichtet werden, dass die Fallgeschwindigkeiten und die Rohrreibungsverluste klein bleiben. Die Gesamtwirkungsgrade von Wasserkraftanlagen liegen bei etwa 60-70 %.

6.6 Nutzung nachwachsender Biomasse und Einsatz von Biogas

Die Verbrennung, Vergasung oder Vergärung nachwachsender Biomasse zur Energienutzung setzt zwar Kohlendioxid frei. Aber es wird nicht mehr Kohlendioxid freigesetzt, als von den Pflanzen vorher aus der Luft über den Prozess der Photosynthese entnommen wurde. Dementsprechend spricht man bei nicht nachwachsender Biomasse von fossilen Energieträgern. Fossile Energieträger haben ihre Photosynthese bereits vor vielen Jahrmillionen gehabt. Unter nachwachsender Biomasse werden Holz, Stroh, Schilfe, Getreidepflanzen und Biogas verstanden.

Biogas entsteht aus organischem Material. Es ist ein brennbares Gasgemisch, das bei der Vergärung von Gülle, Hausmüll und Klärschlamm unter Luftabschluss in einem Faulbehälter (Fermenter) entsteht. Biogas besteht überwiegend aus Methan.

Ausgangsstoff für die Biogasproduktion sind in der Landwirtschaft in erster Linie Exkremente der Tiere. Man rechnet in der landwirtschaftlichen Biogastechnik mit Großvieheinheiten (GVE). Damit kann die Menge entstehenden Biogases aus den Fäkalien verschiedener Tiere besser verglichen und die Anlage besser dimensioniert werden.

Bei der Verbrennung von Biomasse oder Biogasen in einem Biomasseheizkraftwerk werden Strom und Wärme erzeugt.

6.7 Biokraftstoffe

Verschiedene Lebensmittelöle enthalten sehr viel Energie. Diese flüssige Biomasse eignet sich als Motorkraftstoff. Am meisten verbreitet ist die Nutzung von Biodiesel (Rapsöl-Methyl-Ester).

6.8 Einsatz von Wärmepumpen

Wärmepumpen sind Maschinen, die aus Luft, Wasser, Erdreich oder Kollektoren Wärme aufnehmen und auf eine höhere Temperatur bringen. Die Wärmepumpen müssen mechanisch angetrieben werden. Dies geschieht meist mit Hilfe der elektrischen Energie, Öl oder Gas. Da nur rund ein Viertel der Wärmeenergie als mechanische Energie benötigt wird, ist die Energiebilanz bzw. Umweltbilanz insgesamt positiv. Gleichwohl ist gerade mit dem Einsatz von elektrischer Energie für den mechanischen Antrieb einer Wärmepumpe eine erhebliche Kohlendioxidemission verbunden.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb der Wärmepumpe muss das Verhältnis der erzeugten Wärme zur eingesetzten elektrischen Energie möglichst groß sein. Dazu sollte die Wärmequelle eine möglichst hohe Temperatur aufweisen. Gleichzeitig muss das Temperaturniveau immer eigentlich dann zur Verfügung stehen, wenn auch tatsächlich die Energie benötigt wird.

6.9 Förderung von erneuerbaren Energieträgern

Es gibt verschiedene Förderprogramme, die nachfolgend aufgelistet sind. Das Umweltamt der Landeshauptstadt Düsseldorf gibt bei Bedarf weiterführende Informationen bzgl. der in Frage kommenden Förderprogramme.

- Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG)
- Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Gesetz)

- Eigenheimförderung
- ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm
- Umweltprogramm der Deutschen Ausgleichsbank (DtA)
- Umweltprogramm bzw. CO₂-Minderungsprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

7. European Energy Award

Ziel des europäischen Zertifizierungs- und Auszeichnungsprogramms ist es, durch den effizienten Umgang mit Energie und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien zu einer nachhaltigen kommunalen Energiepolitik und somit zu einer zukunftsverträglichen Entwicklung unserer Gesellschaft beizutragen.

Gegenstand der Förderung ist die Umsetzung des Zertifizierungsverfahrens zur Bewertung der Energieeffizienz der Kommune - angefangen beim ersten Schritt der Gründung des Energie-Teams bis hin zur ersten Re-Zertifizierung (insgesamt ein Zeitraum von vier Jahren).

Das Qualifizierungs- und Auszeichnungsprogramm besteht aus drei wesentlichen Elementen:

- Etablierung eines Qualitätsmanagementsystems für den kommunalen Bereich
- Zertifizierung und Auszeichnung der energiepolitischen Leistungen in zwei Qualitätsstufen und Überprüfung im dreijährigen Rhythmus
- Vernetzung innerhalb der Gemeinde und zwischen engagierten Gemeinden durch verstärkte Kooperation und Kommunikation

Mit dem Auszeichnungsprogramm wird ein Total Quality Management (TQM) für den Energiebereich eingeführt, bei dem Schritt für Schritt

- Stärken und Schwächen aufgedeckt und Verbesserungspotenziale identifiziert,
- Qualitätsaspekte in die laufende Verwaltungsarbeit integriert,
- ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess installiert,
- Wirtschaftlichkeitsaspekte stärker berücksichtigt und
- die Partizipation der Bevölkerung an energiepolitischen Entscheidungsprozessen verstärkt werden.

Das Energie-Team ist für die Umsetzung des EEA-Programms in der Stadt zuständig. Es ist quasi „Entwicklungszentrale“ und „Motor“ der energiepolitischen Arbeit in der Stadt. Das Energie-Team umfasst Vertreter aus den verschiedenen Ressorts der Stadtverwaltung und der Eigenbetriebe sowie ggf. Mandatsträger, die sich im Zuge ihrer Tätigkeit mit energierelevanten Themen beschäftigen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, externe Energieexperten und engagierte Bürger in das Team aufzunehmen.

In der jährlichen internen Standortbestimmung wird vom Energie-Team eine Jahresbilanz erstellt. Die Standortbestimmung wird vom EEA-Berater moderiert und dient einerseits als Erfolgskontrolle für die geleistete Teamarbeit, andererseits als Planungsgrundlage für das

kommende Jahr. Die Dokumente, die in dieser Jahresbilanz zusammengetragen werden, bilden zudem die Basis für die Einreichung der Unterlagen für die Auszeichnung.

Das externe Audit ist die Grundlage für die Auszeichnung der Städte und Gemeinden. Es findet alle drei Jahre statt und hat das Ziel, die Aktivitäten der Stadt durch einen unabhängigen Experten zu bewerten.

Stellt die Stadt einen Antrag auf Auszeichnung, so wird das interne Audit von einem unabhängigen Experten überprüft und die Summe der Punkte aller umgesetzten Maßnahmen ermittelt. Je nach erreichter Punktzahl wird der EEA vom regionalen Träger oder sogar auf europäischer Ebene vergeben. Der Katalog von etwa 100 möglichen Maßnahmen ist das zentrale Arbeitsinstrument im EEA-Programm. Er dient als Checkliste zur Standortbestimmung, als Hilfsmittel für die Planung und als „Messlatte“ für das externe Audit.

Auf Basis der Punktebewertung der realisierten Maßnahmen lässt sich das energiepolitische Profil einer Stadt ermitteln.

Anhänge

Umrechnungsfaktoren für einheitliche Energieträgerbewertung

Am 2. Juli 1969 wurde das „Gesetz über die Einheiten im Messwesen“ (s. BGBl. I, S. 981) erlassen. Hierin und in weiteren Verordnungen wird für den geschäftlichen und amtlichen Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland die Umstellung von Einheiten des technischen Messsystems auf das internationale System von Einheiten geregelt (Système International d'Unités, Abkürzung SI). Die SI-Einheiten sind für die Bundesrepublik Deutschland als gesetzliche Einheiten ab 01.01.1976 verbindlich.

Definierte Einheit für Energie: Joule (J) für Energie, Arbeit, Wärme; $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$

Zum Vergleich der verschiedenen Maßeinheiten dient die folgende Tabelle mit den dort skizzierten Umrechnungsfaktoren.

Einheit	kJ	kWh	kcal	kg SKE	kg RÖE
1 kJ	X	0,000278	0,2388	0,00003410	0,0000239
1 kWh	3600	X	860	0,123	0,0860
1 kcal	4,1868	0,001163	X	0,00143	0,0001
1 kg SKE	29308	8,141	7000	X	0,7
1 kg RÖE	41868	11,63	10000	1,429	X

Bild 21: Umrechnungsfaktoren

Im Rahmen der Energiebilanz für Düsseldorf werden die Primär- und Endenergieverbräuche einheitlich in GWh (Gigawattstunden) dargestellt ($1 \text{ GWh} = 1.000 \text{ MWh} = 1 \text{ Mio. kWh}$).

Modernisierung Kraftwerkspark der Stadtwerke Düsseldorf AG

Die deutschen Stromversorger haben die absoluten Kohlendioxidemissionen ihrer Kraftwerke von 1990 bis 2000 um knapp acht Prozent vermindert. Sie konnten die spezifischen CO₂-Emissionen von 1990 bis 2000 um gut 13 Prozent von 0,67 auf ca. 0,58 kg je Kilowattstunde vermindern. Entscheidenden Anteil an der Minderung haben Maßnahmen zur Erhöhung der Wirkungsgrade bei bestehenden Kraftwerken. Weitere CO₂-Reduzierungspotenziale sind durch den verstärkten Einsatz von Erdgas, dem Brennstoff mit den geringsten spezifischen CO₂-Emissionen, sowie durch den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung zu erschließen.

Diese Potenziale haben auch die Stadtwerke Düsseldorf in den vergangenen Jahren durch erhebliche Modernisierungsmaßnahmen erschließen können. Die Stadtwerke Düsseldorf haben die alten Kraftwerksanlagen, die überwiegend mit Steinkohle befeuert wurden, Ende der 90er Jahre konsequent auf Erdgas (GuD-Technik) umgestellt. Im Rahmen des Projektes Kraftwerksmodernisierung wurden in mehreren Teilprojekten Maßnahmen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit sowie zur Verbesserung des gesamten Umweltschutzes - insbesondere zur deutlichen Reduzierung der Kohlendioxidemissionen - umgesetzt.

Im Kraftwerk Lausward:

- Neubau und Inbetriebnahme einer Gas- und Dampfturbinen-Anlage sowie gleichzeitig Stilllegung und Abriss der kohlebefeierten Kessel (Block A).
- Neubau zweier Fernwärme-Spitzenkessel (Block A) im Jahr 1999.
- Stilllegung der Blöcke B (im Jahr 1999) und C (Ende 2000).
- Modernisierung der zwei Gasturbinen (1+2) im Block E im Jahr 1999.
- Bau und Inbetriebnahme der Fernwärmeauskopplung im Block E im Jahr 1999.
- Bau eines Rauchgasbypasses in Block D zur Volllastausschöpfung im Jahr 1999.

Im Kraftwerk Flingern und Heizwerk Garath:

- Bau und Inbetriebnahme einer Dampfturbinen-Anlage und Rückbau der steinkohlebefeierten Kessel im Kraftwerk Flingern im Jahr 2000.
- Umrüstung des Kraftwerkes Garath in ein Heizwerk durch die Errichtung von 4 Fernwärmeesseln im Jahr 1999 und Rückbau der steinkohlebefeierten Kessel.

Die nachfolgenden Tabelle zeigt die Zusammensetzung des Kraftwerkspark vor und nach der Modernisierung.

Kraftwerkspark der Stadtwerke Düsseldorf AG		vor 1999		ab 2000/2001	
		elektr.	therm.	elektr.	therm.
Lausward					
Leistung Kohle-Blöcke Anton, Berta, Cäsar (therm. geschätzt)	MW	250	100	stillgelegt	
Wirkungsgrad	%	34		stillgelegt	
Leistung GuD Lausward	MW	nicht vorh.		103	75
Wirkungsgrad	%	nicht vorh.		54	
Gesamt-Wirkungsgrad bei FW-Auskopplung	%	nicht vorh.		87	
Leistung Kohleblock Dora	MW	150	147	150	147
Leistung Erdgasblock Emil	MW	420	140	420	140
Leistung Erdgas-Reserve-Spitzenkessel	MW	nicht vorh.			120
Flingern					
Leistung Kohle-Blöcke	MW	120	120	stillgelegt	
Leistung MVA-Dampf-KWK-Anlage	MW	nicht vorh.		55	100
Thermische Leistung Erdgas-Reserve-Spitzenkessel	MW	nicht vorh.			100
Elektr. Leistung Gasturbinenkraftwerk (Notstromversorgung)	MW	90		90	
Garath					
Thermische Leistung kohlebefeuerte Kessel	MW		100	stillgelegt	
Thermische Leistung neue gasbefeuerte Kessel	MW	nicht vorh.			100
Summe Leistung aus Kohlekraftwerken	MW	520	467	150	147
Summe Leistung aus Gaskraftwerken	MW	510	140	613	535
CO ₂ -Emissionen	t/a	3.640.000		2.440.000	
SO ₂ -Emissionen	t/a	774		0	
NO _x -Emissionen	t/a	1.106		704	
CO-Emissionen	t/a	751		822	
Staubemissionen	t/a	43		0	

Bild 22: Zusammensetzung des Kraftwerksparks der Stadtwerke Düsseldorf AG (Quellen: Stadtwerke Düsseldorf AG; eigene Darstellung)

Bei den technischen Planungen stand im Vordergrund, die eingesetzte Primärenergie Gas erheblich besser zu nutzen. Der Wirkungsgrad der GuD-Anlage liegt aufgrund der Kraft-Wärme-Kopplung bei fast 54 % (bei der bisherigen Kohleverbrennung bei ca. 34 %). Bei gleichzeitiger Fernwärme-Auskopplung steigt der Gesamtwirkungsgrad sogar auf über 87 %.

Ermittlung der spezifischen CO₂-Emissions- und Endenergiefaktoren für Düsseldorf

Durch die deutliche Erhöhung der Wirkungsgrade bei gleichzeitiger Umstellung auf Erdgas haben sich die auf die Endenergie „Strom“ bezogenen spezifischen Emissionsfaktoren und die Endenergiefaktoren im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Düsseldorf AG erheblich verändert (vgl. nachfolgende Tabelle). Dabei wurden die CO₂-Emissionen aus den eingesetzten Brennstoffen den erzeugten Endenergiemengen zugeordnet. Für den Strombezug wurde der für die deutschen Kraftwerke gültige Strommix und der damit verbundene spezifische CO₂-Emissionsfaktor angesetzt.

Ermittlung spezifischer CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren für die Stromerzeugung	
Gesamtbruttostromerzeugung der SWD (Lausward, Flingern)	2.732,97 GWh
Erzeugung und Abgabe von Fernwärme (Lausward, Flingern)	831,11 GWh
Erdgaseigenverbrauch	3.865,05 GWh
Steinkohle	2.314,42 GWh
Heizöleigenverbrauch	22,96 GWh
Gesamt-CO ₂ -Emissionsmengen der Kraftwerke Stadtwerke Düsseldorf AG	1.566.229 Tonnen
Annahme für spezifischen CO ₂ -Emissionsfaktor für die Fernwärme (aus KWK)	160 kg CO ₂ /MWh _{FW}
CO ₂ -Anteil aus der Fernwärmeversorgung (Lausward, Flingern)	132.977 Tonnen
Berechneter spezif. CO ₂ -Emissionsfaktor für Stromerzeugung (Lausward, Flingern)	524,43 kg CO ₂ /MWh _{EI}
Strombezug der SWD (überwiegend RWE u. Stromhandel sowie Henkel etc.)	2.113,98 GWh
Spezif. CO ₂ -Emissionsfaktor für Stromerzeugung (Strommix nach VDEW-Angaben)	580 kg CO ₂ /MWh _{EI}
CO ₂ -Emissionen aus Stromerzeugung bei Strombezug	1.226.108 Tonnen
Gesamt-CO ₂ -Emissionsmengen für Stromerzeugung (ohne Fernwärme)	2.659.360 Tonnen
Summe Endenergie Strom (Verkauf, inkl. fremd. Kund.; ohne KW-Eig., n. nachw. Abg.)	4.524,76 GWh
Anteil Endenergie Strom (=Verkauf) an Gesamtstromerzeugung der SWD und Bezug	93,35 %
Berechneter spezif. CO ₂ -Emissionsfaktor für Endenergie Strom in Düsseldorf	588 kg CO ₂ /MWh _{EI}
Gesamter Primärenergieeinsatz für Strom- und Fernwärmeerzeugung in Düsseldorf	6.202,42 GWh
Abgeschätzter Primärenergiefaktor EE/PE für Fernwärmeerzeug. (vgl. E.bilanz 87, 97)	1,85
Primärenergie für Fernwärmeerzeugung	449,25 GWh
Verbleibende Primärenergie für Stromerzeugung der Stadtwerke Düsseldorf	5.753,18 GWh
Primärenergiefaktor EE/PE für die Stromerzeugung der Stadtwerke Düsseldorf AG	0,48
Abschätzung für Primärenergiefaktor EE/PE für die übrige Stromerzeugung (Mix)	0,38
Primärenergie für übrige Stromerzeugung (Strom-Mix)	5.563,11 GWh
Gesamt-Primärenergie für die Stromerzeugung und Strombezug	11.316,28 GWh
Summe Endenergie Strom (s.o.)	4.524,76 GWh
Gesamt-Primärenergiefaktor EE/PE für Endenergie Strom in Düsseldorf	0,3998

Bild 23: Ermittlung von CO₂-Emissionsfaktoren und Endenergiefaktoren (Quellen: Stadtwerke Düsseldorf AG; VDEW; eigene Berechnungen)

Durch Umstellung eines Großteils des Kraftwerksbetriebs auf Erdgas konnte der durchschnittliche CO₂-Emissionsfaktor für Strom von 751 auf 588 kg/MWh_{EL} gesenkt werden.

Energiesparpartnerschaft zwischen der Stadt und der Stadtwerke Düsseldorf AG

Die Stadt Düsseldorf hat mit der Stadtwerke Düsseldorf AG im Jahr 1999 einen Energieeinsparvertrag (ESP) nach dem Modell des Energieeinsparcontractings für einen Pool von 13 städtischen Gebäuden abgeschlossen. In den Gebäuden wurden daraufhin in den Jahren 1999 bis 2001 eine Reihe von Energieeinsparmaßnahmen - den Schwerpunkt bildeten Heizkesselsanierungen und die Installation von Blockheizkraftwerken (BHKW) in 2 Objekten - durchgeführt. Nachfolgend werden die bereits bis heute erzielten Auswirkungen der Maßnahmen auf Energieverbräuche und CO₂-Emissionen nach dem 2. Abrechnungsjahr vorgestellt.

Der Gesamtenergiebedarf aller 13 städtischen Gebäude konnte im 2. Abrechnungsjahr im Gegensatz zur Baseline um folgende Mengen reduziert werden:

- Die **Stromverbräuche** konnten von 2.691 MWh/a auf 1.931 MWh/a (-28 %) gesenkt werden. Das anvisierte Ziel von 1.845 MWh/a wurde fast erreicht.
- Die **Erdgasverbräuche** konnten von 29.477 MWh/a auf 25.986 MWh/a (-12 %) gesenkt werden. Das anvisierte Ziel von 18.303 MWh/a wurde noch nicht erreicht. Ein wesentlicher Grund liegt hier in den noch nicht abgeschlossenen Betriebs- und Parameteroptimierungen für die einzelnen Anlagen.

In den beiden nachfolgenden Grafiken sind die Baseline sowie die Sollwerte und IST-Werte für Strom und Wärme - jeweils differenziert nach den beiden Objekten mit BHKW sowie den übrigen 11 Gebäuden - dargestellt.

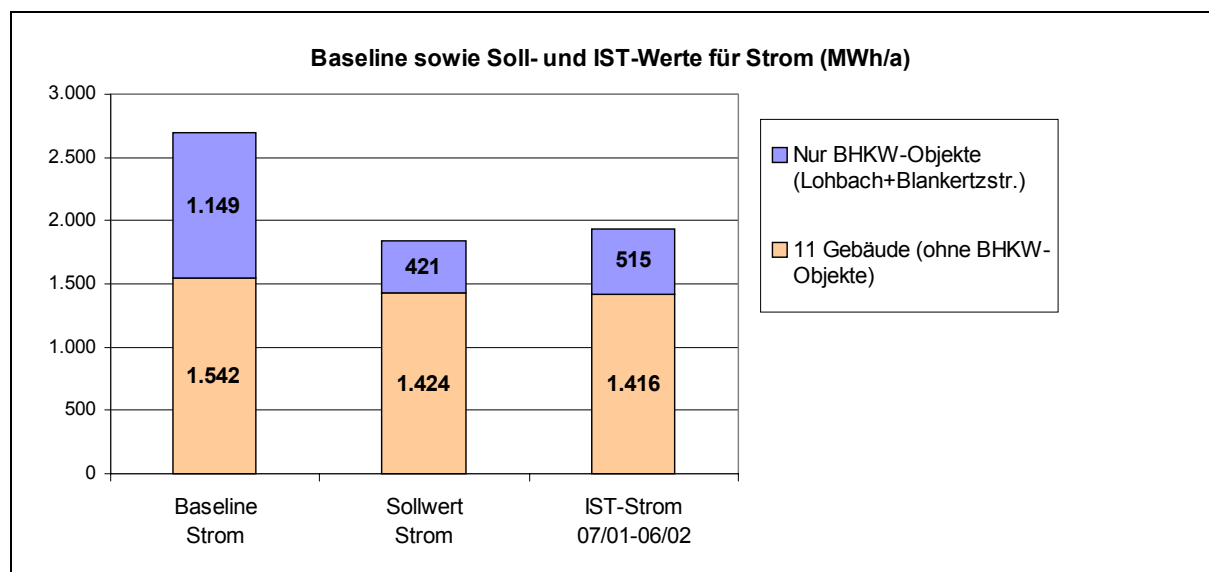


Bild 24: Gesamtstrombedarf der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr (Quellen: Stadtwerke Düsseldorf AG; eigene Berechnungen)

Deutlich zu erkennen ist, dass insbesondere die beiden Objekte mit BHKW zur Reduzierung des Gesamtstrombedarfes aller 13 ESP-Objekte bisher beigetragen haben. In den Blockheizkraftwerken müssen für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung auch erhöhte Erdgasmengen eingesetzt werden. Hier liegt ein weiterer Grund für die zur Zeit noch zu hohen Gesamtwärmeverbräuche von 25.986 MWh/a für alle 13 Objekte im Vergleich zur Baseline (siehe nachfolgende Grafik).

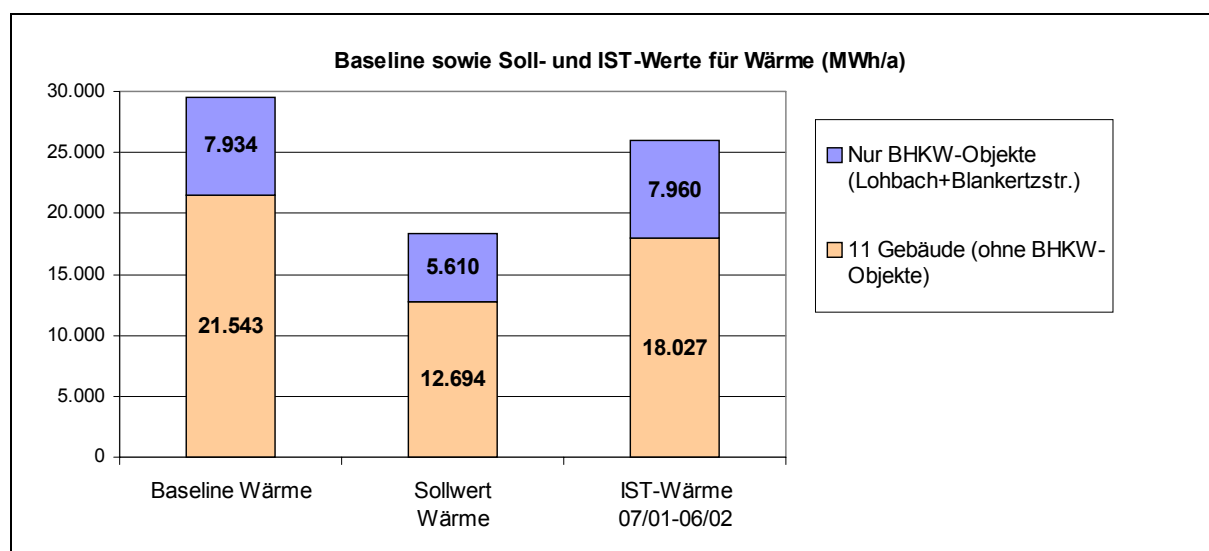


Bild 25: Gesamtwärmebedarf der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr (Quellen: Stadtwerke Düsseldorf AG; eigene Berechnungen)

Entwicklung der CO₂-Emissionen

Allein aufgrund der ESP-Maßnahmen konnten die CO₂-Emissionen im Vergleich zur Baseline bisher um 15,5 % herabgesetzt werden (siehe nachfolgende Grafik). Dieser Wert wurde mit konstantem CO₂-Emissionsfaktor ermittelt.

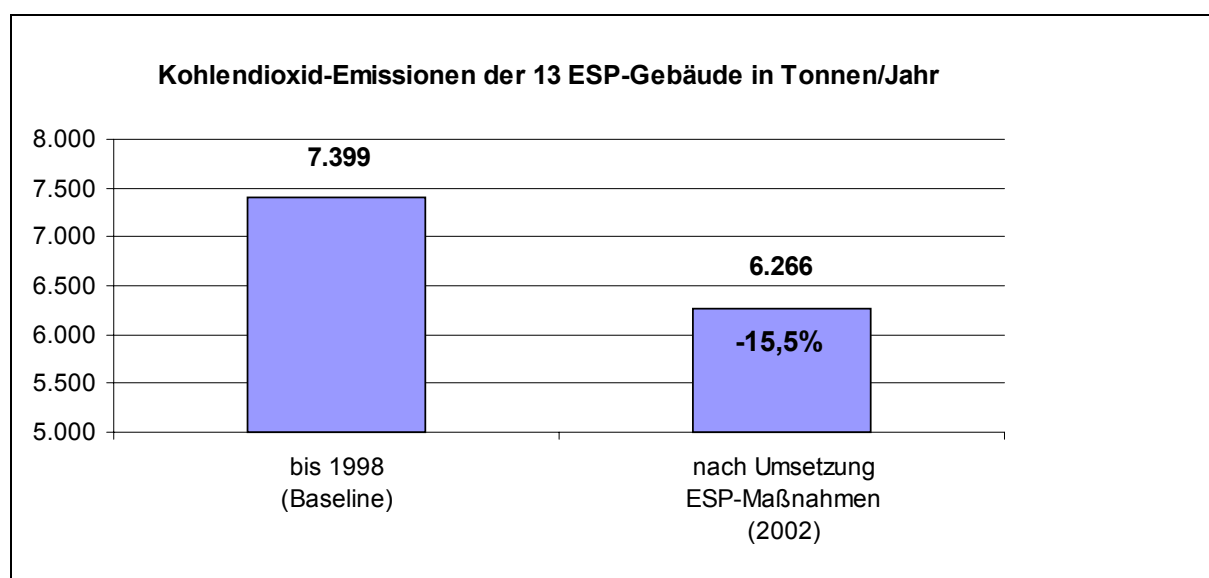


Bild 26: Gesamt-CO₂-Emissionen der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr (Quellen: Eigene Berechnungen)

Bei der Analyse der CO₂-Emissionen der einzelnen Gebäude wurde festgestellt, dass insbesondere in den Objekten, in denen nicht nur die Heizkessel erneuert, sondern auch weitere energiesparende Maßnahmen umgesetzt wurden, die höchsten CO₂-Einsparungen erreicht wurden.

Eine Energiesparpartnerschaft zur Modernisierung bzw. Erneuerung von energietechnischen Anlagen ist also eine gute Lösung zur Reduzierung von Energieverbräuchen und CO₂-Emissionen. Bereits nach dem 2. Jahr konnten die CO₂-Emissionen im Rahmen der Energiesparpartnerschaft zwischen der Stadt Düsseldorf und den Stadtwerken Düsseldorf um fast 16 % gesenkt werden. Die ständige Anlagen- und Parameteroptimierung wird zu weiteren Energieverbrauchs- und CO₂-Emissionsreduzierungen in den nächsten Jahren führen.

Energiebilanz Deutschland 2001 im Vergleich zu 2000 und 1997

Der Primärenergieverbrauch in Deutschland betrug nach ersten Berechnungen der **Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen** im Jahr 2001 rund 496,9,8 Mill. t SKE (14 565 PJ); das waren 1,4 % mehr als im Vorjahr (489,8 Mill. t SKE; 14 354 PJ), aber rund 0,4 % weniger als das hier zum Vergleich herangezogene Jahr 1997 (498,6 Mill. t SKE; 14 614 PJ).

Primärenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern ¹⁾										
Energieträger	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*	2001*
Primärenergieverbrauch in Mill. t SKE										
Steinkohlen	74,9	73,0	73,0	70,3	71,3	70,5	70,3	67,1	68,5	65,0
Braunkohlen	74,3	67,7	63,5	59,2	57,6	54,4	51,7	50,3	52,8	55,6
Mineralöle	192,0	196,0	194,2	194,1	198,2	196,3	197,1	191,0	187,7	190,1
Naturgase	82,1	86,8	88,4	96,5	107,8	103,1	104,0	103,6	103,2	107,6
dar.: Erdgas, Erdölgas	81,3	86,0	87,6	95,5	106,9	102,1	103,0	102,7	102,2	106,6
Wasserkraft/Windkraft ¹⁾²⁾	2,1	2,1	2,2	2,8	2,5	2,6	2,7	3,1	3,6	3,8
Außenhandelsaldo Strom	-0,7	0,1	0,3	0,6	-0,6	-0,3	-0,1	0,1	0,3	-0,1
Kernenergie	59,1	57,1	56,3	57,4	60,2	63,4	60,2	63,3	63,1	63,7
Sonst. Energieträger	4,6	5,3	6,0	6,0	6,1	8,6	9,6	10,2	10,6	11,2
Insgesamt	488,4	488,1	483,9	486,9	503,1	498,6	495,5	488,7	489,8	496,9
Primärenergieverbrauch in PJoule										
Steinkohlen	2.196	2.139	2.139	2.060	2.090	2.065	2.059	1.967	2.008	1.905
Braunkohlen	2.176	1.983	1.861	1.734	1.688	1.595	1.514	1.473	1.547	1.630
Mineralöle	5.628	5.746	5.693	5.689	5.808	5.753	5.775	5.599	5.500	5.572
Naturgase	2.408	2.546	2.592	2.826	3.161	3.022	3.048	3.038	3.025	3.154
dar.: Erdgas, Erdölgas	2.382	2.520	2.567	2.799	3.132	2.992	3.019	3.010	2.995	3.124
Wasserkraft/Windkraft ¹⁾²⁾	62	64	67	83	73	78	80	91	106	111
Außenhandelsaldo Strom	-19	3	8	17	-19	-9	-2	4	9	-3
Kernenergie	1.733	1.675	1.650	1.682	1.764	1.859	1.764	1.855	1.849	1.867
Sonst. Energieträger	135	154	174	178	181	251	283	297	310	329
Insgesamt	14.319	14.310	14.184	14.269	14.746	14.614	14.521	14.324	14.354	14.565
Struktur des Primärenergieverbrauchs in vH										
Steinkohlen	15,3	15,0	15,1	14,4	14,2	14,1	14,2	13,7	14,0	13,1
Braunkohlen	15,2	13,9	13,1	12,2	11,4	10,9	10,4	10,3	10,8	11,2
Mineralöle	39,3	40,2	40,1	39,9	39,4	39,4	39,8	39,1	38,3	38,3
Naturgase	16,8	17,8	18,3	19,8	21,4	20,7	21,1	21,2	21,1	21,6
dar.: Erdgas, Erdölgas	16,6	17,6	18,1	19,6	21,2	20,5	20,8	21,0	20,9	21,5
Wasserkraft/Windkraft ¹⁾²⁾	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8
Außenhandelsaldo Strom	-0,1	0,0	0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Kernenergie	12,1	11,7	11,6	11,8	12,0	12,8	12,1	13,0	12,9	12,8
Sonst. Energieträger	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,7	1,9	2,1	2,2	2,2
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Veränderungen des Primärenergieverbrauchs gegenüber dem Vorjahr in vH										
Steinkohlen	-5,8	-2,5	0,0	-3,7	1,4	-1,1	-0,3	-4,6	2,1	-5,1
Braunkohlen	-13,1	-8,9	-6,2	-6,8	-2,7	-5,6	-5,0	-2,7	5,0	5,3
Mineralöle	1,4	2,1	-0,9	-0,1	2,1	-1,0	0,4	-3,1	-1,7	1,3
Naturgase	-1,1	5,7	1,8	9,2	11,7	-4,4	0,9	-0,4	-0,4	4,3
dar.: Erdgas, Erdölgas	-1,1	5,8	1,9	9,0	11,9	-4,5	0,9	-0,3	-0,5	4,3
Wasserkraft/Windkraft ¹⁾²⁾	16,7	0,0	4,8	27,3	-10,7	4,0	3,8	14,8	16,1	5,6
Außenhandelsaldo Strom	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Kernenergie	7,7	-3,4	-1,4	2,0	4,9	5,3	-5,0	5,1	-0,3	1,0
Sonst. Energieträger	0,0	15,2	13,2	0,0	1,7	41,0	11,6	6,3	3,9	5,7
Insgesamt	-2,0	-0,1	-0,9	0,6	3,3	-0,9	-0,6	-1,4	0,2	1,4

¹⁾ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes.

Abweichungen in den Summen durch Rundungen.

²⁾ Windkraft von 1995 an.

**Bild 27: Primärenergieverbräuche in Deutschland nach Energieträgern
(Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Internet)**

Die im Vergleich zum Vorjahr deutlich niedrigeren Temperaturen und die schwache konjunkturelle Entwicklung - die Gesamtwirtschaft wuchs 2001 gegenüber 2000 nur um 0,6 % - sind die Ursachen dafür. Temperaturbereinigt ist der Primärenergieverbrauch gegenüber dem Vorjahr leicht gesunken.

Der Mineralölverbrauch erhöhte sich insgesamt um 1,6 % auf rund 190 Mill. t SKE. Dabei stieg der Absatz bei leichtem (16 %) und schwerem (9 %) Heizöl gegenüber dem Vorjahr kräftig. Ursache hierfür waren die kältere Witterung, aber auch der starke Rückgang der Ölpreise im Jahresverlauf, der insbesondere beim leichten Heizöl zu einem kräftigen Lagerbestandsaufbau geführt hat. Der Verbrauch von Ottokraftstoff sank demgegenüber (-2,8 %); auch der Verbrauch von Dieselmotorkraftstoff ging zurück (-1 %).

Der Erdgasverbrauch nahm um 4,3 % auf 106,6 Mill. t SKE zu. Maßgeblich hierfür waren insbesondere der höhere Verbrauch im Haushaltssektor aufgrund der im Vorjahresvergleich deutlich kühleren Witterung und der weiter gestiegenen Zahl erdgasbeheizter Wohnungen. Auch der Erdgaseinsatz im Kraftwerkssektor erhöhte sich. Der industrielle Erdgaseinsatz ging konjunkturbedingt zurück.

Der Verbrauch von Steinkohlen war im Jahr 2001 mit 65,0 Mill. t SKE um 5,1 % niedriger als vor einem Jahr. Dazu trugen sowohl der geringere Steinkohleneinsatz in der Elektrizitätswirtschaft als auch in der Stahlindustrie bei.

Der Braunkohlenverbrauch verzeichnete eine Zunahme um 5,3 % auf 55,6 Mill. t SKE. Die höheren Lieferungen an die Kraftwerke der allgemeinen Versorgung führten zu diesem Anstieg. Hier wirkten sich die Inbetriebnahme der neuen Braunkohlenkraftwerke Lippendorf und Boxberg aus, die erstmals ein volles Jahr lang Strom erzeugten.

Die Stromerzeugung der Kernkraftwerke stieg gegenüber dem Vorjahr leicht.

Der Beitrag der Wasserkraftwerke ging geringfügig zurück, derjenige der Windkraftanlagen nahm dagegen deutlich auf rund 11 Mrd. kWh zu.

Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland nach Sektoren ¹⁾										
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
	in PJoule									
Primärenergieverbrauch	14.319	14.310	14.184	14.269	14.746	14.614	14.521	14.324	14.354	14.565
Verbrauch und Verluste im Energiesektor,	4.276	4.184	4.108	3.985	4.106	4.019	3.915	4.004	4.016	4.055
statistische Differenzen										
Nichtenergetischer Verbrauch	911	887	964	963	953	1.012	1.046	1.035	1.096	1.052
Endenergieverbrauch	9.127	9.233	9.110	9.322	9.687	9.540	9.454	9.285	9.243	9.456
davon:										
Übr. Bergbau und verarb. Gewerbe	2.560	2.432	2.463	2.474	2.424	2.440	2.397	2.384	2.417	2.391
Verkehr	2.522	2.596	2.554	2.614	2.625	2.643	2.691	2.781	2.744	2.686
Haushalte u. Gewerbe, Handel, Dienstl. ²⁾	4.045	4.205	4.093	4.234	4.638	4.457	4.366	4.120	4.082	4.379
Haushalte	2.436	2.617	2.558	2.655	2.890	2.854	2.782	2.612	2.599	2.846
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ²⁾	1.609	1.588	1.535	1.579	1.748	1.603	1.584	1.508	1.483	1.533
	Anteil am Primärenergieverbrauch in vH									
Verbrauch und Verluste im Energiesektor,	29,9	29,2	29,0	27,9	27,8	27,8	27,8	27,9	28,0	27,8
statistische Differenzen										
Nichtenergetischer Verbrauch	6,4	6,2	6,8	6,8	6,5	6,9	7,2	7,3	7,7	7,2
Endenergieverbrauch	63,7	64,6	64,2	65,3	65,7	65,3	65,0	64,8	64,3	65,0
	Anteil am Endenergieverbrauch in vH									
Übr. Bergbau und verarb. Gewerbe	28,1	26,4	27,1	26,5	25,0	25,6	25,4	25,6	26,2	25,3
Verkehr	27,6	28,1	28,0	28,1	27,1	27,7	28,5	30,0	29,7	28,4
Haushalte u. Gewerbe, Handel, Dienstl. ²⁾	44,3	45,5	44,9	45,4	47,9	46,7	46,1	44,4	44,1	46,3
Haushalte	26,7	28,3	28,1	28,5	29,8	29,9	29,4	28,1	28,1	30,1
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen ²⁾	17,6	17,2	16,8	16,9	18,1	16,8	16,7	16,3	16,0	16,2
¹⁾ Primärenergieverbrauch berechnet auf der Basis des Wirkungsgradansatzes.										
²⁾ Einschließlich der in den Energiebilanzen von 1990 - 94 ausgewiesenen statistischen Differenzen beim Strom sowie des Energieverbrauchs der milit. Dienststellen.										
Abweichungen in den Summen durch Rundungen. AG Energiebilanzen 9/02.										

Bild 28: Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland nach Sektoren
(Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energielizenzen; Internet)

Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Deutschland										
Energieträger	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Endenergieverbrauch in Mill. t SKE										
Steinkohle	7,7	6,6	6,6	6,8	6,8	7,5	5,3	5,8	5,5	5,3
Steinkohlenkoks	8,4	7,6	8,2	8,4	8,1	7,8	7,9	7,4	8,4	7,6
Steinkohlenbriketts	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Rohbraunkohle	2,9	1,9	1,3	0,7	0,6	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0
Braunkohlenbriketts	7,0	6,2	4,4	3,5	3,4	2,3	1,4	1,3	0,9	0,9
Braunkohlenkoks	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staub- und Trockenkohle	1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,6
Übrige feste Brennstoffe ¹⁾	1,5	1,9	2,3	3,8	3,8	6,0	6,3	6,6	7,0	7,4
Kraftstoffe	89,0	91,7	90,3	92,0	91,9	92,5	94,2	97,1	95,7	93,7
Heizöl	56,9	58,5	55,9	54,4	59,3	56,2	53,4	45,8	43,7	48,9
darunter: leichtes Heizöl	50,6	52,2	49,9	49,0	54,1	51,0	48,7	41,6	40,1	45,1
Übrige Mineralölprodukte	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,2
Gase	68,4	71,9	72,4	77,1	85,3	81,8	82,4	81,9	81,3	86,0
darunter: Naturgase	58,8	63,1	64,2	69,1	77,5	74,0	74,9	75,1	74,1	78,3
Strom	54,7	54,0	54,7	56,2	57,2	57,9	57,9	58,2	59,0	59,4
Fernwärme	12,2	12,1	11,8	12,5	11,7	10,6	10,6	9,9	11,2	11,8
Insgesamt	311,5	315,1	310,7	318,1	330,6	325,5	322,1	316,7	315,1	322,9
Endenergieverbrauch in PJoule										
Steinkohle	225	190	195	199	201	222	154	170	161	156
Steinkohlenkoks	246	223	240	246	236	230	236	217	246	223
Steinkohlenbriketts	13	14	11	9	10	9	7	6	3	3
Rohbraunkohle	84	54	39	23	17	10	11	8	3	0
Braunkohlenbriketts	206	182	126	103	98	68	41	37	27	25
Braunkohlenkoks	5	2	1	2	1	1	2	2	0	0
Staub- und Trockenkohle	54	56	55	50	49	51	49	45	50	48
Übrige feste Brennstoffe ¹⁾	45	54	69	109	112	175	186	193	204	219
Kraftstoffe	2.608	2.684	2.644	2.695	2.689	2.708	2.758	2.845	2.807	2.737
Heizöl	1.667	1.716	1.639	1.594	1.740	1.645	1.566	1.345	1.279	1.434
darunter: leichtes Heizöl	1.483	1.535	1.461	1.435	1.589	1.496	1.427	1.222	1.174	1.233
Übrige Mineralölprodukte	10	10	14	18	15	17	18	19	16	5
Gase	2.006	2.107	2.124	2.260	2.501	2.400	2.415	2.403	2.382	2.520
darunter: Naturgase	1.724	1.851	1.984	2.025	2.273	2.169	2.196	2.201	2.172	2.295
Strom	1.602	1.586	1.605	1.649	1.676	1.695	1.699	1.703	1.730	1.741
Fernwärme	356	355	349	366	343	309	311	290	334	345
Insgesamt	9.127	9.233	9.111	9.323	9.688	9.540	9.453	9.283	9.241	9.456
Struktur des Endenergieverbrauchs in vH										
Steinkohle	2,5	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3	1,6	1,8	1,7	1,6
Steinkohlenkoks	2,7	2,4	2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,7	2,4
Steinkohlenbriketts	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Rohbraunkohle	0,9	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Braunkohlenbriketts	2,3	2,0	1,4	1,1	1,0	0,7	0,4	0,4	0,3	0,3
Braunkohlenkoks	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Staub- und Trockenkohle	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Übrige feste Brennstoffe ¹⁾	0,5	0,6	0,7	1,2	1,1	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3
Kraftstoffe	28,6	29,1	29,1	28,9	27,8	28,4	29,3	30,7	30,4	29,0
Heizöl	18,3	18,6	18,1	17,1	17,9	17,3	16,6	14,4	13,9	15,1
darunter: leichtes Heizöl	16,2	16,6	16,1	15,4	16,4	15,7	15,1	13,1	12,7	14,0
Übrige Mineralölprodukte	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Gase	21,9	22,8	23,3	24,2	25,8	25,1	25,6	25,9	25,8	26,6
darunter: Naturgase	18,9	20,0	20,7	21,7	23,4	22,7	23,3	23,7	23,5	24,2
Strom	17,5	17,1	17,6	17,7	17,3	17,8	18,0	18,4	18,7	18,4
Fernwärme	3,9	3,9	3,8	3,9	3,5	3,3	3,3	3,1	3,6	3,7
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Einschließl. sonst. Energieträger (Solarthermie, Wärmepumpen u.a.) Abweichungen in den Summen durch Rundungen.
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 9/02.

**Bild 29: Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern
(Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Internet)**

Tabellen- und Bildverzeichnis

- Bild 1: Systemgrenze der Energiebilanz der Stadt Düsseldorf
- Bild 2: Ergebnisse der Energie- und CO₂-Bilanz 1987 bis 2001 für Düsseldorf
- Bild 3: Endenergieverbräuche der Landeshauptstadt Düsseldorf von 1987 bis 2001
- Bild 4: Primärenergieverbräuche der Landeshauptstadt Düsseldorf von 1987 - 2001
- Bild 5: CO₂-Emissionen in Düsseldorf in den Jahren 1987 bis 2001
- Bild 6: Endenergie, Primärenergie und CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren
- Bild 7: Endenergieverbräuche in Düsseldorf im Jahr 2001
- Bild 8: Endenergie/Primärenergie-Faktoren und CO₂-Emissionsfaktoren im Jahr 2001
- Bild 9: Entwicklung der Bevölkerung, der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und des Wohnungsbestands
- Bild 10: Statistische Angaben zu Bauvorhaben in den Jahren 2000, 2001
- Bild 11: Erzeugung u. Beschaffung von Strom u. Fernwärme der Stadtwerke Düsseldorf
- Bild 12: Energiebezüge und Energieverkäufe der Stadtwerke Düsseldorf AG
- Bild 13: Endenergieverbräuche des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbau, Gewinnung von Steine und Erden
- Bild 14: Endenergiebedarf städtischer Gebäude
- Bild 15: Endenergieverbräuche in Düsseldorf im Jahr 2001
- Bild 16: Beförderte Personen, Personen-km und Fahrzeug-km der Rheinbahn
- Bild 17: Kraftfahrzeugbestand in Deutschland in den Jahren 1997, 2000 und 2001
- Bild 18: Kraftfahrzeugbestand in Düsseldorf in den Jahren 1987, 1997 und 2001
- Bild 19: Gesamt-CO₂-Emissionen der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr
- Bild 20: Deckblatt Düsseldorfer Energiezertifikat für Büro- und Verwaltungsgebäude
- Bild 21: Umrechnungsfaktoren
- Bild 22: Zusammensetzung des Kraftwerksparks der Stadtwerke Düsseldorf AG
- Bild 23: Ermittlung von CO₂-Emissionsfaktoren und Endenergiefaktoren
- Bild 24: Gesamtstrombedarf der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr
- Bild 25: Gesamtwärmebedarf der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr
- Bild 26: Gesamt-CO₂-Emissionen der 13 ESP-Objekte nach dem 2. Abrechnungsjahr
- Bild 27: Primärenergieverbräuche in Deutschland nach Energieträgern
- Bild 28: Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland nach Sektoren
- Bild 29: Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern