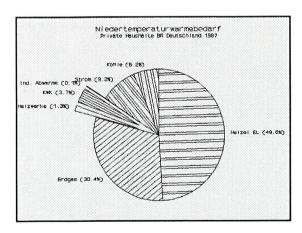


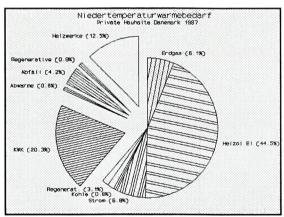


DANSK TEKNOLOGISK INSTITUT

Jobst Klien, Michael Rentz / IWU Darmstadt Nick B.Andersen, Mikael Grimmig / DTI Taastrup, Dänemark

Vergleichende Untersuchung der CO₂-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland und Dänemark





Untersuchung im Auftrag des Ministers für Soziales, Gesundheit und Energie des Landes Schleswig-Holstein

Reprotechnik: Reda Hatteh

Institut Wohnen und Umwelt GmbH Darmstadt Dansk Teknologisk Institut Taastrup, Dänemark September 1990 ISBN-NR. 3-927846-09-0

Inhaltsverzeichnis

- 0. Kurzfassung
- 1. Ausgangslage und Zielsetzung
- 2. Vergleich der wesentlichen volkswirtschaftlichen, geographischen und energetischen Rahmendaten
 - 2.1 Übersicht
 - 2.2 Vergleichsprobleme
 - 2.3 Die ${\rm CO_2}$ -Emissionen der Energiegewinnungs- und -umwandlungssektoren
 - 2.3.1 Strom- und Fernwärmeerzeugung
 - 2.3.2 Sonstige
 - 2.3.3 Zusammenfassung
- 3. Untersuchung der Effizienz der Energienutzung und der Energieversorgung in den Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser
 - 3.1 Gebäude- und Siedlungsstrukturen
 - 3.2 Vergleich des gesamten Niedertemperaturwärmebedarfs und Ermittlung der zugehörigen CO₂-Emissionen
 - 3.3 Vergleich der spezifischen Emissionen im Bereich der Wohngebäude
 - 3.3.1 Der spezifische Niedertemperaturwärmebedarf
 - 3.3.2 Der Einfluß der Versorgungssysteme
- 4. Die CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren
 - 4.1 Private Haushalte
 - 4.2 Kleinverbraucher
 - 4.3 Industrie
 - 4.4 Verkehr
 - 4.5 Zusammenfassende Bewertung

Anlagenband

0. Kurzfassung

Die Weltklimakonferenz in Toronto hält weltweit eine Reduktion von ${\rm CO_2}$ -Emissionen um 20% bis zum Jahre 2005 und durchschnittlich mindestens um 50% bis zum Jahre 2050 für notwendig, um die Folgen des Treibhauseffekts einigermaßen hinreichend zu begrenzen.

Aus einem Vergleich der unterschiedlichen Energienutzung und der Energiebedarfsdeckung in der Bundesrepublik Deutschland und Dänemark sollen Ansatzpunkte für eine wirtschaftlich vertretbare und mittelfristig umsetzbare energiepolitische Strategie herauskristallisiert werden, die die Risiken aus dem Einsatz von fossilen und von Kernbrennstoffen senkt.

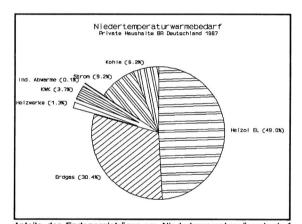
In Dänemark sind die CO₂-Emissionen bezogen auf das Inlandsprodukt und pro Kopf der Bevölkerung geringfügig niedriger als in der Bundesrepublik Deutschland, obwohl 1985 der Verzicht auf die Nutzung der Kernenergie politisch beschlossen wurde. Dabei liegen die energiespezifischen Emissionen um 19% über denen der Bundesrepublik Deutschland, im Bereich der Stromerzeugung sogar um über 45%. Auf der anderen Seite wird in der Bundesrepublik Deutschland erst zwischen 15 und 20% des in Dänemark bereits erschlossenen Potentials der öffentlichen Stromerzeugung zur Fernwärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt.

Folgerichtig zeichnen sich die wesentlichen handlungsrelevanten Ergebnisse dieser Studie bei der Analyse des Niedertemperaturwärmemarktes ab, der in Schleswig-Holstein über 50% der CO₂-Emissionen verursacht (BR Deutschland 35%). Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichsten Vergleichsdaten:

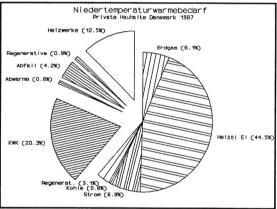
Vergleich der spezifischen Energiebedarfs- und Emissionswerte im Niedertemperaturwärmemarkt 1987

	Nutzenergie kWh/(m ² *a)	Endenergie kWh/(m ² *a)	Primärenergie kWh/(m²*a)	CO ₂ -Emission kg/(m ² *a)	
BR Deutschland	161	231	281	67	
Schleswig-Holst.	170	244	291	70	
Dänemark	131	168	188	49	
Dänemark/BRD	 81%	73%	 67%	73%	
			07 76	73%	

Der spezifische Primärenergiebedarf für die Niedertemperaturwärmeerzeugung liegt in Dänemark um ein Drittel niedriger als in der Bundesrepublik Deutschland. Die Differenz zwischen den Primärenergieeinsätzen ist jeweils etwa zur Hälfte aus dem besseren baulichen Standard und aus dem effizienteren Versorgungssystem in Dänemark zu erklären. Hauptursache in der Versorgung ist der hohe Versorgungsanteil der Fernwärme in Dänemark, der dazu führt, daß bereits gut 25% des Raumwärmemarktes aus Kraft-Wärme-Kopplung und anderen Abfallenergien versorgt wird, während dieser Anteil in der Bundesrepublik Deutschland im Bereich der Wohngebäude nur bei 3,8% und insgesamt bei 5,1% liegt. Die etwas geringere Reduktion bei CO₂ ist auf den ungünstigeren Energieträgermix (sehr hoher Kohleanteil) zurückzuführen.



Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte in der BR Deutschland 1987



Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte in Dänemark 1987

1. Ausgangslage und Zielsetzung

Die Weltklimakonferenz in Toronto hält weltweit eine Reduktion von CO₂-Emissionen um 20% bis zum Jahre 2005 und durchschnittlich mindestens um 50% bis zum Jahre 2050 für notwendig, um die Folgen des Treibhauseffekts einigermaßen hinreichend zu begrenzen. Wegen der großen Unterschiede im Energieeinsatz sowie der zu erwartenden Entwicklungen der Bevölkerungszahlen und der Wirtschaft in den Entwicklungsländern müssen die Reduktionsraten in den Industrieländern wesentlich höher liegen.

Aus einem Vergleich der unterschiedlichen Energienutzung und der Energiebedarfsdeckung in der Bundesrepublik Deutschland und Dänemark sollen Ansatzpunkte für eine wirtschaftlich vertretbare und mittelfristig umsetzbare energiepolitische Strategie herauskristallisiert werden, die die Risiken aus dem Einsatz von fossilen und von Kernbrennstoffen senkt.

2. Vergleich der wesentlichen volkswirtschaftlichen, geographischen und energetischen Rahmendaten

2.1 Übersicht

Tabelle 2-1 zeigt einen Vergleich der wesentlichen Strukturdaten zwischen der Bundesrepublik Deutschland, Schleswig-Holstein und Dänemark. Die Einwohnerdichte in
Dänemark ist etwa halb so groß wie in der Bundesrepublik und immer noch ein Viertel
geringer als in Schleswig-Holstein.

Die Wirtschaftskraft (Bruttoinlandsprodukt pro Kopf) ist in Dänemark etwa gleich, die spezifischen Primärenergie- und Stromverbräuche sind allerdings in jeder Beziehung deutlich niedriger. Hierdurch liegen die spezifischen CO₂-Emissionen bezogen auf das Inlandsprodukt und pro Kopf der Bevölkerung geringfügig niedriger als in der Bundesrepublik Deutschland.

Tab.2-1 Strukturdaten 1987

	Bundesrepublik Deutschland	Schleswig- Holstein	Dänemark	Dän./BRD
Bevölkerung in 1000 Einwohner	61.077,0	2.554,0	5.125,0	
Fläche in km2	248.709,3	15.727,9	43.092,0	
Einwohnerdichte in EW/km2	245,6	162,4	118,9	48,4%
Erwerbstätige in 1000 ET	26.493,5	1.121,4	2.907,1	
Bruttoinlandprod. zu Marktpreisen in Millionen DM	2.012.620	69.729	172.700	
BIP/ET in DM/ET	75.966,6	62.178,9	59.406,5	78,2%
BIP/EW	32.952,2	27.301,9	33.697,6	102,3%
Primärenergiever. in PJ/a	11.372,0	458,0	796,0	
Stromverbrauch in PJ/a	1.417,0	41,0	99,4	
Energieintensität des BIP in kJ/DM	5.650,3	6.568,2	4.609,1	81,6%
Stromintensität des BIP in kJ/DM	704,1	588,0	575,6	81,7%
Spez.PE-Verbrauch in GJ/EW	186,2	179,3	155,3	83,4%
Spez. Stromverbr. in GJ/EW	23,2	16,1	19,4	83,6%
CO2-Emission in Mill. t/a	705,4	27,5	58,7	
Spez.CO2-Emission in t/TJ	62.026,6		73.703,5	118,8%
Spez.CO2-Emission in t/EW	11,5	10,8	11,4	99,1%
CO2-Intensität des BIP in g/DM	350,5	394,4	339,7	96,9%

Diese günstigen Werte werden erreicht, obwohl in Dänemark 1985 der Verzicht auf die Kernenergie politisch beschlossen wurde und u.a. infolge dessen die energiespezifischen Emissionen im Durchschnitt um 19% über den vergleichbaren Werten der Bundesrepublik Deutschland liegen, wo Kernenergie mit einem Anteil von etwa 11% die entsprechende Menge fossiler Brennstoffe in der Stromerzeugung verdrängt hat.

Tabelle 2-2 zeigt den Vergleich der eingesetzten Primärenergieträger und die hieraus resultierenden CO₂-Emissionen:

Tab. 2-2 Vergleich des Primärenergieverbrauchs und der CO2-Emissionen nach Energieträgern zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Dänemark 1987 (abzüglich nichtenergetischem Verbrauch)

	Primär	energiev	erbra	uch	CO2-Emiss	ionen			
	Bundes	republik	Däne	emark	Spezifisc	h Bundesi	epublil	k Dänema	rk
	Deutso	hland				Deutsch	land		
	PJ/a	Anteil	PJ/a	Anteil	t/TJ	1000 t/a	a Ant.	1000 t/a	a Ant.
									
Steinkohle	2.181	20,4%	299	37,5%	91.400	199.298	28,3%	27.329	46,6%
Braunkohle	901	8,4%			104.800	94.372	13,4%		
Mineralöle	4.268	39,9%	381	47,9%	75.800	320.100	45,4%	28.575	48,7%
Gase	1.789	16,7%	54	6,8%	51.200	91.597	13,0%	2.765	4,7%
Kernenergie	1.234	11,5%							
Wasserkraft (*)	210	2,0%	23	2,9%					
Sonstige	103	1,0%							
Regenerative			39	4,9%					
Gesamt	10.685	100,0%	796	100,0%		705.367	100,0%	58.669	100,0%

^(*) incl. Außenhandelssaldo Strom

2.2 Vergleichsprobleme

Der Vergleich der globalen volkswirtschaftlichen Daten ist zu grob, um Aussagen über die Ursachen der Unterschiede in den spezifischen CO₂-Emissionen treffen zu können. Bestimmungsfaktoren für die Höhe der CO₂-Emissionen sind im wesentlichen:

- Struktur und Menge der nachgefragten Energiedienstleistungen (EDL)
- Effizienz der EDL-Bereitstellung im Anwendungsbereich
- Effizienz der vorgelagerten Prozeßkette (Gewinnung, Umwandlung, Transport und Verteilung)
- Art der eingesetzten Primärenergieträger (Energieträgermix)

Eine ausführliche Analyse aller dieser Einflußfaktoren ist in im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich, die Analyse kann derzeit auf Grund der mangelhaften Datenlage nur exemplarisch für einige der in Abb. 2.2-1 dargestellten Anwendungsbereiche durchgeführt werden.

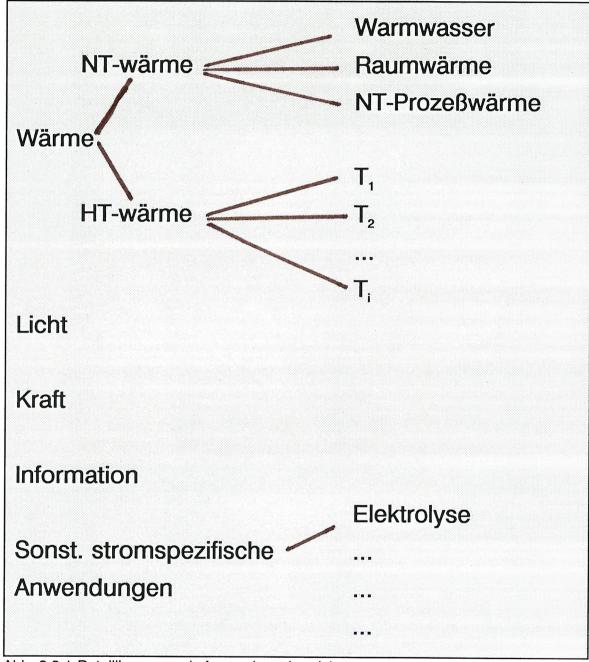


Abb. 2.2-1 Detaillierung nach Anwendungsbereichen

Eine differenziertere Betrachtung erfordert theoretisch die Analyse einzelner Energie-Anwendungsbereiche mit einer Bewertung der gesamten vorgelagerten Prozeßkette, um eine eindeutige und vergleichbare Zuordnung der CO₂-Emissionen zur Energiedienstleistung vornehmen zu können. Das Bewertungsproblem besteht dann im Finden

geeigneter Bezugsgrößen für die Energiedienstleistung. Diese Form der Analyse erfordert jedoch die Erstellung von Nutzenergiebilanzen (und möglichst Exergiebilanzen), die für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland erst in Ansätzen existieren. Trotzdem kann in einzelnen Bereichen ein solcher aussagekräftiger Vergleich vorgenommen werden (s. Kap. 3: Niedertemperaturwärmebedarf), der einen genaueren Blick auf die tatsächlichen Ursachen der Unterschiede erlaubt. Dabei werden zunächst die Emissionen der Umwandlungssektoren ermittelt, um sie dann den einzelnen Anwendungsbereichen oder Verbrauchssektoren entsprechend dem Endenergieverbrauch zuordnen zu können.

Im letzten Schritt (Kap. 4) erfolgt eine Differenzierung nach Hauptverbrauchssektoren, um weitere Anhaltspunkte für genauere Untersuchungen zu erhalten. In der Statistik der Bundesrepublik sind dies die Sektoren:

- Haushalte
- Kleinverbraucher (Kleingewerbe und öffentliche Gebäude)
- Industrie
- Verkehr

Innerhalb der Sektoren Kleingewerbe und Industrie kann eine weitere Unterteilung entlang der "Systematik der Wirtschaftszweige" des statistischen Bundesamtes vorgenommen werden. An dieser Stelle ergeben sich Abgrenzungsprobleme zu den dänischen Statistiken, die aber nicht ausführlicher behandelt werden.

2.3 Die CO₂-Emissionen der Energiegewinnungs- und umwandlungssektoren

Die CO₂-Emissionen dieser Sektoren werden anders als in sonstigen Untersuchungen den Verbrauchssektoren (Kap. 2.4) über die jeweiligen Endenergieverbräuche als vorgelagerte Prozeßkette zugeordnet und deshalb in der Zusammenfassung nicht mehr aufgeführt. In den Statistiken für die Bundesrepublik Deutschland umfaßt dies die Sektoren

- Kohlebergbau
- Mineralöl- und Erdgasgewinnung und -verarbeitung
- Gewinnung und Herstellung von Spalt- und Brutstoffen
- Öffentliche und industrielle Stromerzeugung und Fernwärmeversorgung.

Durch dieses Verfahren ist die Gleichbehandlung aller Endenergieträger und eine eindeutige Zuordnung der CO₂-Emissionen zu den jeweiligen Produkten bzw. Verbrauchssektoren gewährleistet. Anderenfalls würden beispielsweise Industrieprodukte, die mit hohen elektrischen Energieeinsätzen erzeugt werden, systematisch zu günstig bewertet.

Die Ermittlung der Emissionsfaktoren der vorgelagerten Prozeßketten und der Umwandlungssektoren ist in einem eigenen Projekt umfassend behandelt /GEMIS 89/ und wurde auch in den Arbeiten der Enquete-Kommission zum Schutz der Erdatmosphäre zu Grunde gelegt. Aus diesem Grunde werden an dieser Stelle nur die wichtigsten Ergebnisse und Faktoren ergänzt durch eigene Abschätzungen der dänischen Emissionsfaktoren dargestellt, die die Zuordnung der Faktoren zu den Verbrauchssektoren bestimmen.

2.3.1. Strom- und Fernwärmeerzeugung

Strom- und Fernwärmeerzeugung stellen den wesentlichen und emissionsintensivsten Anteil des Umwandlungssektors dar. In der Bundesrepublik Deutschland stammen etwa 34% der CO₂-Emissionen aus diesem Sektor (258 Mill. t/a /ECH 89/), in Dänemark sind es sogar fast 46% (27,7 Mill. t/a). Ursache für diesen hohen Anteil in Dänemark sind:

- Stromerzeugung zu 94,4% auf der Basis von Kohle (BR Deutschland 51,7%)
- Fernwärmeerzeugung zu 60,6% auf Basis von Kohle (BR Deutschland 53%)
- Fernwärmeerzeugung deckt in Dänemark fast den sechsfachen Anteil des Niedertemperaturwärmebedarfs gegenüber der Bundesrepublik Deutschland, so daß ein größerer Anteil der aus diesem Anwendungsbereich verursachten Emissionen im Umwandlungssektor entsteht.

Wegen der engen Verknüpfung der beiden Bereiche über die gekoppelte Erzeugung von Fernwärme und Strom (Kraft-Wärme-Kopplung) werden sie an dieser Stelle gemeinsam behandelt. Die Methodik der Ermittlung von Emissionen bzw. Emissionsgutschriften ist in /GEMIS/ erläutert.

Tabelle 2.3.1-1 zeigt die wichtigsten energetischen Kenndaten der Strom- und Wärmeerzeugung, die detaillierte Berechnung befindet sich im Anhangband (Anhang B1).

Tabelle 2.3.1-1: Kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland, Schleswig-Holstein und Dänemark 1987

	BR Deuts Kond KW PJ/a		SchleswHols Fernwärme HKW PJ/a		Dänemark KondKW zuzurechn. PJ/a	Gesamt PJ/a
Strom ne. Wärme br. Brennst.	1231 0 3386	82 267 400	56 (3,3) 167 (12,0) 278 (16,9)	1370 434 4064	250.8	86.9 51.9 276.0
$\eta_{ m el}$ ne. $\eta_{ m th}$ $\eta_{ m ges}$	36.4% 0.0% 36.4%	66.8%	20.2% (19,4% 60.2% (64,8% 80.4% (84,2%	3) 10.7%	34.6%	31.5% 18.8% 50.3%

(Nettostromerzeugung)
(Bruttowärmeerzeugung;
Netzverluste BRD: 11%
Netzverluste Dänemark: 25%)

Anteil der Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung BRD: 10.1%

davon für Fernwärmeerzeugung: 4.6% für industrielle KWK : 6.5%

Anteil der Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung in Dänemark: >25%

Der Vergleich zeigt, daß in der Bundesrepublik erst zwischen 15% und 20% des in Dänemark bereits erschlossenen Potentials der öffentlichen Stromerzeugung zur Fernwärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt wird.

Wegen des hohen Anteils der Stromerzeugung in KWK in Dänemark (2,5 mal höher als in der BR Deutschland) liegt hier der energetische Gesamtwirkungsgrad der Kraftwerke bereits deutlich über 50% mit stetig ansteigender Tendenz (BR Deutschland 44%). Unter Berücksichtigung der Energieträgerzusammensetzung und der Emissionen in der sonstigen Fernwärmeerzeugung (nicht Kraftwerk) ergeben sich die folgenden spezifischen Emissionsfaktoren in den Umwandlungsbereichen:

Tabelle 2.3.1-2 Spezifische Emissionsfaktoren in kg/TJ Endenergie 1987

	KondStrom	Fernwärme
BR Deutschland	176.000	66.000
Schleswig-Holstein	176.000	76.700
Dänemark	260.600	67.100

Die hohen spezifischen Emissionsfaktoren in Dänemark sind zum einen auf den bereits angeführten ungünstigen Energieträgermix (sehr hoher Kohleanteil von 95%) zurückzuführen, zudem beträgt der Anteil der Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung erst ca. 52% (womit allerdings etwa 20% des Wärmebedarfs gedeckt werden, s.u.).

Für Schleswig-Holstein wurden wegen des Stromaustauschs über das Verbundnetz die gleichen Emissionsfaktoren für elektrische Energie angesetzt, wie für die gesamte Bundesrepublik Deutschland.

2.3.2. Sonstige

Die Emissionen der sonstigen Energiegewinnungs- und Umwandlungsbereiche sind bisher nur z.T. erfaßt oder strittig (Uranaufbereitung). Als größter Verursacher in diesem Bereich ist die Mineralölverarbeitung anzusehen, die in der Bundesrepublik Deutschland mit 15,5 Mill. t einen Anteil von knapp 2% aufweist, so daß dieser Bereich im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht genauer beleuchtet werden muß. Die Emissionen dieser Bereich werden deshalb pauschal in Kap. 2.3.3. als indirekte Emissionen der vorgelagerten Prozeßkette auf Grundlage von /GEMIS/ ausgewiesen.

2.3.3. Zusammenfassung

Tabelle 2.3.3-1 zeigt zusammengefaßt die endenergiebezogenen Emissionsfaktoren für die verschiedenen Verbrauchssektoren. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, daß hiermit noch kein Vergleich der Endenergieträger bezüglich der Effizienz getroffen werden kann. Hierzu müssen die Emissionen in den einzelnen Anwendungsbereichen auf die Nutzenergie bzw. Energiedienstleistung bezogen werden. Für die Fernwärme gilt beispielsweise, daß die nutzenergiebezogenen Emissionsfaktoren bereits 1987 unter denen des Erdgases liegen und das zukünftige Potential zur Senkung um mindestens den Faktor zwei über dem des direkten Erdgaseinsatzes liegt (s.a Kap.3).

Tabelle 2.3.3-1 Spezifische CO₂-Emissionsfaktoren in kg/TJ Endenergie 1987

	Brennstoffe direkt		kt gesamt	KW und indire	IND kt gesamt
Heizöl	73000	6900	79900	6400	79400
Erdgas	55000	3100	58100	2950	57950
Steinkohle	93000	3400	96400	2950	95950
Braunkohle	112000			3200	115200
Uran	0	0	0	4700	4700
Sonstige		0	0		40400
Strom BRD	0	176000	176000	176000	176000
Strom Dän.	0	260600	260600	260600	260600
Fernwärme	0	66000	66000	66000	66000
Fernwärme	0	76700	76700	76700	76700
Fernwärme	0	67100	67100	67100	67100

(BR Deutschland) (Schleswig-Holstein) (Dänemark) 3. Untersuchung der Effizienz der Energienutzung und der Energieversorgung in den Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser

3.1. Gebäude- und Siedlungsstrukturen

Für die Nichtwohngebäude in der Bundesrepublik Deutschland liegen keine ausreichenden Informationen vor, da dieser Bereich in der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 aus Kostengründen ausgeschlossen wurde. Ein aussagekräftiger Vergleich über Rahmendaten kann daher nur für Wohngebäude erfolgen.

Tabelle 3.1-1: Vergleich der Anzahl der Wohngebäude nach Gebäudealtersklassen 1987

	bis 1948 (49)	1949 bis 78	ab 1979	
BR Deutschland Schleswig-Holst. Dänemark	30,8% < 89% 42,6%	58,4% > 46,2%	10,8% 11,0% 11,2%	100% 100% 100%
Dänemark/BRD	138%	79%	104%	

Der Anteil der vor 1948 gebauten Gebäude liegt in Dänemark deutlich höher als in der Bundesrepublik, während im Neubaubereich seit 1979 nahezu keine Unterschiede festzustellen sind. Insgesamt ist die Gebäudesubstanz in Dänemark also deutlich älter als in der Bundesrepublik Deutschland.

Einen Hinweis auf die Kompaktheit der Gebäude gibt die Aufteilung auf die Hauptgebäudetypen Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) und Mehrfamilienhäuser in Tabelle 3.1-2. Der Formfaktor als Maß für die Kompaktheit ist neben dem Dämmstandard die wesentlichste Einflußgröße auf den Wärmebedarf eines Gebäudes.

Tab. 3.1-2 Wohnflächenanteile nach Gebäudetypen 1987

	EZFH	MFH	Gesamt
BR Deutschland	58,2%	41,8%	100%
Schleswig-Holst.	66,4%	33,6%	100%
Dänemark	70,9%	29,1%	100%
Dänemark/BRD	122%	70%	

Die Kompaktheit der Gebäudestruktur ist in Dänemark offensichtlich wesentlich geringer, als in der Bundesrepublik Deutschland, die Siedlungsstruktur wegen des hohen Anteils von freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern offener (s.Anhang).

Tab. 3.1-3 Wohnflächen und Belegung

	Mittl.Wohnfl. m²/WE	Belegung EW/WE	Spez.Wohnfläche m²/EW
BR Deutschland	85	2,35	36
Schleswig-Holst.	86	2,23	39
Dänemark	108	2,22	49
Dänemark/BRD	127%	94%	136%

Das Komfortniveau ist in Dänemark mit den deutlich größeren verfügbaren spezifischen Wohnflächen höher als in der Bundesrepublik Deutschland.

3.2. Vergleich des gesamten Niedertemperaturwärmebedarfs und Ermittlung der zugehörigen CO₂-Emissionen

Der Niedertemperaturwärmebedarf ist mit ca. 35% Anteil am Endenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland der größte und homogenste Anwendungsbereich. Er umfaßt die Anwendungen Raumwärme und Warmwasser in den Verbrauchssektoren Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie. Die wichtigsten Einflußparameter auf die Ener-

gieeffizienz sind der Dämmstandard, die Struktur und Effizienz der verschiedenen Stufen der Energieumwandlung und -verteilung, die meteorologischen Randbedingungen und das Verbraucherverhalten bzw. Komfortniveau (z.B. gewünschte Raumtemperaturen, Warmwasserverbrauch, Lüftungsverhalten etc.). Insbesondere der letzte Einflußparameter konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht quantifiziert werden, es ist aber nicht anzunehmen, daß sich das Verbraucherverhalten in Dänemark und der Bundesrepublik Deutschland sehr stark unterscheidet. Die spezifischen CO₂-Emissionen werden außerdem durch die eingesetzten Primärenergieträger bestimmt.

Weiterhin muß darauf hingewiesen werden, daß Nutzenergiebilanzen in der Bundesrepublik Deutschland bisher nicht erstellt wurden und damit ein wichtiges Glied der Energienutzungskette nicht betrachtet wurde. Erst in jüngster Zeit wurden - insbesondere
angeregt durch die Arbeiten der Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages - derartige Bilanzen erstellt. Auf diesen Studien basieren im wesentlichen die hier vorgelegten Zahlen und Fakten für den Bereich
der Bundesrepublik Deutschland.

Die Tabelle 3.2-1 zeigt für den Bereich der Bundesrepublik Deutschland die Anteile der Endenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs in der Bundesrepublik Deutschland sowie die dadurch verursachten CO₂-Emissionen.

Tab.3.2-1. Niedertemperaturwärmebedarf in der Bundesrepublik Deutschland 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

	Endener	gie		1	Niedertem	peratur	wärmebe	darf	CO2-Emis	sionen		
	Raum₩.	Warmw.	Gesamt	Anteil F	Raumw. Wa	rmw.	Gesamt	Anteil	Raum₩.	Warmw.	Gesamt	Anteil
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%	1000 t/a	1000 t/a	1000 t/a	ı %
Mineralöl	1.274	126	1.400	49,5%	6 890	52	942	47,5%	101.802	10.068	111.871	49,2%
Gase	774	101	875	30,9%	6 551	47	598	30,1%				,
Kohle	170	6	177	6,2%	6 107	3	110	5,5%	16.428	594	17.023	
Strom	118	91	209	7,4%	6 111	86	197	9,9%	20.688	16.097	36.785	16,2%
Fernwärme	147	19	167	5,9%	126	10	137	6,9%	9.718	1.277	10.995	4,8%
Sonstige	0	0	0	0,0%	6 0	0	0	0,0%	0	0	0	0,0%
Summe	2.484	344	2.827	100,0%	1.785	198	1.983	100,0%	193.629	33.886	227.515	100,0%

Durch Niedertemperaturwärmeerzeugung werden in der Bundesrepublik Deutschland 227 Millionen t CO₂ entsprechend etwa 30% des Gesamtausstoßes emittiert. Mit 145 Millionen t verursachen die privaten Haushalte etwa 64%, die Kleinverbraucher (mit 64 Millionen t) 28% und die Industrie (mit 18 Millionen t) die restlichen 8%.

Die Anteile der Endenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs zeigt Abbildung 3.2-1:

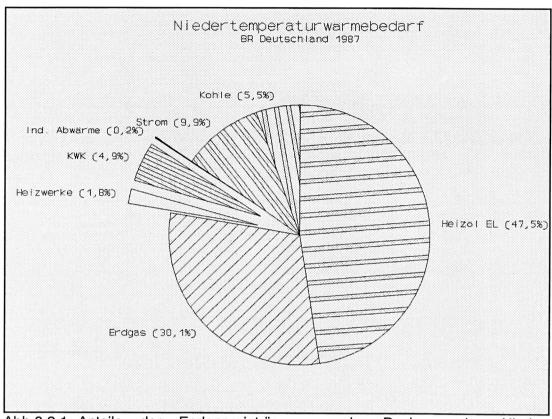


Abb.3.2-1 Anteile der Endenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs in der BR Deutschland 1987

Für das Land Schleswig-Holstein lassen sich vergleichbare Werte wegen der mangelhaften Datenlage im Bereich des Nutzenergiebedarfs nicht ermitteln. In der folgenden Tabelle 3.2-2 läßt sich für Dänemark der Warmwasserbedarf nicht gesondert ausweisen, da die in den angegebenen Einheitsverbräuchen enthaltenen Werte nicht vergleichbar erscheinen.

Tab.3.2-2. Niedertemperaturwärmebedarf in Dänemark 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

	Nutzenergie Wohngebäude PJ/a	Nichtwohngeb. PJ/a	Gesamt PJ/a	Anteil	Nutzungs- grad	Endenerg Wohngeb. PJ/a	ie Nichtwohng. PJ/a	Gesamt PJ/a
Fernwärme	45.5	23.4	68.8	39.1%	92%	49.5	25.5	75.0
Erdgas	7.1	4.4	11.5	6.6%	72%	9.9	6.1	16.0
Heizöl	52.2	25.5	77.7	44.2%	71%	73.8	36.2	110.0
Elektro	8.0	2.8	10.7	6.1%	95%	8.4	2.9	11.3
Kohle	1.0	0.5	1.5	0.9%	55%	1.8	1.0	2.8
Regenerat.	3.6	2.0	5.6	3.2%	55%	6.6	3.6	10.2
Gesamt	117.3 66.7%	58.6 33.3%	175.9 100.0%	100.0%	78%	150.0	75.3	225.3

Die Niedertemperaturwärmeerzeugung verursacht in Dänemark 17,8 Millionen t CO_2 entsprechend ebenfalls etwa 30% der Gesamtemission, von denen 68% den Wohngebäuden zuzurechnen sind.

Die Anteile der Endenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs zeigt die Abbildung 3.2-2.

Auffallend ist der in Dänemark - trotz der ländlichen Grundstruktur und des hohen Anteils von Ein- und Zweifamilienhäusern - hohe Fernwärmeanteil von fast 40%, in dem die ölgefeuerten Blockheizzentralen noch nicht enthalten sind. In der Bundesrepublik Deutschland ist dieser Anteil trotz der hohen Besiedlungsdichten mit 6,9% deutlich geringer. Die elektrische Wärmeerzeugung hat dagegen in der Bundesrepublik insbesondere auch durch die elektrische Warmwasserbereitung einen wesentlich höheren Anteil (9,9%) als bisher angenommen, in Dänemark liegt sie mit 6,9% deutlich darunter.

Da für die Nichtwohngebäude in der Bundesrepublik keine Flächenangaben vorliegen, kann ein aussagekräftiger Vergleich über die Effizienz der Wärmeversorgung nur in einer Detaillbetrachtung des Sektors der privaten Haushalte vorgenommen werden.

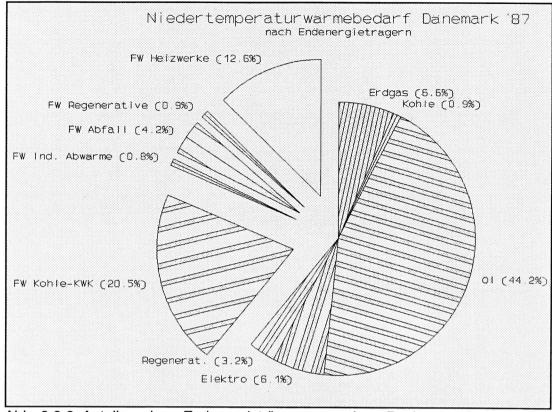


Abb. 3.2-2: Anteile der Endenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs in Dänemark 1987

3.3. Vergleich der spezifischen Emissionen im Bereich der Wohngebäude

3.3.1 Der spezifische Niedertemperaturwärmebedarf

Da für Dänemark keine schlüssigen Warmwasserverbrauchsdaten vorlagen, wurde der spezifische Niedertemperaturwärmebedarf der Wohngebäude verglichen. In diesen Werten sind Aussagen über den spezifischen Raumwärmebedarf und über den spezifischen Warmwasserverbrauch (Verbraucherverhalten) zusammengefaßt, die sich nicht eindeutig trennen lassen.

Faßt man die Werte für die Wohngebäude nach Hauptgebäudetypen zusammen, so ergeben sich die spezifischen Werte für den Niedertemperaturwärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) in Tabelle 3-1. Der spezifische Nutzwärmebedarf Raumwärme wurde dabei mit Hilfe der Gebäudetypenmethode durch eine detaillierte Betrachtung von insgesamt dreißig für die BR Deutschland repräsentativen Gebäudetypen in sieben Gebäudealtersklassen ermittelt und dann auf die in der Gebäude- und Wohnungszählung bzw. in einer Sonderauswertung für Schleswig-Holstein berücksichtigten Gebäudealtersklassen aggregiert. Hier wäre zukünftig anzustreben, Kenn-

werte aus einer zu entwickelnden regionalen Gebäudetypologie Schleswig-Holstein zu verwenden (s.u.), die sich in vielen Punkten erheblich von der BRD-Typologie unterscheiden wird. Hier wäre beispielsweise die in Norddeutschland traditionell weit verbreitete zweischalige Bauweise zu erwähnen, die in der BRD-Typologie lediglich durch einen Gebäudetyp repräsentiert wird. Dies wiederum kann erhebliche Auwirkungen auf Art, Rangfolge und Wirtschaftlichkeit von baulichen Sparmaßnahmen haben. Für Dänemark lagen Nutzenergiebedarfswerte für Raumwärme und Warmwasser zusammengefaßt (Niedertemperaturwärmebedarf) vor.

Tabelle 3-1: Vergleich des spezifischen Niedertemperaturwärmebedarfs von Wohngebäuden 1987 in kWh/(m²*a)

	EZFH	MFH	Gesamt
BR Deutschland	168	150	161
Schleswig-Holst.	173	164	170
Dänemark	125	146	131

Unabhängig von Vorbehalten, die im wesentlichen die Aufteilung des Wärmebedarfs betreffen, bleibt in der Summe jedoch festzustellen, daß der spezifische Niedertemperaturwärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser (bezogen auf die Wohnfläche) trotz der ungünstigeren Siedlungsstruktur um 19% unter dem der Bundesrepublik Deutschland und um 23% unter dem Schleswig-Holsteins liegt. Ursache hierfür ist im wesentlichen ein besserer Dämmstandard, unwägbar bleibt allerdings der Einfluß des Verbraucherverhaltens auf die ermittelten Verbräuche.

Im Neubaubereich liegen die nach der dänischen Wärmeschutzverordnung zu erreichenden Werte mit ca. 100 kWh/(m²*a) um mindestens ein Drittel unter den nach der gültigen Wärmeschutzverordnung in der Bundesrepublik Deutschland vorgeschriebenen Werten von 150 bis 180 kWh/(m²*a). Ab 1993 wird dieser Wert in Dänemark auf 75 kWh und im Jahr 2000 auf 50 kWh/(m²*a) reduziert werden.

Nach den Erfahrungen mit bisherigen Datenauswertungen aus der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 und in Hinblick auf die empfohlene Gebäudetypologie Schleswig-Holstein sollten in Zukunft die folgenden Anforderungen an Sonderauswertungen gestellt werden:

- Einbeziehung aller Wohneinheiten, dabei gesondertes Ausweisen der Wohneinheiten in Gebäuden mit überwiegender Wohnheimnutzung und von Ferienwohneinheiten
- Aufteilung auf acht Gebäudealtersklassen und zwei Gebäudetypen (EZFH und MFH) mit Angabe der jeweiligen durchschnittlichen Wohnflächen
- Jeweils Einbeziehung aller Heizsysteme und Beheizungsarten, wobei bei den Beheizungsarten eine Aufteilung auf zentrale (Zentralheizungen und Gasetagenheizungen) und dezentrale (Ofenheizungen und sonstige Etagenheizungen) Systeme vorgenommen werden sollte
- Ausschließen von Doppel- und Dreifachzählungen durch Zuordnung auf einen Hauptenergieträger bei Ofenheizungen mit mehr als einer Energieart (hier wäre eventuell eine Stichprobenuntersuchung sinnvoll, obwohl der Bereich insgesamt nicht sehr ergebnisrelevant ist)

Die hohe Anzahl der Gebäudealtersklassen ist deshalb sinnvoll, um in zukünftigen Energiekonzepten und im vorgesehenen Wärmeatlas Schleswig-Holstein die Energiesparpotentiale durch bauliche Maßnahmen differenziert einbeziehen zu können. Dies erfordert zusätzlich die Erstellung einer Gebäudetypologie für das Land Schleswig-Holstein, die nach den gleichen Baualtersklassen, Gebäudetypen und nach großstädtischer, mittel- bis großstädtischer sowie kleinstädtisch-ländlicher Bebauung differenziert. Die Ergebnisse der Typologie sollten in einheitlichen Datenblättern dokumentiert werden, die neben einem Foto die wichtigsten energierelevanten Daten. Skizzen zum konstruktiven Aufbau sowie verständliche Hinweise und Grafiken für Musterlösungen von Energiesparmaßnahmen bzw. sinnvollen Maßnahmenkombinationen enthalten. Die Gebäudetypologie soll gleichzeitig methodische Hinweise enthalten, die eine Ergänzung bei der Erstellung von Energiekonzepten oder durch Fachleute vor Ort (Energieberater, Architekten, Bauämter) erleichtern. Eine Voraussetzung für die Umsetzung von Vorschlägen und Konzepten zur Erschließung des baulichen Energiesparpotentials ist, daß jeder Hausbesitzer seinen Gebäudetyp zumindest in wesentlichen Teilen in der Gebäudetypologie wiedererkennt.

3.3.2 Der Einfluß der Versorgungssysteme

Eine Analyse der Versorgungskette Niedertemperaturwärmeerzeugung für Wohngebäude unter Berücksichtigung der Gebäudestrukturdaten führte zu den folgenden spezifischen Kennwerten in Tabelle 3.3.2-1:

Tabelle 3.3.2-1: Vergleich der spezifischen Energiebedarfs- und Emissionswerte 1987

	Nutzenergie kWh/(m ² *a)	Endenergie kWh/(m²*a)	Primärenergie kWh/(m²*a)	CO ₂ -Emission kg/(m ² *a)
BR Deutschland	161	231	281	67
Schleswig-Holst.	170	244	291	70
Dänemark	131	168	188	49
Dänemark/BRD	81%	73%	67%	73%

Der spezifische Primärenergiebedarf für die Niedertemperaturwärmeerzeugung liegt in Dänemark um ein Drittel niedriger als in der Bundesrepublik Deutschland, was darauf hinweist, daß neben dem besseren baulichen Standard auch das Versorgungssystem in Dänemark wesentlich effizienter ist. Die Differenz zwischen den Primärenergieeinsätzen ist jeweils etwa zur Hälfte aus dem besseren baulichen Standard und aus dem effizienteren Versorgungssystem in Dänemark zu erklären. Hauptursache ist der hohe Versorgungsanteil der Fernwärme in Dänemark, der dazu führt, daß bereits gut 25% des Raumwärmemarktes aus Kraft-Wärme-Kopplung und anderen Abfallenergien versorgt wird, während dieser Anteil in der Bundesrepublik Deutschland im Bereich der Wohngebäude nur bei 3,8% und insgesamt bei 5,1% liegt.

Die Abbildungen 3.3.2-1 bis -3 zeigen diese Zusammenhänge:

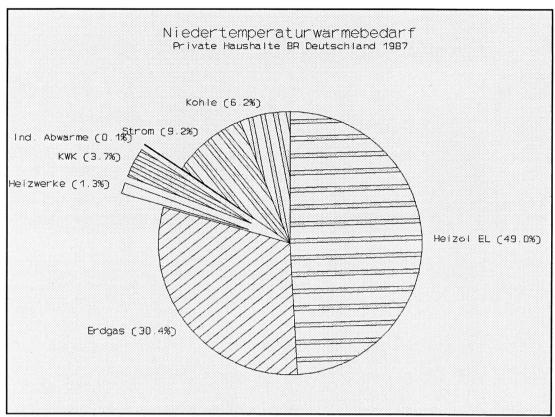


Abbildung 3.3.2-1 Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte in der BR Deutschland 1987

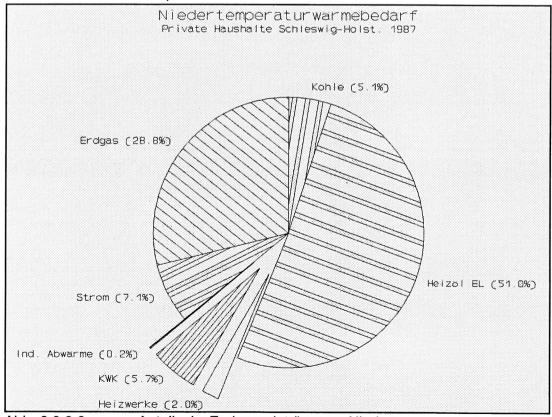


Abb. 3.3.2-2 Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte in Schleswig-Holstein 1987

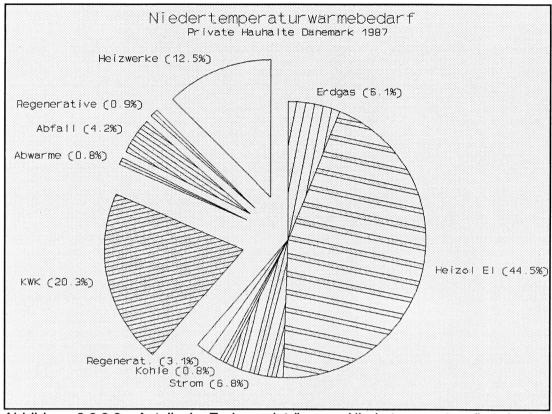


Abbildung 3.3.2-3 Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte in Dänemark 1987

Die in Tabelle 3.3.2-1 gegenüber dem Primärenergiebedarf nicht so stark reduzierten spezifischen CO₂-Emissionen in Dänemark sind auf den ungünstigeren Primärenergieträgermix in der Wärmeerzeugung in Dänemark zurückzuführen. Die folgenden Abbildungen zeigen, daß in Dänemark bezogen auf den Nutzenergiebedarf mehr als der doppelte Anteil Steinkohle und nur ca ein Drittel des Erdgasanteils der BR Deutschland eingesetzt wird. Auffallend ist in der Bundesrepublik Deutschland ein Anteil von ca. 3% Atomenergie im Wärmemarkt, der im wesentlichen auf den Einsatz der Elektroheizung bei Annahme des durchschnittlichen Kraftwerksparks bei der Wärmeerzeugung zurückzuführen ist.

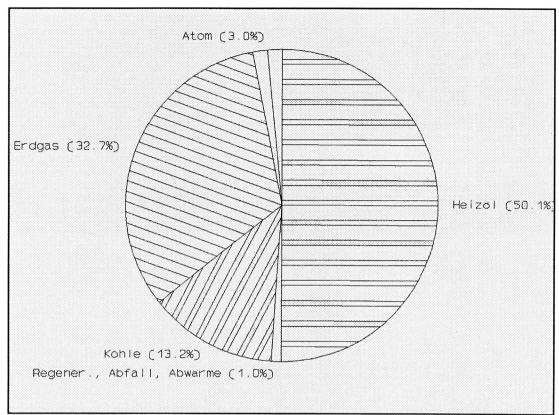


Abb.3.3.2-4: Anteile der Primärenergieträger an der Niedertemperaturwärmebereitstellung BR Deutschland 1987

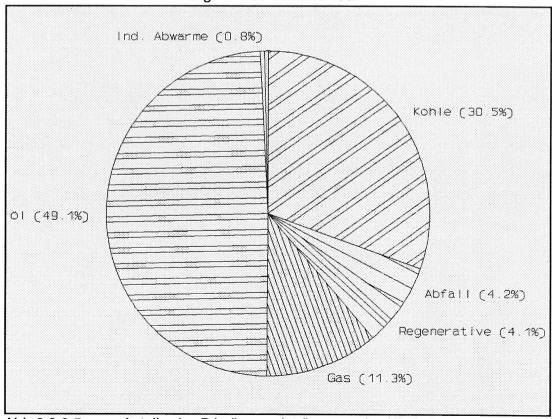


Abb.3.3.2-5: Anteile der Primärenergieträger an der Niedertemperaturwärmebereitstellung Dänemark 1987

4. Die CO2-Emissionen nach Verbrauchssektoren

4.1. Private Haushalte

Der Verbrauchssektor "Private Haushalte" hatte 1987 insgesamt einen Anteil von 27% am Primärenergieverbrauch (ohne nichtenergetischen Verbrauch) und an den CO₂-Emissionen der Bundesrepublik Deutschland. Hiervon sind wiederum jeweils etwa 34% durch elektrischen Energieeinsatz bedingt. Diese Anteile sind in Schleswig-Holstein wegen des geringeren spezifischen Strombedarfs der Haushalte wesentlich niedriger. Dagegen ist der spezifische Stromverbrauch in Dänemark geringfügig höher und hat bei CO₂ einen Anteil von 46% der in diesem Sektor verursachten Emissionen. Dieser immense Unterschied ist zum einen auf den ungünstigeren Energieträgermix bei der Stromerzeugung in Dänemark, zum anderen auf die hohe Effektivität bei der Wärmeerzeugung und -nutzung zurückzuführen (s.a. Kap. 3). Daher liegt auch der spezifische Primärenergiebedarf pro Kopf der Bevölkerung trotz einer 37% größeren Wohnfläche nicht über dem der Bundesrepublik Deutschland.

Die wesentlichen Strukturdaten des Verbrauchssektors sind in Tabelle 4.1-1 zusammengefaßt, Abb. 4.1-1 bis -6 zeigen die jeweiligen Zusammensetzungen der Endenergie- und der CO₂-Emissionsbilanzen der drei Untersuchungsgebiete.

Tab. 4.1-1 Strukturdaten private Haushalte 1987 (Energetische Kenndaten umgerechnet auf das meteorologische Normaljahr)

	Bundesrepublik Deutschland	Schleswig- Holstein	Dänemark	Dän./BRD
Bevölkerung in 1000 EW	61.077,0	2.554,0	5.125,0	
Wohneinheiten in 1000 WE	26.067,0	1.145,8	2.307,2	
Mittl. Wohnfläche in m ² /WE	85	86	108	127%
Spez. Wohnfläche in m ² /EW	35,5	38,5	48,5	137%
Belegung in EW/WE	2,35	2,23	2,22	94%
Endenergieverbr.	2.044,0	96,1	175,0	
Stromverbrauch in PJ/a	357,0 (17,5%)	14,3 (14,9%)	33,1 (18,9%	5)
Primärenergie in PJ/a	2.878,0	130.6	240,0	
Spez.PE-Verbrauch in kWh/(m ² *a)	367,3	370,1	268,0	72,9%
Spez.PE-Verbrauch in MWh/(WE*a)	30,7	31,7	28,9	94,3%
Spez.PE-Verbrauch in MWh/(EW*a)	13,1	14,2	13,0	99,0%
Spez. Stromverbr. in kWh/(WE*a)	3809,6	3466,8	3985,1	104,6%
Spez. Stromverbr. in kWh/(EW*a)	1625,9	1555,3	1794,0	110,0%
CO2-Emission in Mill. t/a	187,4	8,6	18,6	
Spez.CO2-Emission in kg/(m ² *a)	86,1	87,7	75,0	87,1%
Spez.CO2-Emission in t/EW	3,1	3,4	3,6	116,1%

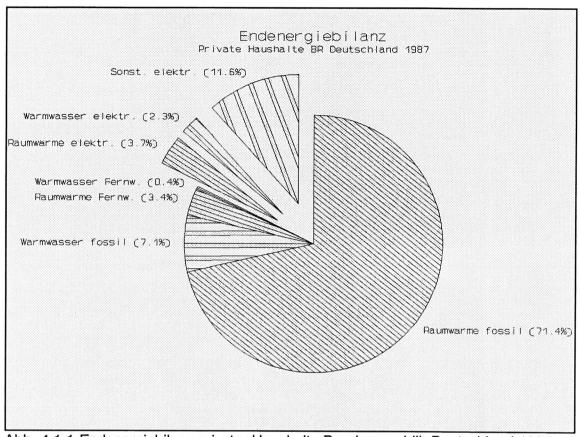


Abb. 4.1-1 Endenergiebilanz privater Haushalte Bundesrepublik Deutschland 1987

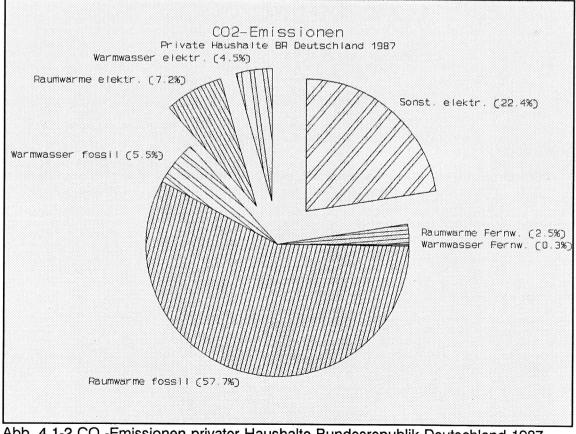


Abb. 4.1-2 CO₂-Emissionen privater Haushalte Bundesrepublik Deutschland 1987

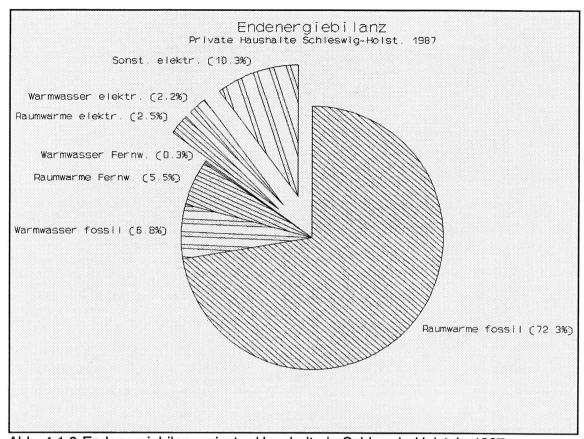


Abb. 4.1-3 Endenergiebilanz privater Haushalte in Schleswig-Holstein 1987

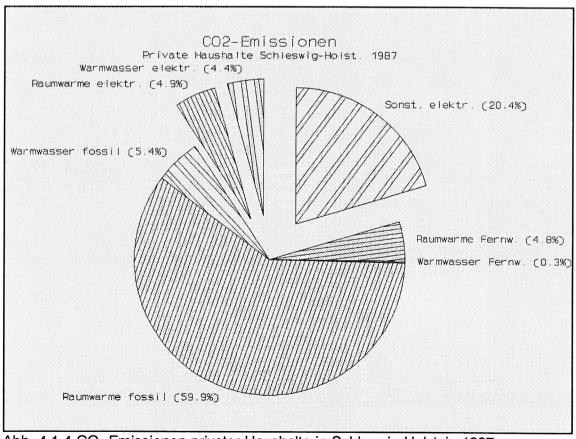


Abb. 4.1-4 CO₂-Emissionen privater Haushalte in Schleswig-Holstein 1987

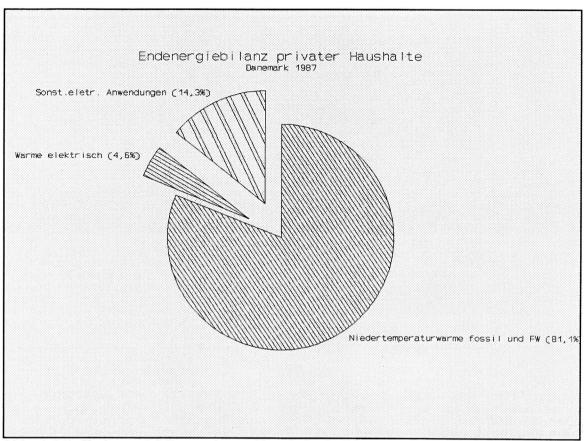


Abb. 4.1-5 Endenergiebilanz privater Haushalte in Dänemark 1987

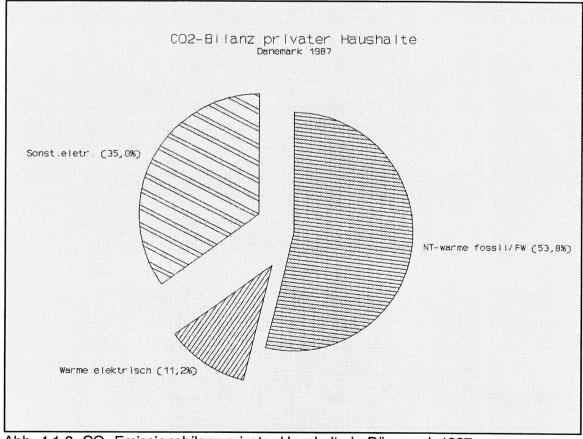


Abb. 4.1-6 CO₂-Emissionsbilanz privater Haushalte in Dänemark 1987

Schlußfolgerungen im Verbrauchssektor private Haushalte:

- Die relativ großen Unterschiede im spezifischen Stromverbrauch lassen sich aus den vorliegenden Daten nicht erklären, sondern erfordern weitere Untersuchungen der Einflußgrößen (z.B. Verbraucherverhalten, Ausstattung mit Elektrogeräten, Einkommen etc).
- Bei der Heizwärmeerzeugung besteht in Dänemark ein um 37% höherer Bedarf nach Energiedienstleistungen (größere spezifische Wohnflächen) bei zudem ungünstigerer Siedlungsstruktur (s.a. Kap. 3).
- Trotzdem entsteht in Dänemark kein höherer spezifischer Primärenergiebedarf, was auf eine wesentlich höhere Effizienz bei der Wärmenutzung und -erzeugung hinweist (Kap. 3).
- Die in D\u00e4nemark um 16\u00e4 h\u00f6heren spezifischen CO₂-Emissionen sind aus dem h\u00f6heren Komfortniveau und einem ung\u00fcnstigeren Energietr\u00e4germix in der Stromerzeugung zu erkl\u00e4ren.
- Stromsparen in privaten Haushalten ist (insbesondere in Dänemark) relevanter für die Reduktion von CO₂, als die Anteile des Stromverbrauchs am Endenergieverbrauch ausweisen!

4.2. Kleinverbrauch

Der Sektor "Kleinverbrauch" ist ein sehr heterogener Sektor, der zudem in der dänischen Statistik in dieser Form nicht existiert. In der Statistik der BR Deutschland umfaßt er das industrielle Kleingewerbe mit Betrieben mit weniger als 20 Beschäftigten, land- und forstwirtschaftliche Betriebe, Fischerei, Handel und Gastgewerbe, Baugewerbe sowie öffentliche Einrichtungen. Als Bezugsgröße zur Bildung spezifischer Kennzahlen eignet sich wegen des Dienstleistungscharakters dieses Sektors am ehesten die Bevölkerungszahl. Die in Tabelle 4.2-1 dargestellten Ergebnisse sind aus den beschriebenen Gründen geschätzt und daher mit der entsprechenden Vorsicht zu interpretieren.

Tabelle 4.2-1 Strukturdaten Kleinverbrauch

Kleinverbrauch	Bundesrepublik Deutschland	Schleswig- Holstein	Dänemark
Endenergieverb.	1.295,4	82,7	140,0
Stromverbrauch in PJ/a	293,1	12,7	30,8
CO ₂ -Emissionen	125,2	7,6	14,2
Spez.Endenergie in GJ/EW	21,2	32,4	27,3
Spez. CO ₂ -Emiss. in t/EW	2,0	3,0	2,8

4.3. Industrie

Bereichsabgrenzung

Der Verbrauchssektor Industrie (auch "Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe") besteht in den Statistiken in der BR Deutschland aus dem Produzierenden Gewerbe ohne Betriebe mit im allgemeinen weniger als 20 Beschäftigten, land- und forstwirtschaftliche Betriebe, Fischerei, Handel und Gastgewerbe, Baugewerbe, öffentliche Einrichtungen und militärische Dienststellen. Diese Wirtschaftszweige sind dem Verbrauchssektor Kleinverbraucher zugeordnet. Der Verbrauch in den Energiesektoren ist den einzelnen Wirtschaftszweigen über die Endenergiebereitstellung vorgelagert, die Emissionen aus diesen Bereichen sind somit entsprechend den anteiligen Endenergieverbräuchen im Verbrauchssektor Industrie (wie in den anderen Verbrauchssektoren) über die Emissionsfaktoren berücksichtigt. Beim Endenergieverbrauch sind die Industriekraftwerke über ihre Stromlieferung an die Industriebetriebe - ohne Brennstoffverbrauch der Industriekraftwerke selbst - berücksichtigt. Die Energieverbräuche im Steinkohlebergbau, bei der Mineralölgewinnung und -verarbeitung, bei der Herstellung und Verarbeitung von Brut- und Spaltstoffen sowie der nichtenergetische Verbrauch in der Chemischen Industrie sind nicht enthalten.

Die in Dänemark übliche Branchenaufteilung wurde soweit wie möglich auf die angeführte Systematik transformiert. Statistische Unterschiede ergeben sich bei der Zuordnung einzelner Produktionszweige zu den jeweiligen Industriehauptgruppen.

Bezugsgröße:

Die Bezugsgröße für den Endenergieverbrauch im Verbrauchssektor Industrie muß den Zweck der industriellen Produktion - die Neuschaffung und Umwandlung von Gütern angemessen berücksichtigen. Die Zahl der Beschäftigten in der Industrie ist damit als Bezugsgröße ungeeignet, ebenso die Bevölkerungsdichte, da die industrielle Produktion nicht vergleichbar mit dem jeweiligen Inlandsbedarf korreliert ist. Grundsätzlich geeignet als Bezugsgröße für den Endenergieverbrauch sind der Nettoproduktionswert und die Bruttowertschöpfung, die beide den Wertzuwachs durch die Weiterverarbeitung und Bearbeitung von Produkten - abzüglich der jeweiligen Vorleistungen - abbilden. Nettoproduktionswerte werden im Rahmen der amtlichen Statistik des Produzierenden Gewerbes ermittelt und berücksichtigen überwiegend den Materialeinsatz als Vorleistung, die Bruttowertschöpfung berücksichtigt dagegen auch Vorleistungen aus anderen Bereichen. Hier wurde die Bruttowertschöpfung als Bezugsgröße verwandt, da einerseits dieser Wert in der dänischen Statistik ebenfalls ausgewiesen wird und andererseits der Nettoproduktionswert in Schleswig-Holstein die Nettoproduktion der Industrie auf Grund der Zahl der Unternehmen mit Sitz außerhalb des Landes unvollständig abbildet. Hierbei muß beachtet werden, daß die Bruttowertschöpfung wegen unterschiedliche Steuersysteme, Wechselkurse etc. nur sehr eingeschränkt vergleichbar ist. Hinzu kommt, daß in der Bruttowertschöpfung der Anteil des industriellen Kleingewerbes mit weniger als 20 Beschäftigten enthalten ist, dessen Anteil in Dänemark wahrscheinlich höher als in der Bundesrepublik Deutschland ist. In den Energieverbrauchsdaten ist das industrielle Kleingewerbe nicht enthalten.

Struktur und Bedarf:

Die wichtigsten Strukturdaten des Verbrauchssektors Industrie zeigt die Tabelle 4.3-1. Der Anteil des Verbrauchssektors Industrie am Endenergieverbrauch betrug im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 29% (2200 PJ), in Dänemark 19% (113,7 PJ) und in Schleswig-Holstein 14,5% (44 PJ).

Tab.4.3.-1 Strukturdaten Industrie 1987

	Bundesrepublik Deutschland	Schleswig- Holstein	Dänemark	Dän./BRD
Nettoprodukt.Wert in Mrd. DM	684,4	14,3 1	32,4	
Bruttowertschöpf. in Mrd. DM	612,4	16,2	30,1	
Erwerbstätige in 1000 ET.	8.259,0	164,0	405,8	
Anteil Erwerbst. in der Industrie	31,2%	14,6%	14,0%	44.8%
BWS/ET in DM/ET	74.145,8	98.878,0	74.171,4	100,0%
Endenergieverbr. in PJ/a	2.199,0	44,0	113,7	
Stromverbrauch in PJ/a	573,0	10,0	28,2	
Endenergieintens. der BWS in TJ/DM	3.591,0	2.713,4	3.777,0	105.2%
Stromintensität der BWS in TJ/DM	935,7	618,1	936,9	100,1%
Spez. EE-Verbr. in GJ/ET	266,3	268,3	280,1	105,2%
Spez. Stromverbr. in GJ/ET	69,4	61,1	69,5	100,2%
CO2-Emissionen in Mill. t/a	221,9	4,3	13,2	
Anteil der ind. CO2-Emissionen	31,5%	15,5%	22,4%	71,3%
Spez. CO2-Emiss. in t/TJ	100,9	97,2	115,8	114,7%
Spez. CO2-Emiss. in t/ET	26,9	26,1	32,4	120,7%
CO2-Intensität der BWS in g/DM	362,4	263,6	437,3	120,7%

Strukturelle Unterschiede zwischen der Bundesrepublik Deutschland, Dänemark und Schleswig-Holstein, die sich auf den Energieverbrauch der Industrie auswirken, lassen sich auch aus dem Vergleich der Beschäftigtenzahlen erkennen: Während im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 31% der Erwerbstätigen in der Industrie beschäftigt waren, waren es in Dänemark 14% und in Schleswig-Holstein ca. 15% der Erwerbstätigen. Beim Vergleich von spezifischen Energieverbräuchen ist zu beachten, daß z.B. die Eisen-

Der Nettoproduktionswert in Schleswig-Holstein bildet die Nettoproduktion nicht vergleichbar ab, da in Schleswig-Holstein überdurchschnittlich viele Betriebe von Unternehmen mit Sitz außerhalb des Bundeslandes ansässig sind und die Nettoproduktionswerte in dem Bundesland ausgewiesen werden, in dem der Sitz des Unternehmens ist. Der dargestellte Wert ist ein über den Vergleich der Umsätze von Betrieben und Unternehmen in Schleswig-Holstein konstruierter Wert, der diese Verschiebung näherungsweise korrigiert.

schaffende Industrie in der Bundesrepublik Deutschland innerhalb des Verbrauchssektors Industrie mit nur ca. 3% der Beschäftigten mehr als ein Viertel der Endenergie beanprucht (Dänemark: 0,3% der Beschäftigten / 9% der Endenergie [1986, /VIK 88/]), während dieser Industriezweig in Schleswig-Holstein nicht vertreten ist. Der Anteil der Eisenschaffenden Industrie an der Bruttowertschöpfung der Industrie betrug 1987 ebenfalls 3%, der anteilige Stromverbrauch mit 62,5 PJ ca. 11%.

- Die Ergebnisse des Vergleichs im Verbrauchssektor Industrie sind wegen unterschiedlicher statistischer Abgrenzungen und Vergleichsgrößen sowie struktureller Unterschiede nur eingeschränkt vergleichbar und erfordern detailliertere Untersuchungen.
- Die Industrie hat in D\u00e4nemark einen wesentlichen niedrigeren Anteil an Besch\u00e4ftigten, am Endenergieverbauch und an den CO₂-Emissionen als in der BR Deutschland.
- Die energiespezifischen Emissionen liegen wegen des ungünstigeren Energieträgermixes (insbesondere des höheren Stromanteils) um 15% über denen der BR Deutschland.
- Der spezifische Endenergiebedarf liegt bezogen auf die Wertschöpfung in Dänemark um etwa 5% über dem der Bundesrepublik Deutschland (ohne eisenschaffende Industrie 26%), was zusammengefaßt zu 21% höheren spezifischen CO₂-Emissionen führt; wegen der genannten Unsicherheiten in den Bezugsgrößen ist dieses Ergebnis aber sehr vorsichtig zu interpretieren (so führt eine andere Untersuchung für das Jahr 1986 zu einem umgekehrten Ergebnis bzgl. der Energieintensität /Juran 89/).

4.4. Verkehr

Für den Verbrauchssektor Verkehr lagen keine ausreichenden Daten über die Aufteilung der Verkehrsleistungen auf Güter- und Personenverkehr <u>und</u> die einzelnen Energieträger für Dänemark und Schleswig-Holstein vor. Bezugsgrößen für den spezifischen Energieeinsatz sind jeweils die jährlich erbrachten Tonnenkilometer (t km/a) bzw. Personenkilometer (P km/a). Auch diese sind wegen unterschiedlicher Abgrenzungen nicht in allen Fällen vergleichbar.

Tabelle 4.4-1 zeigt, daß nach den vorliegenden Daten in Dänemark 15% mehr Personenkilometer pro Person und 44% geringere Tonnenkilometer pro Einheit des Bruttoinlandprodukts erbracht werden. Insgesamt liegen bei fast gleicher Effizienz der Energieerzeugung die spezifischen Endenergieverbräuche bzw. CO₂-Emissionen um 4% (pro Einwohner) bzw. um 10% (pro Einheit des Bruttoinlandprodukts) niedriger als in der Bundesrepublik Deutschland.

Über die Ursachen dieser Unterschiede können auf der Grundlage der vorliegenden Daten keine Aussagen getroffen werden. Hierfür müßten genauere Strukturuntersuchungen durchgeführt werden.

Tabelle 4.4-1 Strukturdaten Verkehr

	,				_
Rahmendaten Verkehr	Bundesrepublik Deutschland	Schleswig- Holstein	Dänemark	Dän./BRD	
Güterverkehr in Gt km/a	253,2		12,6		(Dänemark
Personenverkehr in Mrd. P km/a	732,4		70,9		(Dänemark
Güterverk./BIP in Mt km/DM	125,8		70,2	55,8%	7,
Personenv./EW in P Km/EW	11,990,8		13.836,1	115,4%	
Endenergieverbrauch in PJ/a	1.919,5	81,0	158,0		
Endenergieverb./EW in GJ/EW	31,4	31,7	30,8	98,1%	
Endenergieverb./BIP in kJ/DM	953,7	1.161,6	880,7	92,3%	
CO2-Emissionen in 1000 t/a	157.136,0	6.470,0	12.659,0		
Spez.CO2-Emissionen in t/TJ	81,9	79,9	80,1	97,9%	
Spez.CO2-Emissionen in t/(EW*a)	2,6	2,5	2,5	96,0%	
Spez.CO2-Emissionen pro BIP in g/DM	78,1	92,8	70,6	90,4%	

1988)

1988)

4.5. Zusammenfassende Bewertung

Die Tabelle 4.5-1 zeigt zusammengefaßt die CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren. Wegen unterschiedlicher statistischer Abgrenzungen oder fehlender Daten mußten einige Daten geschätzt werden.

Die Zeile Klimakorrektur bezieht sich auf den Bereich Raumwärme und berücksichtigt die Abweichungen des Jahres 1987 vom meteorologischen Normaljahr, welches aus Vergleichsgründen bei den entsprechenden Emissionen zu Grunde gelegt werden sollte.

Besonders signifikante Abweichungen zeigen sich im Sektor "Industrie", was auf erhebliche strukturelle Unterschiede insbesondere im Bereich der Grundstoffindustrie zurückzuführen ist.

Tabelle 4.5-1 CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren

Gesamt	705,4	27,5	58,7		
Stat. Differenzen	1,5 (0,2%)				
Klimakorrektur '87	12,3 (1,7%)	0,5 (1,8%)			
Verkehr	157,1 (22,3%)	6,5 (23,6%)	12,7 (21,6%)		
Industrie	221,9 (31,5%)	4,3 (15,6%)	13,2 (22,5%)		
 Kleinverbraucher ¹	125,2 (17,7%)	7,6 (27,6%)	14,2 (24,2%)		
Haushal te	187,4 (26,5%)	8,6 (31,3%)	18,6 (31,7%)		
CO ₂ -Emissionen in Mill. t/a	Bundesrepublik Deutschland	Schleswig- Holstein	Dänemark		

¹ Dänemark wegen fehlender Daten geschätzt

Literatur:

/GWZ 89/ Statistisches Bundesamt: Bautätigkeit und Wohnungen. Gebäude- und Woh-

nungszählung vom 25.Mai 1987.

Fachserie 5 Heft 1: Ausgewählte Strukturdaten für Bund und Länder.

Stuttgart 1989

/Stat.Bu.89/ Statistisches Bundesamt: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit.

Fachserie 1 Heft 1: Ausgewählte Strukturdaten für Bund und Länder.

Stuttgart 1989

/InnoTec 89/ InnoTec Systemanalyse, Institut für Weltwirtschaft: Struktur des Endener-

gieverbrauchs in Schleswig-Holstein Band 1 und 2.

Berlin, Kiel 1989

/DEF 89/ Dansk Elforsyning: Statistik 1988

Frederiksberg 1989

/AKF 89/ Lene Nielsen et al.: Stromeinsparungen in Schleswig-Holstein.

AKF Forlaget 1989

/Energimin. 90/ Arbejdsgruppen om energiforbrug i bygninger: Energiforbrug i bygninger; 4.

udkast, 25.1.1990

/Energimin. 89/ Energiministeriet: Statusnotat Energiplanlaegning 1988

Kopenhagen 1989

/Energistyrelsen 89/ Udviklingen i energiforbruget

Nyt fra energistyrelsen 19/89

/DFF 88/ Danske fjernvarmevaerkers forening: Statistik 1987

Kolding 1988

/Juran 89/ H.Juran: Wärmenutzung aus internationaler Sicht.

Energiewirtschaftliche Tagesfragen 39.Jg(1989) Heft 12

/Pätschke 87/ D.Pätschke: Energieversorgung in Dänemark und Schleswig-Holstein.

Energiewirtschaftliche Tagesfragen 37.Jg(1987) Heft 3

/MT 90/ Briefwechsel mit dem Auftraggeber und dem statistischen Landesamt Schleswig-

Holstein in 3/90 und 4/90

/DEA 88/ Danish Energy Agency: Energy flows 1987; Ministry of Energy 1988

/SYPRO/ Statistisches Bundesamt: Systematik der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1979, Fassung

für die Statistik im Produzierenden Gewerbe (SYPRO) mit Meldenummern des

Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1989 (GP)

Wiesbaden 1989

/DIW 1986/ DIW, EWI, RWI: Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland. Eine

Disaggregierung nach Sektoren, Energieträgern und Verwendungszwecken

TÜV Rheinland GmbH, Köln 1986

/Stat.JB 88/ Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch

Schleswig-Holstein 1988

Kiel 1989

/ElWi 88/ Elektrizitätswirtschaft, Zeitschrift der Vereinigung Deutscher Elek-

trizitätswerke, 87. Jg. (1988), Heft 20

/FWI 89/ Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V.bei der VDEW-AGFW (Hrsg.): Fernwärme inter-

national-FWI, 18. Jg. (1989), H. 1

/Stat.Bu.88/ Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Fachserie 18,

Reihe 1.3, Hauptbericht

Wiesbaden 1988

/VIK 88/ Vereinigung Industrieller Kraftwirtschaft (Hrsg.): Statistik der

Energiewirtschaft 1987/88

Essen 1988

Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland nach Anwendungsbereichen /ElWi 89/ im Jahre 1987. Elektrizitätswirtschaft, 88. Jg. (1989), Heft 5, S. 254-263 /BWK 90/ Brennstoff-Wärme-Kraft, 42. Bd. (1990), Nr. 1/2 /RWE 87/ RWE-Anwendungstechnik: Energieflußbild 1987 /RWE 89/ RWE-Anwendungstechnik: Erläuterungen zum Energieflußbild der Bundesrepublik Deutschland 1987. Essen 1989 /DanStat 88/ Danmarks Statistik: Industri og energi Kopenhagen, 6. Jg. (1988) /Stat.JB 89/ Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 1989 für die Bundesrepublik Deutschland Wiesbaden 1989 /Noack 89/ C.C. Noack, D.v.Ehrenstein, J.Franke (Hrsg.): Energie für die Stadt der Zukunft: das Beispiel Bremen; der Abschlußbericht des Bremer Energiebeirats. Marburg 1989 F.Franke: Energie für die Stadt der Zukunft in Grafiken und Tabellen. /Franke 90/ Kooperation, Universität Arbeitskammer Bremen, Reihe Forschung, Bremen 1990 /EBIL 88/ Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanz 1987 der Bundesrepublik Deutschland, Band III und Auswertungstabellen 1977 - 1987 mit Energieflußbild Essen 1988 /EBILSH 87/ Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel: Energiebilanz Schleswig-Holstein 1987 Kiel 1988 Energieconsulting Heidelberg: "Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung im Umwandlungssektor". Studienschwerpunkt A.1.7. für die Enquete-/ECH 89/ Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, Heidelberg 1989 /Enquete 88/ Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages: "Schutz der Erdatmosphäre - eine internationale Herausforderung" (Zwischenbericht), Deutscher Bundestag Bonn 1988 /Statistik 89/ Statistik arbog 1989 /Trafik 89/ Trafikministeriet: "Referencemodel for den danske transportsektor 1988-2030"

Emissioner af SO_2 , NO_x og CO_2 fra det samlede danske energisystem 1975-88

/Risö 90/

Analyse A: Analyse Niedertemperaturwärmebedarf

Anlage A 1

Private Haushalte Bundesrepublik Deutschland 1987

Anlage A 2

Private Haushalte Schleswig-Holstein 1987

Anlage A 3

Nichtwohngebäude Bundesrepublik Deutschland 1987

Anlage A 4

Dänemark 1987

Anlage B: Analyse Verbrauchssektoren

Anlage B 1

Energieumwandlung, Transport und Verteilung 1987

Anlage B 2

Private Haushalte 1987

Anlage B 3

Kleinverbraucher 1987

Anlage B 4

Industrie 1987

Anlage B 5

Verkehr 1987

Anlage A 1

Niedertemperaturwärmebedarf

Private Haushalte

Bundesrepublik Deutschland

1987

Beheizungsstruktur von Gebäuden in der Bundesrepublik Deutschland

1. Aufteilung des Gebäudebestandes auf Beheizungsarten und Gebäudealtersklassen

Die bisher vorliegenden Eckdaten der Gebäude- und Wohnungszählung reichen nicht aus, um die Struktur der Heizwärmeversorgung der privaten Haushalte ausreichend genau darzustellen /GWZ 89/. Sie liefern jedoch Eckdaten, um einen guten Abgleich mit den bisher vorliegenden Studien /Prognos/, /FfE/ vorzunehmen und relevante Differenzen zu beseitigen. Für einzelne Bundesländer sind hierfür Sonderauswertungen erforderlich.

In den folgenden Betrachtungen sind noch 225.690 Freizeitwohneinheiten enthalten, die nur zum Teil beheizt werden, was aber bei einem Anteil von 0,7 % vorläufig vernachlässigt werden kann. Diese Wohneinheiten sind in der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 in der Statistik über die Aufteilung auf Energieträger und Beheizungsarten enthalten. Eine weitere Ungenauigkeit ergibt sich dadurch, daß Wohnungen in Gebäuden mit vollständiger Wohnheimnutzung (152.143) in der Energiestatistik dem Sektor Kleinverbrauch zugeordnet werden. Auch diese Mängel können in Sonderauswertungen der statistischen Ämter beseitigt werden.

Tabelle 1-1: Ermittlung der bewohnten Wohneinheiten (1987)

Anzahl Wohnungen	26.279.522	davon	12.381.074 in EZFH
			13.898.448 in MFH
Leerstehende Wohnungen	467.258		
Bewohnte Wohnungen	25.812.264	davon	12.194.171 in EZFH
			13.618.093 in MFH
+ bewohnte sonstige			
Wohneinheiten	301.944		
Bewohnte Wohneinheiten	26.114.208	davon	12.194.171 in EZFH
			13.920.037 in MFH (*)

^(*) statistische Ungenauigkeiten durch die noch unbekannte Aufteilung der Ferienwohnungen auf die Gebäudetypen.

Hierbei wurde die Verteilung der Leerstände auf EZFH und MFH anhand der Wohnungsstichprobe 1978 unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anteile der Wohneinheiten am jeweiligen Gesamtbestand vorgenommen.

Tabelle 1-2: Aufteilung der Leerstände auf Gebäudetypen 1978 und 1987

	Anteil der Wohne Gesamtbestand		
EZFH 1978	43%	37%	/Wohnungsstichprobe 1978/
MFH 1978	57%	63%	
EZFH 1987	47%	40%	/GWZ 87/
MFH 1987	53%	60%	

Die Definitionen der Beheizungsarten in der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 sind leider nicht schlüssig, es wurde deshalb eine Anpassung der Daten auf zentrale und dezentrale Systeme vorgenommen. Hierbei werden Gasetagenheizungen den zentralen Systemen zugerechnet, während bei Öl-, Kohle- und Strometagenheizungen eher davon auszugehen ist, daß es sich um Ofenheizungen kleiner Wohneinheiten und damit um dezentrale Systeme handelt.

Tabelle 1-3: Aufteilung der bewohnten Wohneinheiten nach Heizsystemen BR Deutschland 1987

	Einteilung Zentralheiz		ung 87 Ofen	Systematik zentral	Enquete dezentral
Gas	5.426.591	1.626.713	968.331	7.053.304	968.331
Heizöl	10.145.907	202.512	924.964	10.145.907	2.066.710
Kohle/Holz etc	389.581	97.402	1.534.039	389.581	1.713.383
Fernwärme	1.497.630	0	0	1.497.630	0
Strom	196.797	80.548	1.565.585	196.797	2.036.771
mit 2 Energien			1.275.603		
mit 3 und mehr			136.211		
Gesamt Summe	17.656.506 26.068.414	2.007.175	6.404.733	19.283.219 26.068.414	6.785.195

Eine Aufteilung des Gebäudebestandes auf Gebäudealtersklassen <u>und</u> Beheizungsarten aus der GWZ 1987 liegt z.Zt. noch nicht vor, so daß die hier dargestellten Rahmendaten als Abgleichsdaten für bisher vorliegende Schätzungen in /Prognos/, /FfE/ verwendet werden müssen. Die Gebäudealtersklassen müssen wegen dieser Beschränkung gegenüber der GWZ auf fünf koprimiert werden.

Die spezifischen Nutzenergiebedarfswerte aus Tabelle 1-4 wurden mit Hilfe der Gebäudetypenmethode durch eine detaillierte Betrachtung von insgesamt 30 repräsentativen Gebäudetypen in den verschiedenen Gebäudealtersklassen ermittelt.

Bei der Ermittlung des spezifischen Endenergiebedarfs ist zu berücksichtigen, daß bei den noch fast 6,8 Millionen dezentral beheizten Wohneinheiten von einer niedrigeren durchschnittlichen Raumtemperatur, in der Regel auch von einem wesentlich niedrigeren Wohnkomfort (verringertes Energiedienstleistungsangebot) auszugehen ist. Die durchschnittlichen Wohnflächen in den Gebäudealtersklassen der Tabelle 1-4 wurden aus vorliegenden Wohnungsstichproben und Baustatistiken ermittelt.

Tabelle 1-4: Gebäudekennwerte nach Gebäudealtersklassen 1987 (Heizungstechnische Kennwerte bezogen auf Normaljahr)

	Anzahl Wohneinheiten			Durchschni	ittl.Wohnf	ächen	Spezifischer Nutzenergiebedarf EFH MFH			arf
Baujahr	EFH	MFH	Gesamt	EFH m ²	MFH m ²	Gesamt m ²	Zentral	ral Dezentral Zentral Dez kWh/(m ² *a)		
bis 1948	4163	3855	8018	92	67	80	201	126	166	99
1949 - 68	4262	5827	10089	102	61	78	182	114	175	105
1969 - 78	2267	2880	5147	119	73	93	145	88	119	73
1979 - 83	881	794	1675	120	68	95	120	73	115	69
ab 1984	620	518	1138	118	66	94	115	70	78	46

Für die Heizzahlen der Heizsysteme werden Erfahrungswerte nach /FfE/ verwendet (Tabelle 1-5). Hierüber wird jeweils der Zusammenhang von Nutz- und Endenergiebedarf hergestellt. Die Tabellen 1-6 und 1-7 zeigen die auf diesen Grundlagen ermittelten differenzierten Abschätzungen über die Aufteilung der Wohneinheiten auf Gebäudealtersklassen und Beheizungsarten.

Tabelle 1-5: Heizzahlen 1987 nach /FfE/

	EZFH zentral	dezentral	MFH zentral	dezentral
Heizöl	0,679	0,728	0,711	0,712
Erdgas	0,687	0,802	0,720	0,785
Kohle	0,603	0,612	0,634	0,632
Fernwärme	0,857	-	0,857	-
Strom	0,830	0,970	-	0,960

Tabelle 1-6: Beheizungsstruktur von Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern BRD 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Ein- und lienhäus	Zweifam er 1987	i- Baujahr	Anzahl 1000 WE	Wohnfl. m ² /WE	Nutz.grad Gesamt	Wärmebed.	Spez. Endenerg. (m ² *a)	Wärme- bedarf PJ/a	Endenergie bedarf PJ/a
		Baujanr	1000 WE	III / WE		KWN/	(m ~a)	PJ/a	PJ/a
Zentral	Heizöl	bis 1948	1109	92	0,679	201,0	296,0	73,8	108,7
	El.	1949 - 68	2229	102	0,679	182,0	268,0	149,0	219,4
		1969 - 78	1443	119	0,679	145,0	213,5	89,7	132,1
		1979 - 83	392	120	0,679	120,0	176,7	20,3	29,9
		ab 1984	250	118	0,679	115,0	169,4	12,2	18,0
		Gesamt	5423	107	0,679	165,9	244,3	345,0	508,1
	Erdgas	bis 1948	916	92	0,687	201,0	292,6	61,0	88,7
		1949 - 68	824	102	0,687	182,0	264,9	55,0	80,1
		1969 - 78	528	119	0,687	145,0	211,1	32,8	47,7
		1979 - 83	375	120	0,687	120,0	174,7	19,4	28,3
		ab 1984	330	118	0,687	115,0	167,4	16,1	23,5
	Gesamt Kohle bis 1948		2972	106	0,687	162,6	236,6	184,3	268,3
			140	92	0,603	201,0	333,3	9,3	15,5
		1949 - 68	80	102	0,603	182,0	301,8	5,3	8,8
		1969 - 78	8	119	0,603	145,0	240,5	0,5	0,8
		1979 - 83	6	120	0,603	120,0	199,0	0,3	0,5
		ab 1984	0	118	0,603	115,0	190,7	0,0	0,0
		- Gesamt	234	97	0,603	189,3	313,9	15,5	25,7
	Fern-	bis 1948	85	92	0,857	201,0	234,5	5,7	6,6
	wärme	1949 - 68	112	102	0,857	182,0	212,4	7,5	8,7
		1969 - 78	40	119	0,857	145,0	169,2	2,5	2,9
		1979 - 83	16	120	0,857	120,0	140,0	0,8	1,0
		ab 1984	17	118	0,857	115,0	134,2	0,8	1,0
		- Gesamt	270	103	0,857	171,9	200,6	17,3	20,1
	Strom	bis 1948	0	92	0,830	201,0	242,2	0,0	0,0
		1949 - 68	0	102	0,830	182,0	219,3	0,0	0,0
		1969 - 78	106	119	0,830	145,0	174,7	6,6	7,9
		1979 - 83	74	120	0,830	120,0	144,6	3,8	4,6
		ab 1984	17	118	0,830	115,0	138,6	0,8	1,0
ab 1904		- Gesamt	197	119	0,830	133,0	160,2	11,3	13,6

Tabelle 1-6: Fortsetzung

Ein- und lienhäuse	Zweifami er 1987		Anzahl	Wohnfl.	Nutz.grad Gesamt	Wärmebed.		Wärme- bedarf	Endenergie- bedarf
		Baujahr	1000 WE	m ² /WE		kWh/	(m ² *a)	PJ/a	PJ/a
Dezentra	Heizöl	bis 1948	773	92	0,728	125,6	176,4	32,2	45,2
	El.	1949 - 68	446	102	0,728	113,8	159,8	18,6	26,1
		1969 - 78	43	119	0,728	87,9	123,5	1,6	2,3
		1979 - 83	1	120	0,728	73,2	102,8	0,0	0,0
		ab 1984	0	118	0,728	70,3	98,7	0,0	0,0
		- Gesamt	1262	96	0,728	119,6	168,0	52,4	73,6
	Erdgas	bis 1948	135	92	0,802	125,6	160,0	5,6	7,2
		1949 - 68	75	102	0,802	113,8	144,9	3,1	4,0
		1969 - 78	15	119	0,802	87,9	112,0	0,6	0,7
		1979 - 83	10	120	0,802	73,2	93,3	0,3	0,4
		ab 1984	0	118	0,802	70,3	89,5	0,0	0,0
		- Gesamt	235	98	0,802	116,0	147,8	9,6	12,3
	Feste	bis 1948	583	92	0,612	125,6	198,8	24,3	38,4
	Brennst.	1949 - 68	182	102	0,612	113,8	180,0	7,6	12,0
	(Kohle)	1969 - 78	15	119	0,612	87,9	139,2	0,6	0,9
		1979 - 83	2	120	0,612	73,2	115,8	0,1	0,1
		ab 1984	0	118	0,612	70,3	111,2	0,0	0,0
		- Gesamt	782	95	0,612	121,6	192,4	32,5	51,4
	Strom	bis 1948	422	92	0,970	125,6	129,5	17,6	18,1
		1949 - 68	315	102	0,970	113,8	117,3	13,2	13,6
		1969 - 78	69	119	0,970	87,9	90,7	2,6	2,7
		1979 - 83	6	120	0,970	73,2	75,5	0,2	0,2
		ab 1984	6	118	0,970	70,3	72,5	0,2	0,2
		- Gesamt	819	99	0,970	116,1	119,7	33,7	34,8
Ein- und	Zweifami	lienhäuser	12194	104	0,696	153,9	221,0	701,5	1007,8

Tabelle 1-7: Beheizungsstruktur von Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern BRD 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Mehrfami 1987	lienhäuse	r	Anzahl	Wohnfl.	Nutz.grad Gesamt	Spez. Wärmebed.	Spez. Endenerg.	Wärme- E bedarf b	Endenergie oedarf
		Baujahr	1000 WE	m ² /WE		kWh/(r		PJ/a	PJ/a
Zentral	Heizöl	bis 1948	824	67	0,711	166,0	233,5	32,7	46,0
	El.	1949 - 68	2226	61	0,711	175,0	246,1	85,5	120,3
		1969 - 78	1367	73	0,711	119,0	167,4	42,8	60,1
		1979 - 83	244	68	0,711	115,0	161,7	6,9	9,7
		ab 1984	61	66	0,711	78,0	109,7	1,1	1,6
		- Gesamt	4722	66	0,711	151,0	212,4	169,0	237,7
	Erdgas	bis 1948	1048	67	0,720	166,0	230,6	41,7	
		1949 - 68	1	61	0,720	175,0	243,1	50,7	70,4
		1969 - 78	935	73	0,720	119,0	165,3	29,2	40,6
		1979 - 83	448	68	0,720	115,0	159,7	12,6	17,5
		ab 1984	330	66	0,720	78,0	108,3	6,1	8,5
		- Gesamt	4081	66	0,720	144,0	200,0	140,3	194,9
	Kohle	bis 1948	73	67	0,634		261,8	2,9	4,6
		1949 - 68	76	61	0,634		276,0	2,9	4,6
		1969 - 78	4	73	0,634	119,0	187,7	0,1	0,2
		1979 - 83	2	68	0,634	l .	181,4	0,1	0,1
		ab 1984	0	66	0,634	78,0	123,0	0,0	0,0
		- Gesamt	155	64	0,634	168,1	265,2	6,0	9,5
	Fern-	bis 1948	155	67	0,857	166,0	193,7	6,1	7,2
	wärme	1949 - 68	615	61	0,857	175,0	204,2	23,6	27,6
		1969 - 78	332	73	0,857	119,0	138,9	10,4	12,1
		1979 - 83	55	68	0,857	115,0	134,2	1,5	1,8
		ab 1984	70	66	0,857	78,0	91,0	1,3	1,5
		- Gesamt	1227	66	0,857	148,6	173,4	43,0	50,2
Dezentral	l Heizöl	bis 1948	404	67	0,728	99,3	139,4	9,6	13,5
	El.	1949 - 68	379	61	0,728	104,7	147,0	8,7	12,2
		1969 - 78	22	73	0,728	73,4	103,1	0,4	0,6
		1979 - 83	0	68	0,728	69,0	96,8	0,0	0,0
		ab 1984	0	66	0,728	45,7	64,2	0,0	0,0
		- Gesamt	805	64	0,728	100,9	141,7	18,7	26,3
	Erdgas	bis 1948	315	67	0,802	99,3	126,5	7,5	9,5
		1949 - 68	365	61	0,802	104,7	133,3	8,4	10,7
		1969 - 78	46	73	0,802	73,4	93,5	0,9	1,1
		1979 - 83	7	68	0,802	69,0	87,8	0,1	0,2
		ab 1984	0	66	0,802	45,7	58,2	0,0	0,0
		- Gesamt	733	64	0,802	99,7	127,0	16,9	21,5
	Feste	bis 1948	572	67	0,612	99,3	157,1	13,6	21,5
	Brennst.	1949 - 68	338	61	0,612	104,7	165,6	7,8	12,3
	(Kohle)	1969 - 78	20	73	0,612	73,4	116,1	0,4	0,6
		1979 - 83	1	68	0,612	69,0	109,1	0,0	0,0
		ab 1984	0	66	0,612	45,7	72,3	0,0	0,0
		- Gesamt	931	65	0,612	100,5	159,0	21,8	34,4
	Strom	bis 1948	464	67	0,960	99,3	103,4	11,0	11,5
		1949 - 68	508	61	0,960	104,7	109,0	11,7	12,2
		1969 - 78	154	73	0,960	73,4	76,5	3,0	3,1
		1979 - 83	37	68	0,960	69,0	71,8	0,6	0,6
		ab 1984	57	66	0,960	45,7	47,6	0,6	0,6
		- Gesamt	1220	65	0,960	94,2	98,2	26,9	28,0
lehrfamil	ienhäusei		13874	66	0,735	135,1	183,9	442,7	602,6

In Tabelle 1-8 sind die wichtigsten Kenndaten über die Beheizungstruktur der privaten Haushalte für das Jahr 1987 dargestellt.

Tab. 1-8: Beheizungsstruktur von Wohneinheiten BRD 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Endenergie- träger	Anzahl Wo Zentral 1000 WE	ohneinheit Dezentral 1000 WE			hnittl.Woh Dezentral m2/WE		'	scher Nutz Dezentral kWh/(m2a	Gesamt
Heizöl EL	10145	2067	12212	88	84	87	161	114	153
Erdgas	7053	968	8021	83	72	82	154	105	149
Kohle	389	1713	2102	84	78	79	183	112	126
Strom	197	2039	2236	119	78	82	133	105	109
Fernwärme	1497	0	1497	72	0	72	155	0	155
Gesamt	19281	6786	26067	85	79	84	158	110	146

	Nutzung	sgrad	Spez. Endenergiebedarf.			Endenergiebed.(Normalj)		
Endenergie-	Zentral	Dezentral	Zentral				Dezentral	
träger				kWh/(m	12a)	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Heizöl EL	0,69	0,71	233	160	221	745,8	99,9	845,7
Erdgas	0,70	0,79	220	134	211	463,2	33,8	497,0
Kohle	0,61	0,63	299	177	201	35,2	85,8	121,0
Strom	0,83	0,97	160	109	116	13,6	62,8	76,4
Fernwärme	0,86	-	180	0	180	70,3	0,0	70,3
Gesamt	0,70	0,75	225	146	206	1328,1	282,3	1610,4

	Nutzungs	grad	Spez. Endenergiebedarf.			Endenergiebed.(Normalj)			
Endenergie-	EZFH	MFH	EZFH	MFH	Gesamt	EZFH	MFH	Gesamt	
träger				kWh/(m2a)	PJ/a	PJ/a	PJ/a	
Heizöl EL	0,68	0,71	231	202	221	581,7	264,0	845,7	
Erdgas	0,69	0,73	231	211	211	280,6	216,4	497,0	
Kohle	0,62	0,63	221	201	201	77,1	43,9	121,0	
Strom	0,93	0,96	129	116	116	48,3	28,0	76,4	
Fernwärme	0,86	0,86	201	180	180	20,1	50,2	70,3	
Gesamt	0,70	0,73	221	184	206	1007,8	602,6	1610,4	

Zusammenfassung Raumwärmebedarf:

Der spezifische Nutzwärmebedarf für Raumwärme bei zentral beheizten Gebäuden liegt gegenwärtig bei durchschnittlich 160 kWh/(m²*a), der Endenergiebedarf bei 225 kWh/(m²*a), was einem jährlichen Heizölverbrauch von knapp 23 I pro Quadratmeter Wohnfläche entspricht. Bei dezentral beheizten Gebäuden (Ofenheizungen) sind die entsprechenden Werte niedriger, da i.d.R. nur ein Teil der Wohnfläche beheizt wird. Insbesondere bei den 3,8 Millionen immer noch mit Öl- und Kohleöfen beheizten Wohneinheiten ist hierbei von einem wesentlich verringerten Wohnkomfort auszugehen. Im Durchschnitt über den gesamten Gebäudebestand ergeben sich dadurch Bedarfswerte von 146 kWh/(m²*a) Nutzwärme und 206 kWh/(m²*a) Endenergie. Die durchschnittliche CO₂-Emission aus der Raumwärmeerzeugung pro Quadratmeter Grundfläche und Jahr beträgt damit etwa 58,6 kg CO₂; den höchsten Wert erreicht darin die Stromheizung mit 74,1 kg/(m²*a) trotz des nach /FfE/ durch geringere Energiedienstleistung verringerten Nutzenergiebedarfs (größtenteils dezentrales Heizsystem) dieser Wohneinheiten. Die Annahme eines um 40 % verringerten Nutzenergiebedarfs ist dabei nicht unumstritten (s. z.B. /efeu 87/) und eher als günstig für die Stromheizung anzusehen.

Abbildung 1-1 zeigt die Anteile der Energieträger an der Deckung des Nutzwärmebedarfs der privaten Haushalte 1987 (umgerechnet auf das meteorologische Normaljahr).

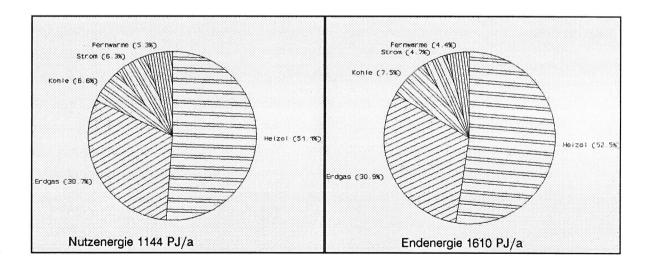


Abbildung 1-1 Anteile der Energieträger am Nutzwärmebedarf der privaten Haushalte 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Warmwasserwärmebedarf:

Für den Warmwasserwärmebedarf wird wiederum in Anlehnung an /FfE/ von 1500 kWh/Wohneinheit bei EZFH und 1000 kWh/Wohneinheit bei MFH ausgegangen. Die Nutzungsgrade der Warmwasserbereitungssysteme und die Anteile der versorgten Wohneinheiten zeigt Tabelle 1-9.

Tabelle 1-9: Warmwasserbereitung der privaten Haushalte nach Versorgungsarten und Energieträgern, Bundesrepublik Deutschland 1987

		Anz.in	1000 WE	Nutzu	ngsgrad	Nutzen	ergie in	GWh/a	Endenergie in GWh/a		
		EZFH	MFH	EZFH	MFH	EZFH	MFH	Gesamt	EZFH	MFH	Gesamt
Gebäude-	Heizöl	3756	3397	0,45	0,39	5634	3397	9031	12454	8710	21163
zentral	Erdgas	1902	2540	0,45	0,39	2853	2540	5393	6306	6513	12818
	Strom	648	0	0,72	0,62	972	0	972	1352	0	1352
	El.WP	313	0	1,65	1,43	470	0	470	284	0	284
	Fernwär.	130	949	0,61	0,53	194	949	1143	318	1800	2118
Dezentra	l Erdgas	1772	812	0,76	0,76	2658	812	3470	3498	1068	4565
	Kohle	0	822		0,48	0	822	822	0	1713	1713
	Strom	3673	5355	0,94	0,94	5509	5355	10864	5861	5697	11558
	Gesamt	12194	13874	0,61	0,54	18291	13874	32165	30072	25500	55572

2. Ermittlung der Emissionen aus der Niedertemperaturwärmeerzeugung 1987

Aus dem Endenergiebedarf für Raumwärmeerzeugung und Warmwasserbereitung der privaten Haushalte und seiner Aufteilung auf die Energieträger lassen sich die Emissionen in ihrer Zuordnung zu Gebäudetypen und Energieträgern berechnen. Tabelle 2-2 zeigt für den gesamten Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte die mit Hilfe der von der Enquete-Kommission vorgegebenen Emissionsmatrix /GEMIS/ (Tabelle 2-1) berechneten klimarelevanten Emissionen für Kohlendioxid (CO₂) sowie die End- und Nutzenergiebedarfswerte nach Endenergieträgern. In der Emissionsmatrix sind neben den direkten Emissionen der Energieanlagen bei der Verbrennung der Energieträger auch die vorgelagerten (indirekten) Emissionen erfaßt, die bei der Bereitstellung der Energieträger entstehen.

Tabelle 2-1: Spezifische Emissionsfaktoren in kg/TJ Endenergie Bundesrepublik Deutschland 1987

	CO2			СН4			NMVOC			NOx		
				zentr.	dezent.		zentr.	dezent.		zentr.	dezent	
	direkt	indirekt	gesamt	direkt	direkt	indirekt	direkt	direkt	indirekt	direkt	direkt	indirekt
Heizöl	73000	6900	79900	1	1.5	104	4	6	21	50	70	31
Erdgas	55000	3100	58100	5	7.5	217	5	7.5	2.4	50	60	15
Kohle	93000	3400	96400	180	270	449	60	90	0.2	75	50	20
Strom	0	176000	176000	0	0	676	0	0	4.8	0	0	524
Fernw.	0	66000	66000	0	0	193	0	0	8.7	0	0	152

Tabelle 2-2: Niedertemperaturwärmebedarf und CO₂-Emissionen der privaten Haushalte nach Endenergieträgern BR Deutschland 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Endenergie-	Nu	utzenergi	е		E	ndenergi	e		CO2-Emissi	ionen
träger	EZFH	MFH	Gesamt	Anteil	EZFH	MFH	Gesamt	EZFH	MFH	Gesamt
		GWh/a		%		GWh/a			1000t/a	
Heizöl el.	116019	55554	171573	49,0	174030	82056	256086	50058	23603	73661
Erdgas	59391	47026	106417	30,4	87745	67701	155445	18353	14160	32513
Kohle	13324	8537	21861	6,2	21409	13912	35321	7430	4828	12258
Strom	19441	12834	32275	9,2	20916	13487	34404	13253	8546	21798
Fernwärme	4991	12898	17889	5,1	5915	15744	21659	1405	3741	5146
Gesamt	213165	136850	350015	100,0	310014	192900	502914	90498	54877	145376

Unter Berücksichtigung der Erzeugungsstruktur im Fernwärmesektor ergibt sich hieraus die folgende Abbildung 2-1.

Hierbei fällt insbesondere der niedrige Anteil der Fernwärme (insbesondere der Kraft-Wärme-Kopplung mit nur 3,7%) und der hohe Anteil der elektrischen Wärmeerzeugung

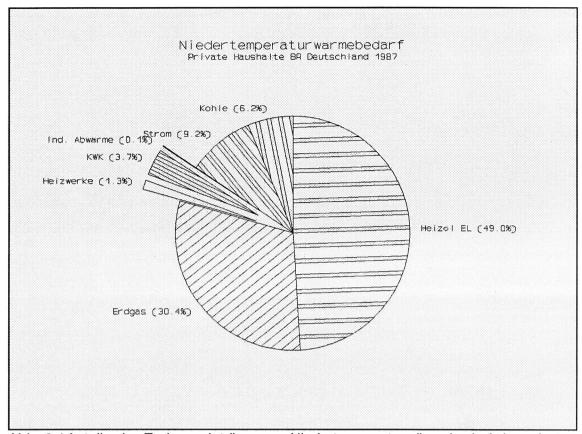


Abb. 2-1 Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte / Bundesrepublik Deutschland 1987

(insbesondere auch durch die Warmwasserbereitung) auf. Während etwa ein vollständig fernwärmeversorgtes EZFH pro Jahr 5,1 t/a CO₂-Emissionen verursacht, sind es bei einem elektrisch versorgten Haushalt unter der bereits sehr konservativen Annahme des durchschnittlichen Kraftwerksparks der BR Deutschland und eines um 60% verringerten Nutzwärmebedarfs für die Raumheizung gut 8,6 t/a. Elektrische Wärmeerzeugungssysteme sind bezüglich der CO₂-Emission damit bei weitem am ungünstigsten von allen Heizsystemen.

Für den Niedertemperaturwärmebedarf ergeben sich für die Bundesrepublik Deutschland 1987 damit die folgenden spezifischen Kennwerte:

Tabelle 2-3: Spezifische Kennwerte Niedertemperaturwärmeerzeugung Private Haushalte / BR Deutschland 1987

	Spezifischer Niedertemperatur- wärmebedarf kWh/(m²*a)	Spezifischer Endenergiebedarf kWh/(m ² *a)	Spezifische CO ₂ -Emission kg/(m ² *a)
EZFH	168 150	245	71 60
Gesamt	161	231	67

Zusammenfassend sind dem Bereich Niedertemperaturwärmeerzeugung (Raumwärme und Warmwasser) der privaten Haushalte 1987 ca. 145 Millionen t CO₂-Emissionen entsprechend etwa 19 % der gesamten CO₂-Emission der Bundesrepublik Deutschland zuzuordnen. Die durchschnittliche spezifische CO₂-Emission beträgt 67 kg/(m²*a). Unter Berücksichtigung der Erzeugungsstrukturen im Strom- und Fernwärmebereich erhält man die Anteile der Primärenergieträger (Tabelle 2-4):

Tabelle 2-4: Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte nach Primärenergieträgern Bundesrepublik Deutschland 1987

	Primär- energie %	End- energie %	Nutz- energie %
Heizöl	47,6	51,8	50,1
Erdgas	31,7	32,8	32,7
Kohle	14,8	12,4	13,2
Regenerative	0,7	0,3	0,5
Abfall	0,3	0,4	0,4
Atom	4,9	2,2	3,0
Ind. Abwärme	0,0	0,1	0,1
Gesamt	100,0	100,0	100,0

3. Das Emissionsminderungspotential durch bauliche Maßnahmen im Gebäudebestand bis zum Jahr 2005

Um den Einfluß baulicher Maßnahmen auf die Emissionsminderung im Raumwärmebereich von Substitutionseffekten in den Bereichen Heizungstechnik oder Energieträger isolieren zu können, werden für den Referenzfall zusätzlich die folgenden heizungstechnischen Voraussetzungen angenommen:

- Umrüstung kohle- und ölbefeuerter dezentraler Heizsysteme auf zentrale Heizsysteme
- gleicher Beheizungsumfang (d.h. Vollbeheizung) auch bei dezentralen Heizsystemen, d.h. Angleichung des Wohnkomforts
- Sanierung aller Heizsysteme auf den Standard 1990 (Tab. 3.1-1) mit den folgenden Jahresnutzungsgraden:

Tabelle 3.1-1: Heizzahlen von Raumheizungssystemen /FfE/BRD 2005 (sanierte Heizsysteme)

	EZFH	МЕН				
	zentral	dezentral	zentral	dezentral		
Heizöl	0,812	0,747	0,821	0,747		
Erdgas	0,844	0,821	0,853	0,821		
Kohle	0,624	0,621	0,638	0,621		
Fernwärme	0,885	-	0,885	-		
Strom	0,866	0,970	-	0,970		

Für den Referenzfall wurde unterstellt, daß ab 1987 keine zusätzlichen baulichen Energiesparmaßnahmen durchgeführt werden. Zur Ermittlung der Energiesparpotentiale durch bauliche Maßnahmen in den weiteren Szenarien wurde der Gebäudebestand in der Bundesrepublik Deutschland in 30 Typen aufgeteilt. Für jeden Gebäudetyp wurden unter Berücksichtigung der jeweiligen baulichen, bauphysikalischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Einsparmöglichkeiten durch marktgängige Wärmeschutzmaßnahmen an Wand, Dach, Keller und Fenstern sowie durch lüftungstechnische Maßnahmen ermittelt. Die Tabelle 3.1-2 zeigt die auf diesem Wege auf den Gebäudebestand der Baualtersklassen hochgerechneten Energiekennzahlen:

Tabelle 3.1-2: Energiekennzahlen nach Gebäudealtersklassen 2005 in kWh/(m²*a) (spezifischer Nutzenergiebedarf für Raumwärme im Normaljahr)

		Referenz	Trend	Spar	Potential	Zukunfts- Potential
EFH	bis 1948 1949 - 68 1969 - 78 1979 - 83 1984 - 90	201 182 145 120 115	170 158 138 119 115	110 111 111 100 102	87 78 97 86 95	25 25 25 25 25 25
MFH	bis 1948 1949 - 68 1969 - 78 1979 - 83 1984 - 90	166 175 119 115 78	148 150 113 107 78	101 107 93 88 70	80 63 49 54 54	16 17 18 16

Bereits ausgeführte Sanierungsmaßnahmen in Demonstrationsprojekten belegen, daß die ermittelten Zielwerte für die Energieeinsparung erreichbar sind. Durch über den heutigen Stand hinausgehenden Fortschritt der Technik wird sich sowohl das technische als auch das ökonomische Einsparpotential in Zukunft fortlaufend erweitern. Physikalische, technische oder baupraktische Untergrenzen für die Reduzierung des Raumwärmeverbrauchs existieren theoretisch nicht. Sowohl das dänische als auch das schwedische Programm zur Energieeinsparung im Gebäudebestand belegen, daß die hieraus ermittelte Energieeinsparung von ca. einem Drittel bis zum Jahre 2005 - d.h. innerhalb eines Zeitraums von 15 Jahren - bei konsequenter Umsetzung tatsächlich erzielt werden kann. Das wirtschaftlich nutzbare Gesamtpotential beträgt 52%. Abbildung 3.1-1 zeigt die Szenarien für die Verringerung des Heizenergiebedarfs durch bauliche Maßnahmen im Gebäudebestand der Bundesrepublik Deutschland /IWU 89/:

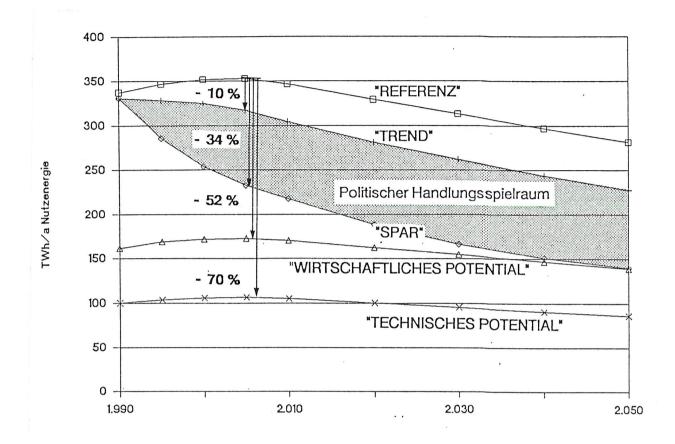


Abb.3.1-1: Szenarien für die Verringerung des Heizenergiebedarfs durch bauliche Maßnahmen in der Bundesrepublik Deutschland /IWU 89/

Bis zum Jahre 2005 halten sich Abriß und Aktivierung von Wohnflächen im Gebäudebestand von 1990 weitgehend die Waage, so daß die absoluten Emissionswerte für 2005 mit denen von 1987 weitgehend vergleichbar sind (Minderung nur durch Heizungssanierung). Ohne weitere bauliche Energiesparmaßnahmen ergäbe sich bis zum Jahr 2005 lediglich eine Verringerung der CO₂-Emissionen von 5 %, da der erheblichen Anhebung des durchschnittlichen Jahresnutzungsgrades der Heizsysteme von 71 % auf 83,5 % durch Heizungssanierung auf den Stand der Technik der Trend zur Angleichung des Wohnkomforts (Verdrängung dezentraler Heizsysteme, Vollbeheizung) entgegenwirkt. Die möglichen Emissionsverringerungen bei unterschiedlicher Intensität der baulichen Energiesparmaßnahmen zeigen Tabelle 3.1-3 und Abb. 3.1-2:

Tabelle 3.1-3: Entwicklung der Emissionen bis 2005 aus dem Energieeinsatz für Raumwärmeerzeugung

	Nutz- Energie PJ	End- Energie /a	co ₂	Cmissio CH ₄ 1000	NMVOC	NOX
Referenz Trend Spar Potential Zukunfts- potential	1279 1136 826 602 169	1531 1360 988 721 203	121223 107583 78092 57074 16038	313 277 200 147 41	25 22 16 12 3	104 92 67 49 14

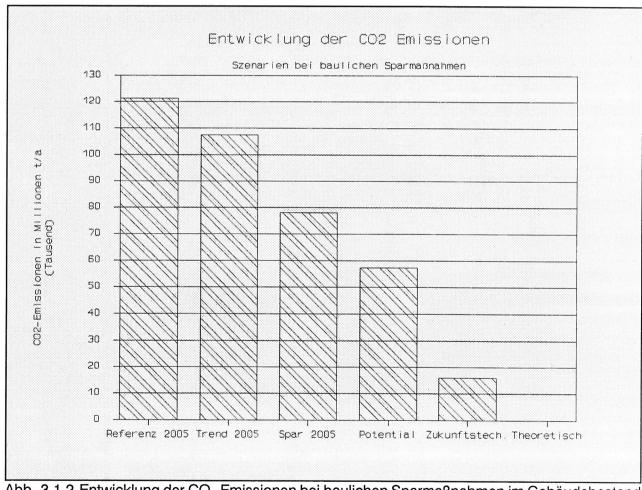


Abb. 3.1-2 Entwicklung der CO₂-Emissionen bei baulichen Sparmaßnahmen im Gebäudebestand (sanierte Heizungsanlagen)

Gegenüber dem Referenzfall wird im SPAR-Szenario dreimal so viel Kohlendioxid (CO_2) wie bei einer moderaten Entwicklung (TREND) eingespart. Dies gilt in fast gleicher Weise

für alle anderen betrachteten Emissionen, da in den Szenarien unter gleichen heizungstechnischen Voraussetzungen keine gegenläufigen Effekte auftreten können (Abb. 3.1-2).

Zusammenfassung

- Die im Gebäudebestand im Rahmen der Erneuerungszyklen vor sich gehende Sanierung der Heizungsanlagen führt bis zum Jahr 2005 zu einer erheblichen Verbesserung der durchschnittlichen Jahresnutzungsgrade von heute 71 % auf dann etwa 83,5 %. Dies wird jedoch nur zu einer minimalen Verringerung der klimarelevanten Emissionen von ca. 5 % führen, da der Trend zur Angleichung des Wohnkomforts entgegenwirkt.
- Die unter heutigen Rahmenbedingungen trendmäßig zu erwartenden baulichen Energiesparmaßnahmen führen gegenüber dem REFERENZ-Szenario (baulicher Standard 1987, vollbeheizt, sanierte Heizungsanlage) nur zu Emissionsminderungen von 11,3 % bis zum Jahr 2005.
- Durch erhebliche politische Anstrengungen kann auf der Grundlage heute verfügbarer und bewährter Technik bis 2005 die Emissionsminderung gegenüber dem TREND-Szenario verdreifacht werden (SPAR).
- Das bis Mitte des n\u00e4chsten Jahrhunderts zu erschlie\u00dfende Emissionsminderungspotential durch bauliche Ma\u00dfnahmen mit heute verf\u00fcgbarer und bew\u00e4hrter Technik
 betr\u00e4gt 53%, bei Ber\u00fccksichtigung heute absehbarer Technologieentwicklung sogar
 87% (Potential und Zukunftstechnik).

Anlage A 2

Niedertemperaturwärmebedarf

Private Haushalte

Schleswig-Holstein

1987

Beheizungsstruktur von Wohneinheiten in Schleswig-Holstein

1. Globalauswertung der Gebäude- und Wohnungszählung 1987

Eine Auswertung der vom statistischen Bundesamt /GWZ 89/ veröffentlichten Daten ergibt die Aufstellungen in Tabelle 1-1 bis 1-3. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß noch nur teilbeheizte Ferienwohneinheiten enthalten sind und Wohneinheiten in Gebäuden mit überwiegender Wohnheimnutzung nicht eindeutig den EZFH oder den MFH zugeordnet werden können und in der Statistik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zum Sektor Kleinverbrauch gehören.

Tabelle 1-1: Ermittlung der bewohnten Wohneinheiten in Schleswig-Holstein 1987)

Anzahl Wohnungen	1.128.359	davon	576.177 552.182	
Sonstige Wohneinheiten	17.472		+	Wohnheimen
Leerstehende Wohnungen	20.290			
" sonst. WE	920			
Bewohnte Wohnungen	1.108.069	davon	568.061 540.008	==
+ bewohnte sonstige			+	Wohnheimen
Wohneinheiten (WE)	16.552			
Bewohnte Wohneinheiten	1.124.621			

Die Aufteilung der Leerstände auf EZFH und MFH erfolgt anhand der Wohnungsstichprobe 78 für die BRD unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anteile der Wohneinheiten am jeweiligen Gesamtbestand.

Tabelle 1-2: Wohnungsleerstände 1978 und 1987

	Anteil der Wohnei Gesamtbestand	
EZFH 1978	43 %	37 %
MFH 1978	57 %	63 %
EZFH 1987	51 %	40 %
MFH 1987	49 %	60 %

/Wohnungsstichprobe 1978/

/GWZ 89/

Die Definitionen der Beheizungsarten in der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 sind leider nicht schlüssig, es wurde deshalb eine Anpassung der Daten auf zentrale und dezentrale Systeme vorgenommen. Hierbei werden Gasetagenheizungen den zentralen Systemen zugerechnet, während bei Öl-, Kohle- und Strometagenheizungen eher davon auszugehen ist, daß es sich um Ofenheizungen kleiner Wohneinheiten und damit um dezentrale Systeme handelt. Die Aufteilung der Wohneinheiten mit zwei und mehr Energiearten erfolgt in Abstimmung mit bereits vorliegenden Untersuchungen /Prognos/auf jeweils einen Hauptenergieträger.

Tabelle 1-3: Aufteilung der bewohnten Wohneinheiten nach Heizsystemen in Schleswig-Holstein 1987

	Einteilung G Zentralheizg		ng 87 Ofen	Systematik zentral	Enquete dezentral
Gas	292.896	30.602	22.351	323.498	22.351
Heizöl	505.606	2.635	19.453	505.606	35.711
Kohle/Holz etc	19.706	1.458	34.909	19.706	37.480
Fernwärme	121.795	0	0	121.795	0
Strom	6.966	851	40.325	6.966	46.795
mit 2 Energien			18.618		
mit 3 und mehr			1.737		
Gesamt	946.969	35.546	137.393	977.571	142.337
Summe	1.119.908			1.119.908	

In Zusammenhang mit einer anderen Untersuchung /INNOTEC 90/ für das Land Schleswig-Holstein nahm das statistische Landesamt eine Sonderauswertung über die Aufteilung des Gebäudebestandes auf zwei Gebäudealtersklassen sowie die Energie- und Beheizungsarten vor. Die Vorgaben für die Auswertestruktur durch den Auftraggeber waren nicht an allen Stellen ausreichend, so daß eine Reihe von Korrekturen anhand der Eckdaten aus Tabelle 1-3 vorgenommen werden mußten. Die in den Tabellen 1-4 sowie 1-6 und 1-7 ausgewiesenen Ergebnisse sind deshalb nicht an allen Stellen kompatibel mit der vorgelegten Untersuchung /INNOTEC 90/. Die Differenzen sind im einzelnen an anderer Stelle /Mt 90/ dokumentiert.

Tabelle 1-4 zeigt zusammengefaßt die baulichen Kennwerte der in der Sonderauswertung berücksichtigten Gebäudetypen, wobei der spezifische Nutzwärmebedarf mit Hilfe der Gebäudetypenmethode durch eine detaillierte Betrachtung von insgesamt dreißig für die BR Deutschland repräsentativen Gebäudetypen in sieben Gebäudealtersklassen ermittelt und dann auf die in der Sonderauswertung berücksichtigten Gebäudealtersklassen aggregiert wurde. Hier wäre zukünftig anzustreben, Kennwerte aus einer zu entwickelnden

regionalen Gebäudetypologie Schleswig-Holstein zu verwenden (s.u.), die sich in vielen Punkten erheblich von der BRD-Typologie unterscheiden wird. Hier wäre beispielsweise die in Norddeutschland traditionell weit verbreitete zweischalige Bauweise zu erwähnen, die in der BRD-Typologie lediglich durch einen Gebäudetyp repräsentiert wird. Dies wiederum kann erhebliche Auswirkungen auf Art, Rangfolge und Wirtschaftlichkeit von baulichen Sparmaßnahmen haben.

Bei den dezentral beheizten Gebäuden wird einheitlich von einem um fast 40% verringerten Energiedienstleistungsbedarf in Anlehnung an /FfE/ ausgegangen, damit die Ergebnisse mit den Studien der Enquete-Kommission kompatibel bleiben. An dieser Stelle soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß diese Aussage vom Gutachter in Bezug auf elektrische Nachtspeicherheizungen nicht geteilt wird. Untersuchungen zeigen, daß zumindest in Gebäuden mit älteren Elektronachtspeicherheizungen kein verringerter Nutzwärmebedarf gegenüber zentralen Heizungssystemen nachgewiesen werden konnte (s. z.B. /efeu 87/). Diese erhebliche Abweichung beeinflußt trotzdem nicht die prinzipiellen Schlußfolgerungen bei der Bewertung der elektrischen Heizsysteme, so daß mit diesen Werten weitergearbeitet wird.

Tabelle 1-4: Gebäudekennwerte nach Gebäudealtersklassen 1987 (Heizungstechnische Kennwerte bezogen auf Normaljahr) Sonderauswertung des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein

	Anzahl Wohneinheiten			Durchschni	ttl.Wohnf	lächen	Spezifischer Nutzenergiebedarf EFH MFH			arf
Baujahr	EFH	MFH	Gesamt	EFH m ²	MFH m ²	Gesamt _m 2	Zentral	Dezentral kWh,	Zentral /(m ² *a)	Dezentral
vor 1979 ab 1979	530.036 83.966		1.017.599 128.232		61 67	84 98	179 118	109 72	159 96	95 56
Gesamt	614.002	531.829	1.145.831	106	62	86				

Tabelle 1-5: Heizzahlen 1987 nach /FfE/

	EZFH zentral	dezentral	dezentral	
Heizöl	0,679	0,712	0,711	0,712
Erdgas	0,687	0,785	0,720	0,712
Kohle Fernwärme	0,603 0,857	0,632	0,634	0,632
Strom	0,830	0,970	0,857 -	0,960

Tabelle 1-6: Beheizungsstruktur von Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern in Schleswig-Holstein 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Ein- und lienhäus	Zweifami er 1987	- Baujahr	Anzahl WE	Wohnfl. m ² /WE	Nutz.grad Gesamt	Wärmebed.	Spez. Endenerg. (m ² *a)	Wärme- bedarf PJ/a	Endenergie- bedarf PJ/a
Zentral	Heizöl	vor 1979	274.493	109	0,679	179,0	263,6	19,2	28,3
	El.	ab 1979	29.541	117	0,679	118,0	173,8	1,5	2,2
		- Gesamt	304.034	109	0,679	172,7	254,3	20,7	30,4
	Erdgas	vor 1979	132.048	95	0,687	179,0	260,6	8,1	11,7
		ab 1979	40.589	114	0,687	118,0	171,8	2,0	2,8
		- Gesamt	172.637	99	0,687	162,6	236,6	10,0	14,6
	Kohle	vor 1979	18.360	99	0,603	179,0	296,8	1,2	1,9
		ab 1979	2.035	111	0,603	118,0	195,7	0,1	0,2
		- Gesamt	20.395	100	0,603	172,3	285,7	1,3	2,1
	Fern-	vor 1979	11.295	99	0,857	179,0	208,9	0,7	0,8
	wärme	ab 1979	1.252	111	0,857	118,0	137,7	0,1	0,1
		- Gesamt	12.547	100	0,857	172,3	201,0	0,8	0,9
	Strom	vor 1979	3.479	97	0,830	179,0	215,7	0,2	0,3
		ab 1979	2.152	117	0,830	118,0	142,2	0,1	0,1
		- Gesamt	5.631	105	0,830	153,0	184,3	0,3	0,4
Dezentra	l Heizöl	vor 1979	19.325	107	0,712	109,2	153,4	0,8	1,1
	Εl	ab 1979	0.891	112	0,712	72,1	101,3	0,0	0,0
		- Gesamt	20.216	107	0,712	107,5	150,9	0,8	1,2
	Erdgas	vor 1979	9.294	99	0,785	109,2	139,1	0,4	0,5
		ab 1979	1.283	111	0,785	72,1	91,9	0,0	0,0
		- Gesamt	10.577	100	0,785	104,2	132,7	0,4	0,5
Feste Br	ennstoffe	vor 1979	31.958	99	0,632	109,2	172,8	1,2	2,0
	(Kohle)	ab 1979	1.782	99	0,632	72,1	114,1	0,0	0,1
		- Gesamt	33.740	99	0,632	107,2	169,7	1,3	2,0
	Strom	vor 1979	29.784	130	0,970	109,2	112,6	1,5	1,6
		ab 1979	4.441	104	0,970	72,1	74,3	0,1	0,1
	•••••	- Gesamt	34.225	127	0,970	105,2	108,5	1,6	1,7
Ein- und	Zweifami	lienhäuser	614.002	106	0,691	158,7	229,5	37,2	53,8

Tabelle 1-7: Beheizungsstruktur von Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern in Schleswig-Holstein 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Mehrfami 1987	l i enhäuse	r	Anzahl	Wohnfl.	Nutz.grad Gesamt	Spez. Wärmebed.	Spez.	Wärme- bedarf	Endenergie-
1,01		Baujahr	WE	m ² /WE	desame	kWh/(i		PJ/a	PJ/a
Zentral	Heizöl	vor 1979	201.922	62	0,711	159,0	223,6	7,2	10,1
	El.	ab 1979	9.241	67	0,711	96,0	135,0	0,2	0,3
		- Gesamt	211.063	63	0,711	156,0	219,5	7,4	10,4
	Erdgas	vor 1979	130.864	60	0,720	159,0	220,8	4,5	6,3
		ab 1979	24.084	69	0,720	96,0	133,3	0,6	0,8
		- Gesamt	154.948	62	0,720	148,1	205,7	5,1	7,1
	Kohle	vor 1979	3.140	66	0,634	159,0	250,8	0,1	0,2
		ab 1979	0.111	66	0,634	96,0	151,4	0,0	0,0
		- Gesamt	3.251	66	0,634	156,9	247,4	0,1	0,2
	Fern-	vor 1979	100.637	62	0,857	159,0	185,5	3,6	4,2
	wärme	ab 1979	8.611	66	0,857	96,0	112,0	0,2	0,2
		- Gesamt	109.248	63	0,857	153,8	179,4	3,8	4,4
Dezentra	l Heizöl	vor 1979	5.935	67	0,712	95,3	133,9	0,1	0,2
	El.	ab 1979	0.149	64	0,712	56,2	79,0	0,0	0,0
		- Gesamt	6.084	67	0,712	94,4	132,6	0,1	0,2
	Erdgas	vor 1979	15.168	60	0,785	95,3	121,4	0,3	0,4
		ab 1979	0.467	64	0,785	56,2	71,6	0,0	0,0
		- Gesamt	15.635	60	0,785	94,1	119,9	0,3	0,4
Feste Bre	ennstoffe	vor 1979	13.667	59	0,632	95,3	150,8	0,3	0,4
	Kohle	ab 1979	0.187	59	0,632	56,2	89,0	0,0	0,0
		- Gesamt	13.854	59	0,632	94,8	150,0	0,3	0,4
	Strom	vor 1979	16.230	54	0,960	95,3	99,3	0,3	0,3
		ab 1979	1.416	40	0,960	56,2	58,6	0,0	0,0
	•••••	- Gesamt	17.646	52	0,960	93,0	96,8	0,3	100
Mehrfamil	l i enh äuse	r	531.829	62	0,744	147,4	198,2	17,5	23,5

In Tabelle 1-8 sind die wichtigsten Kenndaten über die Beheizungstruktur der privaten Haushalte für das Jahr 1987 dargestellt.

Tab. 1-8: Beheizungsstruktur von Wohneinheiten in Schleswig-Holstein 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Endenergie- träger	Anzahl W Zentral WE	ohneinheit Dezentral WE		1	hnittl.Woh Dezentral m2/WE			scher Nutz Dezentral kWh/(m2a	Gesamt
Heizöl EL	515.197	26.300	541.497	90	98	91	168	105	165
Erdgas	327.585	26.212	353.797	81	76	81	157	99	153
Kohle	23.646	47.594	71.240	96	87	90	171	105	128
Strom	8.003	49.499	57.502	105	106	106	153	103	110
Fernwärme	121.795	0	121.795	66	0	66	157	0	157
Gesamt	996.226	149.605	1145.831	85	93	86	163	103	155

Nutzungsgrad				ndenergieb		Endenergiebed.(Normalj)		
Endenergie-	Zentral	Dezentral	Zentral	Dezentral	Gesamt	Zentral	Dezentral	Gesamt
träger				kWh/(m	2a)	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Heizöl EL	0,69	0,71	244	148	239	40,9	1,4	42,2
Erdgas	0,70	0,79	226	127	219	21,6	0,9	22,5
Kohle	0,61	0,63	282	166	207	2,3	2,5	4,8
Strom	0,83	0,97	184	106	117	0,4	2,0	2,4
Fernwärme	0,86	-	183	0	183	5,3	0,0	5,3
Gesamt	0,70	0,77	233	135	219	70,5	6,8	77,3

	Nutzungsg	ırad	Spez. Enc	lenergie	bedarf.	Endenergi	ebed.(No	rmalj)
Endenergie-	EZFH M	IFH	EZFH	MFH	Gesamt	EZFH	MFH	Gesamt
träger				kWh/(m2a)	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Heizöl EL	0,68	0,71	248	217	239	31,6	10,6	42,2
Erdgas	0,69	0,72	231	198	219	15,1	7,5	22,5
Kohle	0,62	0,63	214	170	207	4,1	0,6	4,8
Strom	0,94	0,96	118	97	114	2,1	0,3	2,4
Fernwärme	0,86	0,86	201	179	183	0,9	4,4	5,3
Gesamt	0,69	0,74	230	198	219	53,8	23,5	77,3

Zusammenfassung:

Der spezifische Nutzwärmebedarf für Raumwärme bei zentral beheizten Gebäuden liegt gegenwärtig bei durchschnittlich 163 kWh/(m²*a), der Endenergiebedarf bei 230 kWh/(m²*a), was einem jährlichen Heizölverbrauch von ca. 23 I pro Quadratmeter Wohnfläche entspricht. Bei dezentral beheizten Gebäuden (Ofenheizungen) sind die entsprechenden Werte niedriger, da i.d.R. nur ein Teil der Wohnfläche beheizt wird. Im Durchschnitt über den gesamten Gebäudebestand ergeben sich dadurch Bedarfswerte von 155 kWh/(m²*a) Nutzwärme und 219 kWh/(m²*a) Endenergie.

Abbildung 2.1-1 zeigt die Anteile der Energieträger an der Deckung des Nutzwärmebedarfs der privaten Haushalte 1987 (umgerechnet auf das meteorologische Normaljahr).

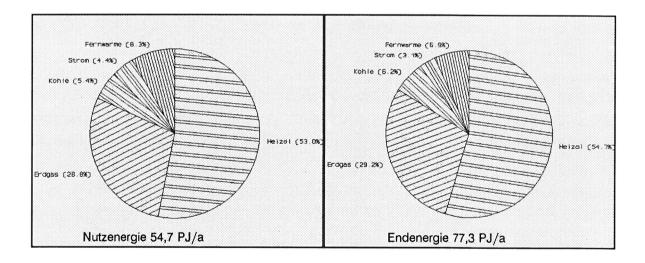


Abbildung 2.1-1 Anteile der Energieträger am Nutzwärmebedarf der privaten Haushalte Schleswig-Holstein 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Zukünftige Sonderauswertungen sollten sinnvollerweise die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Einbeziehung aller Wohneinheiten, dabei gesondertes Ausweisen der Wohneinheiten in Gebäuden mit überwiegender Wohnheimnutzung und von Ferienwohneinheiten
- Aufteilung auf acht Gebäudealtersklassen und zwei Gebäudetypen (EZFH und MFH) mit Angabe der jeweiligen durchschnittlichen Wohnflächen
- Jeweils Einbeziehung aller Heizsysteme und Beheizungsarten, wobei bei den Beheizungsarten eine Aufteilung auf zentrale (Zentralheizungen und Gasetagenheizungen) und dezentrale (Ofenheizungen und sonstige Etagenheizungen) Systeme vorgenommen werden sollte
- Ausschließen von Doppel- und Dreifachzählungen durch Zuordnung auf einen Hauptenergieträger bei Ofenheizungen mit mehr als einer Energieart (hier wäre eventuell eine Stichprobenuntersuchung sinnvoll, obwohl der Bereich insgesamt nicht sehr ergebnisrelevant ist)

Die hohe Anzahl der Gebäudealtersklassen ist deshalb sinnvoll, um in zukünftigen Energiekonzepten und im vorgesehenen Wärmeatlas Schleswig-Holstein die Energiesparpotentiale durch bauliche Maßnahmen differenziert einbeziehen zu können. Dies erfordert zusätzlich die Erstellung einer Gebäudetypologie für das Land Schleswig-Holstein, die nach den gleichen Baualtersklassen, Gebäudetypen und nach großstädtischer, mittel- bis großstädtischer sowie kleinstädtisch-ländlicher Bebauung differenziert. Die Ergebnisse der Typologie sollten in einheitlichen Datenblättern dokumentiert werden, die neben einem Foto die wichtigsten energierelevanten Daten, Skizzen zum konstruktiven Aufbau sowie verständliche Hinweise und Grafiken für Musterlösungen von Energiesparmaßnahmen bzw. sinnvollen Maßnahmenkombinationen enthalten. Die Gebäudetypologie soll gleichzeitig methodische Hinweise enthalten, die eine Ergänzung bei der Erstellung von Energiekonzepten oder durch Fachleute vor Ort (Energieberater, Architekten, Bauämter) erleichtern. Eine Voraussetzung für die Umsetzung von Vorschlägen und Konzepten zur Erschließung des baulichen Energiesparpotentials ist, daß jeder Hausbesitzer seinen Gebäudetyp zumindest in wesentlichen Teilen in der Gebäudetypologie wiedererkennt.

Warmwasserwärmebedarf:

Für den Warmwasserwärmebedarf wird wiederum in Anlehnung an /FfE/ von 1500 kWh/Wohneinheit bei EZFH und 1000 kWh/Wohneinheit bei MFH ausgegangen. Die Nutzungsgrade der Warmwasserbereitungssysteme und die Anteile der versorgten Wohneinheiten zeigt Tabelle 1-9. Für Schleswig-Holstein wird dabei die gleiche prozentuale Verteilung der Warmwasserversorgungssysteme angenommen, wie in der BR Deutschland, da keine weiteren Angaben verfügbar waren.

Tabelle 1-9: Warmwasserbereitung der privaten Haushalte nach Versorgungsarten und Energieträgern, Schleswig-Holstein 1987

		Anzahl	WE	Nutzu	ngsgrad	Nutzen	ergie in	GWh/a	Endene	rgie in (GWh∕a
		EZFH	MFH	EZFH	MFH	EZFH	MFH	Gesamt	EZFH	MFH	Gesamt
Gebäude-	Heizöl	189125	130210	0,45	0,39	284	130	414	627	334	961
zentral	Erdgas	95759	97365	0,45	0,39	144	97	241	318	250	567
	Strom	32645	0	0,72	0,62	49	0	49	68	0	68
	El.WP	15779	0	1,65	1,43	24	0	24	14	0	14
	Fernwär.	6529	36360	0,61	0,53	10	36	46	16	69	85
Dezentra	l Erdgas	89230	31108	0,76	0,76	134	31	165	176	41	217
	Kohle	0	31512		0,48	0	32	32	0	66	66
	Strom	184935	205274	0,94	0,94	277	205	483	295	218	513
	Gesamt	614002	531829	0,61	0,54	921	532	1453	1514	977	2492

2. Ermittlung der Emissionen aus der Niedertemperaturwärmeerzeugung 1987

Aus dem Endenergiebedarf für Raumwärmeerzeugung und Warmwasserbereitung der privaten Haushalte und seiner Aufteilung auf die Energieträger lassen sich die Emissionen in ihrer Zuordnung zu Gebäudetypen und Energieträgern berechnen. Tabelle 2-2 zeigt für den gesamten Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte die mit Hilfe der von der Enquete-Kommission vorgegebenen Emissionsmatrix /GEMIS/ berechneten klimarelevanten Emissionen für Kohlendioxid (CO₂) sowie die End- und Nutzenergiebedarfswerte nach Endenergieträgern. In der Emissionsmatrix wurde für die Fernwärme die spezifische Erzeugungsstruktur in Schleswig-Holstein mit einem überproportional hohen Kohleanteil berücksichtigt, im Stromsektor wird wegen des überregionalen Verbundes weiter vom durchschnitt-lichen Kraftwerkspark der BR Deutschland ausgegangen (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Spezifische Emissionsfaktoren in kg/TJ Endenergie Schleswig-Holstein 1987

	CO2			СН4			NMVOC			NOx		
					dezent			dezent	5	(m) (m) (m) (m) (m)	dezent	- 1
	direkt	indirekt	gesamt	direkt	direkt	indirekt	direkt	direkt	indirekt	direkt	direkt	indirekt
Heizöl	73000	6900	79900	1	1.5	104	4	6	21	50	70	31
Erdgas	55000	3100	58100	5	7.5	217	5	7.5	2.4	50	60	15
Kohle	93000	3400	96400	180	270	449	60	90	0.2	75	50	20
Strom	0	176000	176000	0	0	676	0	0	4.8	0	0	524
Fernw.	0	76877	76877	0	0	193	0	0	8.7	0	0	152

Tabelle 2-2: Niedertemperaturwärmebedarf und CO₂-Emissionen der privaten Haushalte nach Endenergieträgern Schleswig-Holstein 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Endenergie-						Endenergie			CO2-Emissi	onen
träger	EZFH	MFH	Gesamt	Anteil	EZFH	MFH	Gesamt	EZFH	MFH	Gesamt
		GWh/a		%		GWh/a			1000t/a	
Heizöl el.	6256	2230	8486	51,0	9407	3287	12694	2706	946	3651
Erdgas	3169	1629	4798	28,8	4683	2364	7047	979	494	1474
Kohle	709	143	852	5,1	1148	241	1390	399	84	482
Strom	898	291	1189	7,1	958	308	1266	607	195	802
Fernwärme	226	1088	1314	7,9	269	1296	1565	74	359	433
Gesamt	11258	5381	16639	100,0	16464	7497	23962	4765	2078	6843

Unter Berücksichtigung der Erzeugungsstruktur im Fernwärmesektor ergibt sich hieraus die folgende Abbildung 2-1.

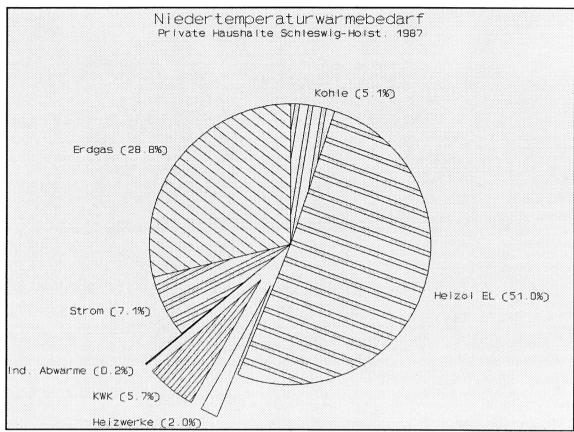


Abb. 2-1 Anteile der Endenergieträger am Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte / Schleswig-Holstein 1987

Betrachtet man die Anteile der Endenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs der privaten Haushalte, so fällt insbesondere der gegenüber dem Durchschnitt der BR Deutschland höhere Anteil der Fernwärme auf (7,9% gegenüber 5,1% in der BRD), obwohl Schleswig-Holstein ein eher ländlich strukturiertes Bundesland ist. Damit ergeben sich die folgenden spezifischen Kennwerte:

Tabelle 2-3: Spezifische Kennwerte Niedertemperaturwärmeerzeugung Schleswig-Holstein 1987

	Spezifischer Niedertemperatur- wärmebedarf kWh/(m²*a)	Spezifischer Endenergiebedarf kWh/(m ² *a)	Spezifische CO ₂ -Emission kg/(m ² *a)
EZFH	173	253	71
мғн	164	228	63
Gesamt	170	244	70

Zusammenfassend sind dem Bereich Niedertemperaturwärmeerzeugung (Raumwärme und Warmwasser der privaten Haushalte 1987 in Schleswig-Holstein ca. 6,8 Millionen t CO₂-Emissionen zuzuordnen. Die durchschnittliche spezifische CO₂-Emission beträgt 70 kg/(m²*a).

Unter Berücksichtigung der Erzeugungsstrukturen im Strom- und Fernwärmesektor ergeben sich damit die in Tabelle 2-4 dargestellten Anteile der Primärenergieträger an der Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs. Hierbei wurde der gesamte Kraftwerkspark der Bundesrepublik Deutschland und die spezifischen Fernwärmeerzeugungsstrukturen in Schleswig-Holstein zugrunde gelegt.

Tabelle 2-4: Niedertemperaturwärmebedarf der privaten Haushalte nach Primärenergieträgern Schleswig-Holstein 1987

	Primär- energie %	End- energie %	Nutz- energie %
Heizöl	50,8	54,0	52,2
Erdgas	30,7	31,1	30,9
Kohle	13,5	12,4	13,6
Regenerative	0,6	0,3	0,4
Abfall	0,6	0,5	0,6
Atom	3,8	1,7	2,3
Ind. Abwärme	0,0	0,0	0,0
Gesamt	100,0	100,0	100,0

Anlage A 3

Niedertemperaturwärmebedarf

Nichtwohngebäude

Bundesrepublik Deutschland

1987

1. Ermittlung des Niedertemperaturwärmebedarfs im Sektor Kleinverbraucher

Für den Sektor Kleinverbraucher ergibt sich die folgende Aufteilung des Endenergiebedarfs auf die Anwendungsbereiche:

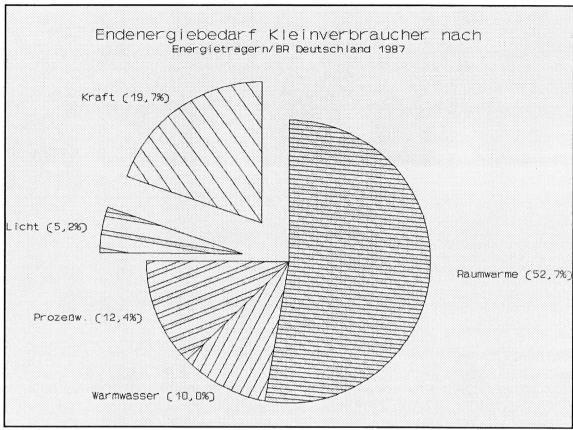


Abb. 1-1 Aufteilung des Endenergiebedarfs der Kleinverbraucher nach Anwendungsbereichen Bundesrepublik Deutschland 1987

Unter Berücksichtigung des im Jahr 1987 erhöhten Heizenergiebedarfes ergeben sich hieraus die zugehörigen CO₂-Emissionen aus der Niedertemperaturwärmeerzeugung des Sektors Kleinverbrauch:

Tabelle 1-1 Niedertemperaturwärmebedarf der Kleinverbraucher BR Deutschland 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen (*)

	Endenergie Raumwärme	e Warmwasser PJ/a	Gesamt	Nutzungsgi Raumwärme	rade Warmwasser	1	emperaturwa ne Warmwass PJ/a		CO2-Emiss Raumwärme	ionen Warmwasse 1000 t/a	er Gesamt
Heizöl Gas Kohle Strom Fernwärme Sonst.	326,8 181,3 35,7 38,4 57,7 0,0	41,0 32,2 0,0 44,0 11,7 0,0	367,8 213,5 35,7 82,4 69,4	71,1% 72,0% 63,4% 96,0% 85,7%	39,0% 39,0% - 94,0% 53,0%	232,4 130,5 22,6 36,9 49,4	16,0 12,6 41,3 6,2	248,4 143,1 22,6 78,2 55,6	26.111 10.530 3.441 6.767 3.806	3.278 1.873 0 7.737 774	29.389 12.403 3.441 14.504 4.580
Gesamt	639,9	128,9	768,8			471,8	76,1	547.9	50.655	13.663	64.318

Für Schleswig-Holstein liegen keine Daten über die Aufteilung des Wärmebedarfs auf die Anwendungen Raumwärme, Warmwasser und Prozeßwärme vor. In der vorliegenden /InnoTec 89/-Untersuchung wird lediglich eine Aufteilung auf die Bereiche Licht, Kraft und Wärme angegeben, die zudem erheblich von der der Bundesrepublik abweicht. In Hinblick auf den geplanten Kraft-Wärme-Atlas Schleswig-Holstein sind genauere Untersuchungen notwendig.

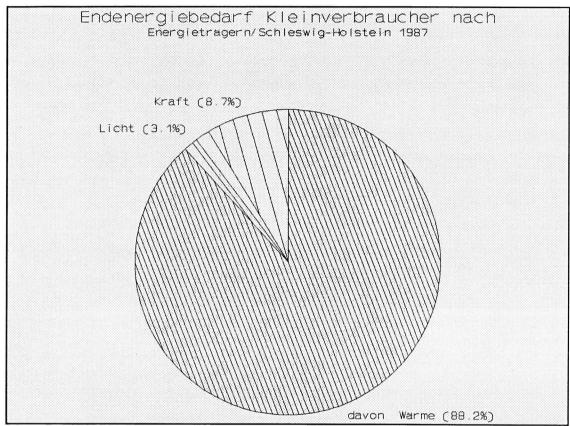


Abb. 1-2 Aufteilung des Endenergiebedarfs der Kleinverbraucher nach Anwendungsbereichen Schleswig-Holstein 1987 /InnoTec 89/

2. Ermittlung des Niedertemperaturwärmebedarfs im Sektor Industrie

Für den Sektor Kleinverbraucher ergibt sich die folgende Aufteilung des Endenergiebedarfs auf die Anwendungsbereiche:

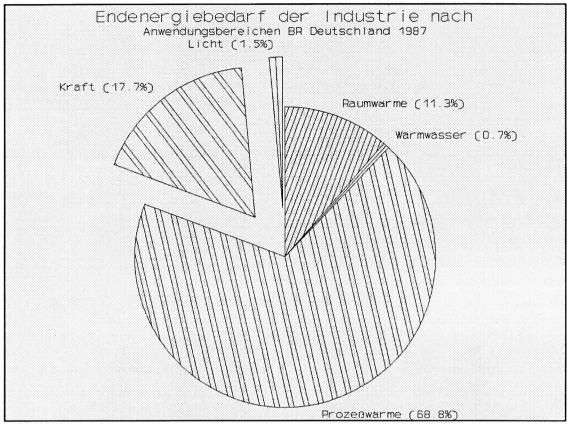


Abb. 2-1 Aufteilung des Endenergiebedarfs der Industrie nach Anwendungsbereichen Bundesrepublik Deutschland 1987

Unter Berücksichtigung des im Jahr 1987 erhöhten Heizenergiebedarfes ergeben sich hieraus die zugehörigen CO₂-Emissionen aus der Niedertemperaturwärmeerzeugung des Sektors Industrie:

Tabelle 2-1 Niedertemperaturwärmebedarf der Industrie BR Deutschland 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

	Endenergie	•		Nutzungsg	rade	Niedertem	peraturwärm	ebedarf	CO2-Emiss	ionen	
	Raumwärme	Warmwasser PJ/a	Gesamt	Raumwärme	Warmwasser	Raumwärme	Warmwasser PJ/a	Gesamt	Raumwärme	Warmwasser 1000 t/a	Gesamt
Mineralöl Gase Kohle Strom Fernwärme Regener.+	101,6 96,1 13,7 2,7 19,2 0,0	8,8 5,9 0,0 0,0 0,0	110,4 102,0 13,7 2,7 19,2 0,0	71,1% 72,0% 63,4% 96,0% 85,7% 63,4%	39,0% 39,0% 34,0% 94,0% 53,0% 34,0%	72,2 69,2 8,7 2,6 16,5 0,0	3,4 2,3 0,0 0,0 0,0	75,7 71,5 8,7 2,6 16,5 0,0	8.118 5.584 1.324 483 1.269	703 341 0 0 0	8.821 5.925 1.324 483 1.269
Summe	233,4	14,7	248,1			169,3	5,7	175,0	16.779	1.043	17.822

Für Schleswig-Holstein liegen wiederum keine Daten über die Aufteilung des Wärmebedarfs auf die Anwendungen Raumwärme, Warmwasser und Prozeßwärme vor. In der vorliegenden /InnoTec 89/-Untersuchung wird lediglich eine Aufteilung auf die Bereiche Licht, Kraft und Wärme angegeben, die zudem erheblich von der der Bundesrepublik abweicht. In Hinblick auf den geplanten Kraft-Wärme-Atlas Schleswig-Holstein sind genauere Untersuchungen notwendig.

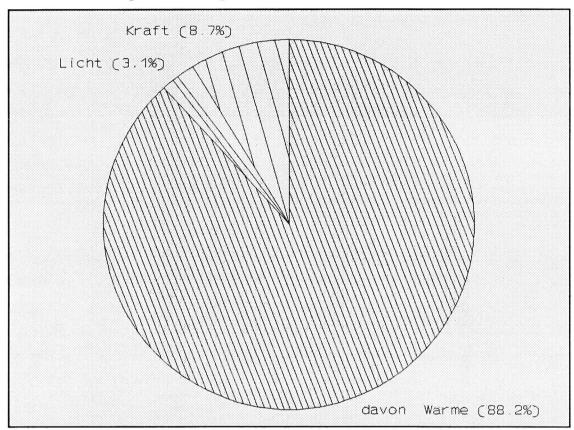


Abb. 2-2 Aufteilung des Endenergiebedarfs der Industrie nach Anwendungsbereichen Schleswig-Holstein 1987 /InnoTec 89/

Anlage A 4

Niedertemperaturwärmebedarf

Dänemark

1987

Beheizungsstruktur von Gebäuden in Dänemark

1. Beheizungsstruktur von Gebäuden nach Altersklassen und Gebäudetypen

In Dänemark ist die Datenlage bezüglich Gebäude- und Energieversorgungsstrukturen wesentlich günstiger als in der Bundesrepublik Deutschland. Aufwendige Erhebungen und statistische Untersuchungen beispielsweise im Rahmen von Energiekonzepten sind weitgehend überflüssig, da auf entsprechende in den kommunalen Gebietsrechenzentren und im Informationssystem der dänischen Energiebehörde verfügbare Daten der Bausubstanz und der eingesetzten Energieträger zurückgegriffen werden kann (s. z.B. /Energimin. 90/).

Tabelle 1-1a: Wohngebäude nach Gebäudealtersklassen Dänemark 1987

Baualters-	Freistehende	Reihenhäuser	Geschoßbauter	า	Landwirt.	Wohngebäude	
klasse	Einfamilienh.		Mehrfhaus	Wohnheime	Wohngebäude	gesamt	Anteil
vor 1920	161579	24161	38660	1611	99410	325421	23.8%
1920-49	174947	17329	27247	1497	36092	257112	18.8%
1950-65	214028	25404	9057	627	8690	257806	18.9%
1966-78	313125	45356	6914	283	6648	372326	27.3%
1979-83	47249	25112	2083	51	1660	76155	5.6%
1984/85	15380	10688	883	8	503	27462	2.0%
1986-89	26195	19605	1939	44	1037	48820	3.6%
Unbekannt	659	95	95	7	375	1231	0.1%
Gebäude	953162	167750	86878	4128	154415	1366333	100.0%

Tabelle 1-1b: Nichtwohngebäude nach Gebäudealtersklassen Dänemark 1987

	Betriebe				Kranken-		Gesamt	Gesamt
Baualters-	Dienstle	ıstung	Produkti	ion	häuser	Sommer-	Nichtwohn-	Gebäude
klasse	Öffentl.	Privat	Öffentl.	Privat	etc.	häuser	Gebäude	
vor 1920	5228	24076	599	13080	2099	6750	51832	377253
1920-49	3625	12824	652	13703	1866	17802	50472	307584
1950-65	5094	13732	827	19193	2117	42752	83715	341521
1966-78	6417	19720	925	23774	2103	84208	137147	509473
1979-83	2458	5370	361	5169	653	15115	29126	105281
1984/85	480	1959	113	1802	210	6054	10618	38080
1986-89	1019	5385	268	4439	341	7783	19235	68055
Unbekannt	112	235	21	3 20	6	201	895	2126
Gebäude	24433	83301	3766	81480	9395	180665	383040	1749373

Tabelle 1-2 zeigt die zu den Gebäudetypen gehörigen Flächen. Für die vorliegende Untersuchung lag keine Aufteilung nach Gebäudealtersklassen <u>und</u> Flächen vor, diese kann aber prinzipiell mit Hilfe des Informationssystems der dänischen Energiebehörde erstellt werden.

Tabelle 1-2: Gebäudetypen und Gebäudeflächen Dänemark 1987

Gebäudetyp	Anzahl	Fläche	Wohnein-	Mittl.	_
		1000 m2	heiten	m ² /Geb.	m ² /WE
EFH	953162	127889	953162	134	134
RH	167750	23718	234832	141	101
MFH	86878	68883	918440	793	75
Wohnheime	4128	3476	46347	842	75
Landw.WG	154415	24619	154415	159	159
Öffentl.DL.	24433	22624		926	
Private DL.	83301	50173		602	
Öffentl.PB.	3766	1952		518	
Private PB.	81480	51362		630	
Krankenhäuser	9395	10289		1095	
Sommerhäuser	180665	11223		62	
Wohngebäude	1366333	248585	2307195	182	108
Nichtwohngeb.	383040	147623		385	
Gebäude	1749373	396208	2307195	226	108

Im Unterschied zur Bundesrepublik Deutschland fällt auf, daß sich bei den Wohngebäuden 71% der Wohnflächen in Ein- und Zweifamilienhäusern befinden (BR Deutschland 58%, Schleswig-Holstein 66%). Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Diskussion der Versorgungssysteme (s.u.).

Die Aufteilung der Gebäudetypen nach Energieträgern zeigt Tabelle 1-3:

Tabelle 1-3a: Anzahl der Wohngebäude nach Energie- und Beheizungsarten Dänemark 1989

	Freistehende	Reihen-	Geschoßbaute	n	Landwirt.	Wohngebäude	Anteil
	Einfamilienh.	häuser	Mehrfhaus	Wohnheime	Wohngebäude	gesamt	%
Fernwärme	270516	92701	47525	2168	874	413784	30.3
Erdgas	81456	16445	3040	269	1028	102238	7.5
Heizöl	454556	33068	26579	958	119479	634640	46.5
Wärmepumpe	9373	464	165	0	855	10857	0.8
Sonst.zentra	l 13201	1061	815	43	13083	28203	2.1
Elektro	95606	19905	2517	95	8485	126608	9.3
Dez. Öfen	28338	4103	6207	595	10571	49814	3.6
Gesamt zent.	829102	143739	78124	3438	135319	1189722	87.1
Gesamt dez.	123944	24008	8724	690	19056	176422	12.9
Summe	953046	167747	86848	4128	154375	1366144	100.0

Tabelle 1-3b: Anzahl der Nichtwohngebäude nach Energie- und Beheizungsarten Dänemark 1989

	Betriebe	•			Kranken-		Gesamt	Gesamt
	Dienstle	istung	Produkt	ion	häuser	Sommer-	Nichtwohn-	Gebäude
	Öffentl.	Privat	Öffentl	. Privat	etc.	häuser	Gebäude	
Fernwärme	10237	27766	943	8397	3863	306	51512	465296
Erdgas	2281	4136	198	3378	721	38	10752	112990
Heizöl	7697	33484	1231	50041	4035	4973	101461	736101
Wärmepumpe	15	209	3	213	11	18	469	11326
Sonst.zentr	260	1345	188	7045	130	571	9539	37742
Elektro	2550	10112	716	4644	309	137874	156205	282813
Dez.Öfen	1378	6139	470	7316	313	36826	52442	102256
Ges.zentral	20490	66940	2563	69074	8760	5906	173733	1363455
Ges.dezent.	3928	16251	1186	11960	622	174700	208647	385069
Summe	24418	83191	3749	81034	9382	180606	382380	1748524

Den theoretischen Wärmebedarfswerten in Tabelle 1.4 liegen in Dänemark sogenannte Einheitsverbräuche der verschiedenen Gebäudetypen zu Grunde, die jeweils den gesamten Niedertemperaturwärmebedarf (also Raumwärme- und Warmwasserwärmebedarf) umfassen.

Tabelle 1-4a: Theoretischer Niedertemperaturwärmebedarf der Wohngebäude in Dänemark nach Einheitsverbräuchen in TJ/a (Normaljahr)

	Freistehende	Reihen-	Geschoßbaute	n	Landwirt.	Wohngebäude	Anteil
	Einfamilienh.	häuser	Mehrfhaus	Wohnheime	Wohngebäude	gesamt	%
Fernwärme	18315.8	5996.5	26079.3	1258.3	101.4	51751.3	38.7
Erdgas	5609.2	1018.5	1306.8	81.5	116.3	8132.3	6.1
Heizöl	31007.5	2122.2	10271.2	337.7	12244.3	55982.9	41.9
Wärmepumpe	727.7	26.2	27.4	0.0	99.2	880.5	0.7
Sonst.zentral	951.6	74.1	270.9	9.7	1536.8	2843.1	2.1
Elektro	5986.7	1085.6	398.2	13.0	726.6	8210.1	6.1
Dez. Öfen	1403.4	225.0	2944.6	408.2	779.6	5760.8	4.3
Gesamt zent.	56611.8	9237.5	37955.6	1687.2	14098.0	119590.1	89.5
Gesamt dez.	7390.1	1310.6	3342.8	421.2	1506.2	13970.9	10.5
Summe	64001.9	10548.1	41298.4	2108.4	15604.2	133561.0	100.0

Tabelle 1-4b: Theoretischer Niedertemperaturwärmebedarf der Nichtwohngebäude in Dänemark nach Einheitsverbräuchen in TJ/a (Normaljahr)

	Betriebe				Kranken-		Sonstige	Versorg.	Alle	Versorg.
	Dienstle	istung	Produkti	roduktion		Sommer-	Gebäude	Anteil	Gebäude	Anteil
	Öffentl.	Privat	Öffentl.	Privat	etc.	häuser	Gesamt	%		%
Fernwärme	7490.2	12424.8	264.0	2468.3	3956.4	3.5	26607.2	39.9	78358.5	39.1
Erdgas	1174.3	1895.2	51.2	1245.3	622.8	0.5	4989.3	7.5	13121.6	6.6
Heizöl	3093.1	10182.2	243.1	1299.0	2725.2	64.0	27606.6	41.4	83589.5	41.7
Wärmepumpe	6.3	66.4	0.6	38.2	3.4	0.2	115.1	0.2	995.6	0.5
Sonst.zentr	88.0	399.6	27.8	1275.1	59.8	5.1	1855.4	2.8	4698.5	2.3
Elektro	243.5	1233.3	44.1	452.0	50.5	1007.9	3031.3	4.5	11241.4	5.6
Dez. Öfen	181.7	951.4	44.2	1006.3	80.8	245.6	2510.0	3.8	8270.8	4.1
Gesamt zent	11851.9	24968.2	586.7	6325.9	7367.6	73.3	61173.6	91.7	180763.7	90.3
Gesamt dez.	425.2	2184.7	88.3	1458.3	131.3	1253.5	5541.3	8.3	19512.2	9.7
Summe	12277.1	27152.9	675.0	17784.2	7498.9	1326.8	66714.9	100.0	200275.9	100.0

Der Abgleich mit der dänischen Energiebilanz zeigt, daß der tatsächliche Nutzenergiebedarf 1987 bei knapp 88% des theoretisch aus den Einheitsverbräuchen errechneten Bedarfs liegt. Im folgenden wird der theoretische Wärmebedarf (insgesamt 200,3 PJ/a) mit dem tatsächlichen (bereits klimakorrigierten) Wärmebedarf 1987 von 175,9 PJ/a gleichmäßig korrigiert, so daß sich die folgende Verteilung der Verbrauchswerte ergibt:

Tabelle 1-5a: Korrigierter Niedertemperaturwärmebedarfder Wohngebäude in Dänemark 1987 in TJ/a

	Freistehende	Reihen-	Geschoßbaute	en	Landwirt.	Wohngebäude	Anteil
	Einfamilienh.	häuser	Mehrfhaus	Wohnheime	Wohngebäude	e gesamt	%
Fernwärme	16086.6	5266.7	22905.1	1105.2	89.1	45452.6	38.7
Erdgas	4926.5	894.5	1147.7	71.6	102.1	7142.5	6.1
Heizöl	27233.5	1863.9	9021.1	296.6	10754.0	49169.1	41.9
Wärmepumpe	639.1	23.0	24.1	0.0	87.1	773.3	0.7
Sonst.zentra	l 835.8	65.1	237.9	8.5	1349.8	2497.1	2.1
Elektro	5258.0	953.5	349.7	11.4	638.2	7210.8	6.1
Öl dezentral	727.2	116.6	1525.9	211.5	404.0	2985.2	2.5
Sonst. dez.	505.4	81.0	1060.3	147.0	280.7	2074.5	1.8
Gesamt zent.	49721.5	8113.2	33336.0	1481.8	12382.1	105034.6	89.5
Gesamt dez.	6490.6	1151.1	2935.9	369.9	1322.9	12270.5	10.5
Summe	56212.1	9264.3	36271.9	1851.8	13705.0	117305.1	100.0

Tabelle 1-5b: Korrigierter Niedertemperaturwärmebedarf der Nichtwohngebäude in Dänemark 1987 in TJ/a

	Betriebe				Kranken-		Sonstige	Varcana	Alle	Vancana
			Dana di data					-	DOCUMENT AND ADDRESS OF THE PARTY OF THE PAR	Versorg.
	Dienstle		Produkti		häuser	Sommer-	Gebäude	Anteil	Gebäude	Anteil
	Öffentl.	Privat	Öffentl.	Privat	etc.	häuser	Gesamt	%		%
Fernwärme	6578.6	10912.6	231.9	2167.9	3474.9	3.1	23368.8	39.9	68821.4	39.1
Erdgas	1031.4	1664.5	45.0	1093.7	547.0	0.4	4382.0	7.5	11524.5	6.6
Heizöl	2716.6	8942.9	213.5	9923.8	2393.5	56.2	24246.6	41.4	73415.7	41.7
Wärmepumpe	5.5	58.3	0.5	33.6	3.0	0.2	101.1	0.2	874.4	0.5
Sonst.zentr	77.3	351.0	24.4	1119.9	52.5	4.5	1629.6	2.8	4126.6	2.3
Elektro	213.9	1083.2	38.7	397.0	44.4	885.2	2662.4	4.5	9873.2	5.6
Öl dezentr.	94.2	493.0	22.9	521.5	41.9	127.3	1300.7	2.2	4285.8	2.4
Sonst. dez.	65.4	342.6	15.9	362.4	29.1	88.4	903.8	1.5	2978.3	1.7
Gesamt zent	10409.4	21929.3	515.3	14338.8	6470.9	64.4	53728.1	91.7	158762.7	90.3
Gesamt dez.	373.4	1918.8	77.6	1280.8	115.3	1100.9	4866.9	8.3	17137.3	9.7
Summe	10782.8	23848.1	592.8	15619.7	6586.2	1165.3	58594.9	100.0	175900.0	100.0

Mit Hilfe der in Tabelle 1-2 dargestellten Wohnflächen läßt sich der spezifische Niedertemperaturwärmebedarf der Gebäudetypen ermitteln, der Grundlage für den Vergleich der baulichen Dämmstandards und der Verbrauchsgewohnheiten ist. Diese beiden Parameter lassen sich mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht eindeutig trennen. Tabelle 1.6 zeigt für die verschiedenen Haustypen der dänischen Statistik die für 1987 ermittelten spezifischen Wärmebedarfswerte sowie die Zusammenfassung der Wohngebäude nach den Kategorien Ein- und Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser.

Tabelle 1.6: Spezifischer Niedertemperaturwärmebedarf der Gebäude in Dänemark 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

Gebäudetyp	Wärmebedarf TJ/a	Fläche 1000 m2	Spez. Wärmebed. kWh/(m2*a)	
EFH RH MFH Wohnheime Landw. Wohng. Öffentl.DL. Private DL. Öffentl.Prod. Private Prod. Krankenhäuser Sommerhäuser	56212 9264 36272 1852 13705 10783 23848 593 15620 6586 1165	127889 23718 68883 3476 24619 22624 50173 1952 51362 10289 11223	122.1 108.5 146.3 148.0 154.6 132.4 132.0 84.4 84.5 177.8 28.8	(1) (2) (3) (4) (5)
Wohngebäude Nichtwohngeb.	117305 58595	248585 147623	131.1 110.3	
Gebäude	175900	396208	123.3	

		Spez. Wärmeb. kWh/(m2*a)		Anteil Gesamt- wohnfläche
EZFH MFH	(1+2+5) (3+4)	124.8 146.4	131.3 75.0	70.9% 29.1%
Wohngebäude		131.1	107.7	100.0%

Eine Gesamtübersicht vermittelt noch einmal Tabelle 1-7:

Tabelle 1-7: Niedertemperaturwärmebedarf Dänemark 1987 (klimakorrigiert)

	Wohnge	bäude	Nicht	wohngeb.	Gebäu	Gebäude gesamt	
	PJ/a	Anteil	PJ/a	Anteil	PJ/a	Anteil	
Fernwärme	45.5	38.7%	23.4	39.9%	68.8	39.1%	
Erdgas	7.1	6.1%	4.4	7.5%	11.5	6.6%	
Heizöl	49.2	41.9%	24.2	41.4%	73.4	41.7%	
Wärmepumpe	0.8	0.7%	0.1	0.2%	0.9	0.5%	
Sonst.zentral	2.5	2.1%	1.6	2.8%	4.1	2.3%	
Elektro	7.2	6.1%	2.7	4.5%	9.9	5.6%	
Öl dezentral	3.0	2.5%	1.3	2.2%	4.3	2.4%	
Sonst. dez.	2.1	1.8%	0.9	1.5%	3.0	1.7%	
Gesamt zent.	105.0	89.5%	53.7	91.7%	158.8	90.3%	
Gesamt dez.	12.3	10.5%	4.9	8.3%	17.1	9.7%	
Summe	117.3	100.0%	58.6	100.0%	175.9	100.0%	

Einschränkend müssen die folgenden Bemerkungen zu dem vorliegenden Datenmaterial gemacht werden:

- Es erscheint zunächst nicht plausibel, wieso der spezifische Nutzwärmebedarf bei Mehrfamilienhäusern trotz des dort günstigeren Formfaktors über dem von Ein- und Zweifamilienhäusern liegen soll, wie dies in den Einheitsverbräuchen angenommen wird.
- Die Einbeziehung des Warmwasserverbrauchs in den Einheitsverbrauch eines Gebäudes verringert die Vergleichbarkeit insbesondere angesichts der größeren spezifischen Wohnflächen (höheres Komfortniveau) mit den Daten der Bundesrepublik Deutschland und Schleswig-Holsteins
- Der Einheitswarmwasserwärmebedarf von 3000 kWh pro Wohneinheit liegt um den Faktor zwei bis drei über vergleichbaren Erfahrungswerten in der Bundesrepublik Deutschland. Hier muß die Frage offen bleiben, ob das Komfortniveau in Dänemark deutlich über dem der BR Deutschland liegt, oder ob der Anteil des Raumwärmebedarfs am korrigierten Niedertemperaturwärmebedarf nicht doch höher ist.

Unabhängig von diesen Vorbehalten, die im wesentlichen die Aufteilung des Wärmebedarfs betreffen, bleibt in der Summe jedoch festzustellen, daß der spezifische Niedertemperaturwärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser trotz der ungünstigeren Siedlungsstruktur um 19% unter dem der Bundesrepublik Deutschland und um 23% unter dem Schleswig-Holsteins liegt.

Ursache hierfür ist im wesentlichen ein besserer Dämmstandard, unwägbar bleibt allerdings der Einfluß des Verbraucherverhaltens auf die ermittelten Verbräuche.

2. Ermittlung der Emissionen bei der Niedertemperaturwärmeerzeugung

Aus der Endenergiebilanz für Dänemark /DEA 88/ läßt sich die Aufteilung des Niedertemperaturwärmebedarfs auf die Endenergieträger sowie aus Tabelle 1-7 auf Wohngebäude und Nichtwohngebäude ermitteln. Die jeweiligen Nutzungsgrade wurden aus dem Abgleich von Nutz- und Endenergiebilanzen berechnet bzw. geschätzt (feste Brennstoffe).

Tabelle 2-1: Endenergieeinsatz Niedertemperaturwärme Dänemark 1987 (klimakorrigiert)

	Nutzenergie Wohngebäude PJ/a	Nichtwohngeb. PJ/a	Gesamt PJ/a	Anteil	Nutzungs- grad	Endenerg Wohngeb. PJ/a	ie Nichtwohng. PJ/a	Gesamt PJ/a
Fernwärme	45.5	23.4	68.8	39.1%	92%	49.5	25.5	75.0
Erdgas	7.1	4.4	11.5	6.6%	72%	9.9	6.1	16.0
Heizöl	52.2	25.5	77.7	44.2%	71%	73.8	36.2	110.0
Elektro	8.0	2.8	10.7	6.1%	95%	8.4	2.9	11.3
Kohle	1.0	0.5	1.5	0.9%	55%	1.8	1.0	2.8
Regenerat.	3.6	2.0	5.6	3.2%	55%	6.6	3.6	10.2
Gesamt	117.3 66.7%	58.6 33.3%	175.9 100.0%	100.0%	78%	150.0	75.3	225.3

Aus der Kenntnis der Erzeugungsstrukturen der Strom- und Fernwärmeproduktion und unter Berücksichtigung der Strom- und Emissionsgutschriften der Koppelproduktion lassen sich die Primärenergieeinsätze und die CO₂-Emissionen ermitteln (Anlage B1):

Tabelle 2-2: Brennstoffeinsatz, Wärmeerzeugung und CO2-Emissionen nach Energieträgern Dänemark 1987 (klimakorrigiert)

		ffeinsatz Nichtwg. PJ/a		Anteil	Wärmeerz. Anteil	CO2-Emi Spezif. t/TJ	Wohngeb.		Gesamt 1000 t/a	Anteil
Kohle	47.9	20.6	68.5	27.5%	30.5%	91.4	4379	1881	6260	35.3%
öι	85.1	40.0	125.1	50.2%	49.1%	78.5	6679	3143	9822	55.5%
Gas	19.0	11.1	30.1	12.1%	11.3%	51.2	971	568	1540	8.7%
Abfall	7.8	4.8	12.6	5.0%	4.2%	3.4	26	16	43	0.2%
Regenerative	8.4	4.6	13.0	5.2%	4.1%	3.4	29	15	44	0.2%
Ind. Abwärme	0.0	0.0	0.0	0.02	0.8%	0.0	0	0	0	0.0
Gesamt	168.2	81.1	249.2	100.0%	100.0%		12084	5625	17709	100.0%

Es ergeben sich zusammengefaßt die folgenden spezifischen CO2-Emission bei der Niedertemperaturwärmeerzeugung:

Wohngebäude: 49 kg/(m2*a)
Nichtwohngebäude: 38 kg/(m2*a)
Gesamt: 45 kg/(m2*a)

Für den Bereich der Nichtwohngebäude lassen sich für die Bundesrepublik Deutschland keine äquivalenten Vergleichswerte ermitteln, da entsprechende Flächenangaben fehlen. Insgesamt werden in Dänemark 17,7 Millionen t CO₂ bei der Niedertemperaturwärmeerzeugung emittiert, davon sind 12,1 Millionen t den Wohngebäuden zuzurechnen.

Die Abbildungen 2-1 und 2-2 zeigen die Anteile der Endenergieträger, Abb.2-3 die Anteile der Primärenergieträger an der Niedertemperaturwärmeerzeugung für den Bereich der Wohngebäude und den gesamten Anwendungsbereich:

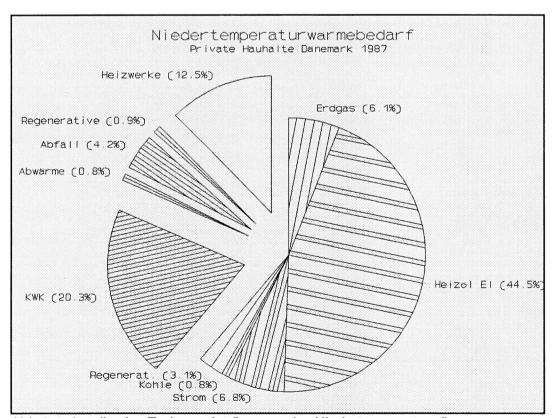


Abb.2-1 Anteile der Endenergieträger an der Niedertemperaturwärmeerzeugung für die Wohngebäude

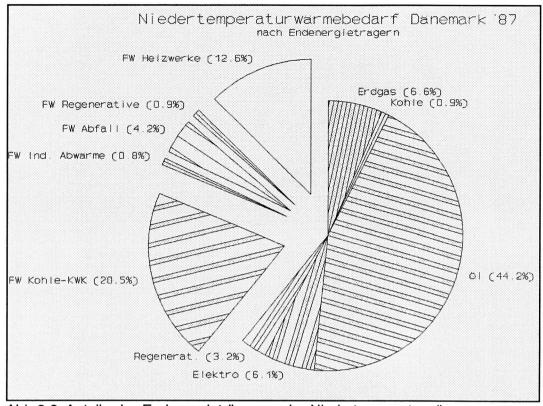


Abb.2-2 Anteile der Endenergieträger an der Niedertemperaturwärmeerzeugung 1987

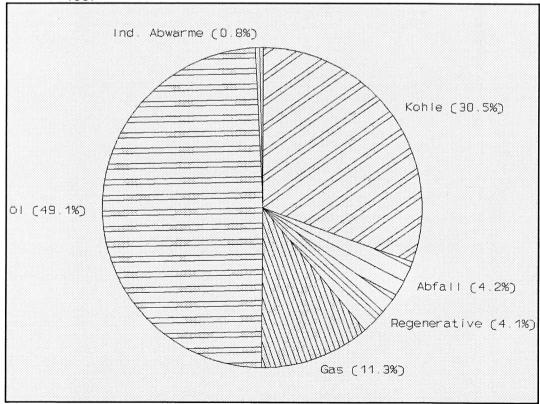


Abb. 2-3 Anteile der Primärenergieträger an der Niedertemperaturwärmeerzeugung in Dänemark 1987

Anlage B 1

Energieumwandlung, Transport und Verteilung

1987

Fernwärmeerzeugung Bundesrepublik Deutschland 1987

Fernwär	me aus	Brennstof insgesamt		Wärmeerz	•	Heizzahl Erzeugung	Therm. Nutz.grad
		PJ/a	PJ/a	PJ/a	Anteil		-
нw	Kohle	12	12.0	10.1	4.3%		
	Heizöl	25	25.0	21.0	9.0%		
	Erdgas	30	30.0	25.2	10.8%		
	Abfall	5	5.0	4.2	1.8%		
==>	Gesamt	72	72.0	60.4	25.9%	83.9%	83.9%
HKW	Kohle	149	56.5	89.7	38.5%		
	Heizöl	25	9.5	15.1	6.5%		
	Erdgas	84	31.9	50.6	21.7%		
	Abfall	19	7.2	11.4	4.9%		
	Atom	1	0.4	0.6	0.3%		
==>	Gesamt	278	105.4	167.4	71.8%	158.8%	60.2%
7				F /	2.7%		
Ind. Abı	warme	0	0.0	5.4	2.3%		
Gesamt		350	177.4	233.2	100.0%	131.4%	66.6%

Fernwärmeerzeugung Schleswig-Holstein 1987

Fernw	ärme aus	Brennstof insgesamt		Wärmeer	z .	Heizzahl	Therm. Nutz.grad
		PJ/a	PJ/a	PJ/a	Anteil		NGCZ.gr dd
HW	Kohle	0.162	0.162	0.135	0.9%		
į	Heizöl	1.255	1.255	1.046	7.3%		i
	Erdgas	1.417	1.417	1.181	8.2%		i
	Abfall	1.215	1.215	1.013	7.1%		
==:	Gesamt	4.050	4.050	3.375	23.5%	83.3%	83.3%
1							
HKW	Kohle	13.219	6.162	8.564	59.7%		į
	Heizöl	1.186	0.553	0.769	5.4%		
	Erdgas	2.542	1.185	1.647	11.5%		İ
1	Abfall	0.000	0.000	0.000	0.0%		į
	Atom	0.000	0.000	0.000	0.0%		į
==:	Gesamt	16.947	7.900	10.980	76.5%	139.0%	64.8%
Ind.	\bwärme	0.000	0.000	0.000	0.0%		
Gesam	:	20.997	11.950	14.355	100.0%	120.1%	68.4%

Brennstoffeinsatz bei der Fernwärmeerzeugung Dänemark 1987 (klimakorrigiert)

	Brennstoffei	nsatz		Wärmeer-	Endenerg	ie	CO2-Emiss
	Wohngebäude	Nichtwohngeb.	Gesamt	zeugung	Gesamt	Anteil	
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	Wärmeerz.	1000 t/a
Kohle-KWK	16.6	8.6	25.2	52.5	39.4	52.5%	6 2303
Abfall	7.8	4.8	12.6	10.8	8.1	10.8%	43
Regenerative	1.9	0.9	2.8	2.4	1.8	2.4%	6 9
Ind. Abwärme	0.0	0.0	0.0	2.1	1.6	2.1%	6 0
Öl-S-Heizwerk	10.3	3.6	13.8	11.9	8.9	11.9%	1086
Gasheizwerk	9.1	5.0	14.1	12.1	9.1	12.1%	720
Kohleheizwerk	6.1	3.4	9.5	8.2	6.2	8.2%	871
Gesamt	51.8	26.2	78.0	100.0	75.0	100.0%	5034
Heizzahl KWK		2.08	Spez	. Emissionsfa	ktor 67	7114 kg/TJ Er	denergie
Kesselnutzung	sgrad	0.86	Heiz	zahl Fernwärm		1.04 TJ/TJ Er	
Verteilungsnu	itzungsgrad	0.75	Heiz	zahl KWK		0.64 TJ/TJ Er	

Strom- und Wärmeerzeugung Bundesrepublik Deutschland und Dänemark 1987

	BR Deuts Kond KW		SchleswHols . Fernwärme HKW		Dänemark KondKW Gesamt zuzurechn.	
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Strom ne. Wärme br. Brennst.	1231 0 3386	82 267 400	56 (3,3) 167 (12,0) 278 (16,9)	1370 434 4064	250.8	86.9 51.9 276.0
$\eta_{ m el}$ ne. $\eta_{ m th}$ $\eta_{ m ges}$	36.4% 0.0% 36.4%	20.6% 66.8% 87.4%	20.2% (19,4% 60.2% (64,8% 80.4% (84,2%) 10.7%	34.6%	31.5% 18.8% 50.3%

Anteil der Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung BRD: 10.1% davon für Fernwärmeerzeugung: 4.6% für industrielle KWK : 6.5%

Sekundärenergieerzeugung BR Deutschland 1987

	KondStrom		ndStrom Fernwärme		Wärmeerz. Fernwärme Anteil	CO2-Emiss Strom 1000 t/a	sionen HW + HKW 1000 t/a
Heizöl	104	2.7%	34.5	19.4%	15.4%	8258	3970
Erdgas	271	7.2%	61.9	34.9%	32.5%	15704	6606
Steinkohle	1240	32.8%	65.6	37.0%	40.8%	118978	14708
Braunkohle	716	18.9%	2.9	1.6%	2.0%	82483	888
Regenerativ	184	4.9%	0.0	0.0%	0.0%	0	0
Abfall	38	1.0%	12.2	6.9%	6.7%	0	970
Atom	1233	32.6%	0.4	0.2%	0.3%	5795	0
Ind.Abwärme			0	0.0%	2.3%		0
Gesamt (davon Ind.	3786 400)	100.0%	177.4	100.0%	100.0% Emissions	231218 sgutschri	27142 ft -13444

CO₂-Emissionsfaktor Strom: 176000 kg/TJ Endenergie (incl. Industrie)
CO₂-Emissionsfaktor Fernwärme: 66000 kg/TJ Endenergie
Spez. Primärenergieaufwand KWK: 0,708 TJ/TJ Endenergie

(Nutzungsgrad FW-Verteilung = 0,89)

Sekundärenergieerzeug Schleswig-Holstein 1987

	Brennst	offeinsatz			Wärmeerz.	CO2-Emis	sionen
	KondS	Strom (BRD)	Fernwär	me (S-H)	Fernwärme	Strom	HW + HKW
	PJ/a	Anteil	PJ/a	Anteil	Anteil	1000 t/a	1000 t/a
Heizöl	104	2.7%	1.8	15.1%	12.6%	8258	194
Erdgas	271	7.2%	2.6	21.8%	19.7%	15704	229
Steinkohl	1240	32.8%	6.3	52.9%	60.6%	118978	1284
Braunkohl	716	18.9%	0.0	0.0%	0.0%	82483	
Regener.	184	4.9%	0.0	0.0%	0.0%	0	0
Abfall	38	1.0%	1.2	10.2%	7.1%	0	49
Atom	1233	32.6%	0.0	0.0%	0.0%	5795	0
Ind.Abwärme			0	0.0%	0.0%		0
Gesamt	3786	100.0%	12.0	100.0%	100.0%	231218	1756 -776

CO₂-Emissionsfaktor Strom: 176000 kg/TJ Endenergie (incl. Industrie)
CO₂-Emissionsfaktor Fernwärme: 76700 kg/TJ Endenergie
Spez. Primärenergieaufwand FW: 0,808 TJ/TJ Endenergie
(Nutzungsgrad FW-Verteilung = 0,89)

Brennstoffeinsatz Stromerzeugung Dänemark 1987

	Strom + Wärme	nur Strom	co ²		
	PJ/a		1000 t/a		
Steinkohle	262.0	236.8	21643.5		
Öl	10.4	10.4	816.4		
Erdgas	3.5	3.5	179.2		
Sonstige	0.1	0.1	0.0		
Gesamt	276.0	250.8	22639.1		
Stromproduk	tion	86.9 PJ/a			
(netto) Wärmeproduk	tion	51.9 PJ/a			
Spez.Emissic		260600 kg/TJ			

Anlage B 2

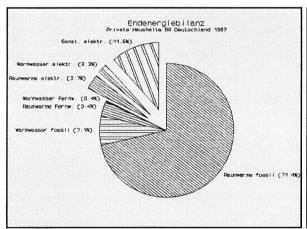
Private Haushalte

1987

1. Bundesrepublik Deutschland

Energiebedarf und CO2-Emissionen privater Haushalte BRD 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

	Nutz- energie PJ/a	End- energie PJ/a	energie	
Sonst. elektr.	-	234		4 1 1 5 5
Raumwärme Fernw.	60		60	
Warmwasser Fernw.	4	8	7	503
Raumwärme fossil	1012			
Warmwasser fossil	67	145	166	10318
Raumwärme elektr.	72	76	210	13438
Warmwasser elektr.	44	47	131	8360
Gesamt Normaljahr		2044	2878	186534
Klimakorr. el.	5	5	13	852
Klimakorr. sonst	68	97	109	7150
Gesamt 1987		2146	3001	194535
davon elektrisch 1987	(Normal	j.) 358 16.79		
Normalj.		17.3		



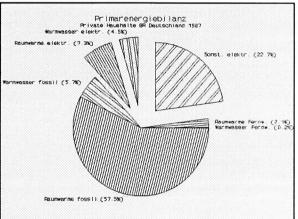


Abb. 1: Endenergiebilanz privater Haushalte in der BR Deutsch- Abb. 2: land 1987

Primärenergiebilanz privater Haushalte in der BR Deutschland 1987

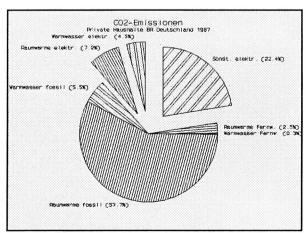


Abb. 3 CO₂-Emissionen privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1987 (incl. vorgelagerte Prozeßkette)

Spezifische CO2-Emission/Wohneinheit: 7.16 t/(WE*a) Spezifische CO2-Emission/m2: 85.70 kg/(m2*a)

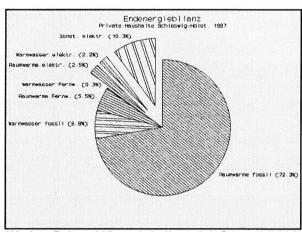
Spezifische Endenergie/Wohneinheit:21.78 MWh/(WE*a) Spezifische Endenergie/m2: 260.89 kWh/(m2*a)

Spez. Primärenergie/Wohneinheit: 30.67 MWh/(WE*a) Spez.Primärenergie/m2 367.33 kWh/(m2*a)

2. Schleswig-Holstein

Energiebedarf und CO2-Emissionen privater Haushalte Schleswig-Holstein 1987 (umgerechnet auf Normaljahresbedingungen)

	Nutz- energie PJ/a	energie	energie	Emissionen
Sonst. elektr.	-	9.8	26.9	1724
Raumwärme Fernw.	4.6	5.3	5.0	409
Warmwasser Fernw.	0.2	0.3	0.3	23
Raumwärme fossil	47.8	69.6	79.0	5144
Warmwasser fossil	3.1	6.5	7.5	463
Raumwärme elektr.	2.3	2.4	6.6	424
Warmwasser elektr.	2.0	2.1	5.9	378
Gesamt Normaljahr	-	96.1	130.6	8566
Klimakorr. el.	0.1	0.2	0.4	27
Klimakorr. sonst	3.3	4.7	5.3	350
Gesamt 1987		100.9	136.3	8942
davon elektrisch	(Normalj.)	14.4	39.5	2526
1987		14.2%	29.0%	28.2%
Normalj.		14.8%	29.9%	29.2%



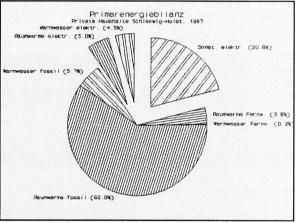


Abb. 4 Endenergiebilanz privater Haushalte in Schleswig-Holstein Abb. 5

Primärenergiebilanz privater Haushalte in Schleswig-Holstein 1987

Private Houshalte Schleswig-Holst. 1987

Wormwasser elektr (4.4%)

Raumwarme elektr. (4.9%)

Wormwasser Toasii (5.4%)

Raumwarme Fernw (4.8%)

Raumwarme Fernw (4.8%)

Raumwarme Fernw (4.8%)

Abb. 6 CO₂-Emissionen privater Haushalte in Schleswig-Holstein 1987 (incl. vorgelagerte Prozeßkette)

Spez. CO2-Emission/Wohneinheit: 7.48 t/(WE*a)
Spez. CO2-Emission/m2: 87.38 kg/(m2*a)

Spez. Endenergiebed./Wohneinheit: 23.29 MWh/(WE*a)
Spez. Endenergiebedarf/m2 272.20 kWh/(m2*a)

Spez. Primärenergiebed./Wohneinh. 31.66 MWh/(WE*a)

Spez. Primärenergiebed./m2: 370.13 kWh/(m2*a)

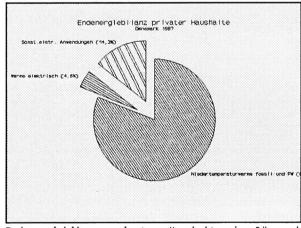
3. Dänemark

Energiebedarf und CO2-Emissionen privater Haushalte in Dänemark 1987

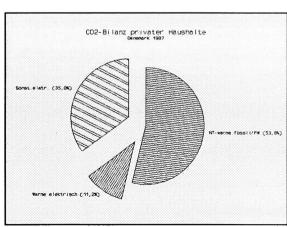
	Nutzenergie	Endenergie	Primärenergie	CO2-Emissionen
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	1000 t/a
NT-Wärme	117	150	168	12078
el. Anwend.	-	25	72	6498
Gesamt	-	175	240	18576
davon el.		33	95	8579

Spez. Energiebedarf und Spezifische CO2-Emissionen privater Haushalte in Dänemark 1987

	Nutzenergie kWh/(m2*a)		Primärenergie kWh/(m2*a)	CO2-Emissionen kg/(m2*a)
NT-Wärme el. Anwend.	131 -	168 28	188 80	49 26
Gesamt	-	196	268	75



Endenergiebilanz privater Haushalte in Dänemark 1987



CO₂-Emissionsbilanz privater Haushalte in Dänemark 1987

Anlage B 3

Kleinverbraucher

1987

Endenergiebedarf der Kleinverbraucher in TJ/a Schleswig-Holstein 1987 /InnoTec 89/

	Wärme Kraft		Licht	Gesamt
Landwirtschaft Gärtnereien	465 898	492 5	33 9	990 912
Ind.KV/Handwerk	2906	156	56	3118
Baugewerbe Wäschereien	1956 3741	1610 150	4 55	3569 3946
Gastgewerbe Handel/Banken	6760 32225	987 2016	86 1764	7834 36006
Gesundheitswesen	1857	248	80	2184
Krankenhäuser Schulen	3772 4035	496 250	159 105	4427 4391
Schwimmbäder Sonst.DL	2155 5195	82 619	32 29	2268 5844
Staat/O.o.E.	6484	40	93	6616
Gesamt	72449	7150	2505	82104
stat. Diff.	1	5	7	546

	Endenergie Schleswig- Holstein TJ/a	BR Deutsch- land TJ/a	Holstein	BR Deutsch-
Strom Gas Heizöl Kohle Fernwärme Sonst.	12653 10908 50822 152 8042 74	293080 272564 609606 43962 73270 2931	2227 634 4061 15 618 0	51582 15836 48708 4238 4836 0
Gesamt	82650	1295414	7554	125199

Kleinverbrauch Dänemark 1987 (geschätzte Werte):

Stromverbrauch: 30.800 TJ/a \Rightarrow 8.000 kt/a CO₂

Endenergie Wärme: 109.000 TJ/a \Rightarrow 6.200 kt/a CO₂

Anlage B 4

Industrie

1987

Abgrenzung

Der Verbrauchssektor Industrie besteht aus dem Produzierenden Gewerbe ohne Betriebe mit im allgemeinen weniger als 20 Beschäftigten, land- und forstwirtschaftliche Betriebe, Fischerei, Handel und Gastgewerbe, öffentliche Einrichtungen und militärische Dienststellen (diese Wirtschaftszweige sind dem Verbrauchssektor Kleinverbraucher zugeordnet). Die Energiesektoren sind den einzelnen Wirtschaftszweigen über die Endenergiebereitstellung vorgelagert, die Emissionen aus diesen Bereichen sind somit wie in den anderen Verbrauchssektoren über die Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Die Zuordnung von Produktionsbereichen zum Verbrauchssektor Industrie erfolgt in den verschiedenen vorliegenden Studien und Energieverbrauchsstatistiken der Bundesrepublik Deutschland, des Königreichs Dänemark und des Landes Schleswig-Holstein nicht einheitlich. Bei der Ausweisung des Endenergieverbrauchs der Industrie sind verschiedentlich die Energiesektoren bzw. die Mineralölverarbeitung oder der Kohlebergbau eingeschlossen, oder die Chemische Industrie wurde nicht getrennt ausgewiesen. Die im folgenden zugrundegelegte Systematik wird daher zunächst erläutert.

Verbrauchssektor Industrie - Zuordnung der Produktionsbereiche

Die Statistiken für den Endenergieverbrauch in der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland orientieren sich bei der Zuordnung von Wirtschaftszweigen zum Verbrauchssektor Industrie überwiegend unmittelbar oder mittelbar an der "Systematik der Wirtschaftszweige für die Statistik im Produzierenden Gewerbe (SYPRO)" des Statistischen Bundesamtes in Wiesbaden /SYPRO/. Diese Systematik wurde auch hier zugrunde gelegt. Die in Dänemark übliche Branchenaufteilung (ISIC 1968 bzw. NACE 1970, /DanStat 88/) wurde auf die SYPRO bzw. auf die später verwendeten Industrie-Hauptgruppen transformiert.

Produzierendes Gewerbe

Grundsätzlich ist zwischen dem "Produzierenden Gewerbe" und der "Industrie" zu unterscheiden. Die Industrie stellt im allgemeinen eine Untergruppe des Produzierenden Gewerbes dar, in der Betriebe mit weniger als 20 Beschäftigten, die Energieund Wasserversorgung und das Baugewerbe nicht mehr enthalten sind. Wie bereits erwähnt wurde, erfolgt die Verwendung des Begriffs "Industrie" jedoch nicht immer einheitlich.

Die Systematik der Wirtschaftszweige des Produzierenden Gewerbes nach der SYPRO des Statistischen Bundesamtes wird in der folgenden Tabelle wiedergegeben; die in Klammern angegebenen Zahlen sind die in der SYPRO verwendeten Kennzahlen. Unter "Industrie" werden im allgemeinen die Wirtschaftszweige des Bereichs II (Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe) verstanden, sofern es sich um Betriebe mit mindestens 20 Beschäftigten handelt. Das "Baugewerbe" wird in den einzelnen Statistiken separat ausgewiesen oder dem Kleinverbrauch zugeordnet, der Bereich I (El.-, Gas-, Fernwärme- ...) ist über den Endenergieverbrauch anteilig vorgelagert.

Die Buchstaben am rechten Blattrand bezeichnen die Zugehörigkeit der genannten Wirtschaftszweige zu den in der Industriestatistik üblichen Hauptgruppen:

- B Bergbau
- G Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe
- Investitionsgüter produzierendes Gewerbe
- V Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe
- N Nahrungs- und Genußmittelgewerbe

Die Umordnung nach den Industrie-Hauptgruppen zeigt das folgende Bild.¹

Bei der Umordnung nach Industrie-Hauptgruppen vergrößert sich die Zahl der Wirtschaftszweige auf 37, da beim Bergbau zwischen Kohlebergbau (Endenergiebereitstellung) und übrigem Bergbau (Industrie) unterschieden wird und der SYPRO-Hauptbereich "Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung ..." Untergruppen sowohl aus dem Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe als auch aus dem Investitionsgüter produzierenden Gewerbe beinhaltet.

```
I. ELEKTRIZITÄTS-, GAS-, FERNWÄRME- UND WASSERVERSORGUNG
o Elektrizitäts-, Gas-, Fernwärme- und Wasserversorgung (10)
II. BERGBAU UND VERARBEITENDES GEWERBE (35 Hauptbereiche)
o Rerobau (21)
                                                                                             G
o Mineralölverarbeitung (22)
o Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen (24)
                                                                                             G
o Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden (25)
                                                                                             G
o Eisenschaffende Industrie (27)
                                                                                             G
o NE-Metallerzeugung, NE-Metallhalbzeugwerke (28)
                                                                                             G
o Gießerei (29)
                                                                                             G
o Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung, Mechanik, a.n.g. (30)
                                                                                           G/I
o Stahl- und Leichtmetallbau, Schienenfahrzeugbau (31)
                                                                                             I
o Maschinenbau (32)
                                                                                             I
o Straßenfahrzeugbau, Reparatur von Kraftfahrzeugen usw. (33)
                                                                                             I
o Schiffbau (34)
                                                                                             I
o Luft- und Raumfahrzeugbau (35)
                                                                                             I
o Elektotechnik, Reparatur von elektrischen Geräten für den Haushalt (36)
                                                                                             T
o Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren (37)
o Herstellung von Eisen, Blech- und Metallwaren (38)
                                                                                             I
o Herstellung von Musikinstrumenten, Spielwaren, Schmuck, Füllhaltern; Verarbeitung von
   natürlichen Schnitz- und Formstoffen; Film- und Fotolabors (39)
                                                                                             ٧
o Chemische Industrie (40)
                                                                                             G
  Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen (50)
                                                                                             I
o Feinkeramik (51)
                                                                                             ٧
o Herstellung und Verarbeitung von Glas (52)
                                                                                             ٧
o Holzbearbeitung (53)
                                                                                             G
o Holzverarbeitung (54)
                                                                                             V
o Zellstoff-, Holzschliff-, Papier- und Pappeerzeugung (55)
o Papier- und Pappeverarbeitung (56)
                                                                                             V
o Druckerei, Vervielfältigung (57)
                                                                                             ٧
o Herstellung von Kunststoffwaren (58)
o Gummiverarbeitung (59)
                                                                                             G
o Ledererzeugung (61)
                                                                                             ٧
                                                                                             ٧
o Lederverarbeitung (62)
o Textilgewerbe (63)
                                                                                             ٧
                                                                                             ٧
o Bekleidungsgewerbe (64)
  Reparatur von Gebrauchsgütern (ohne el. Geräte für den Haushalt) (65)
                                                                                             ٧
o Ernährungsgewerbe (68)
                                                                                             N
o Tabakverarbeitung (69)
                                                                                             N
III. BAUGEWERBE (6 Hauptbereiche)
Bauhauptgewerbe:
o Hoch- und Tiefbau (72)
o Spezialbau (73)
o Stukkateurgewerbe, Gipserei, Verputzerei (74)
o Zimmerei, Dachdeckerei (75)
Ausbaugewerbe:
o Bauinstallation (76)
o Ausbaugewerbe (ohne Bauinstallation) (77)
```

SYPRO-Wirtschaftszweige nach Industrie-Hauptgruppen geordnet

```
BERGBAU:
o Bergbau I (21) [Kohle]
                                                                                              R
o Bergbau II (21) [Übriger]
GRUNDSTOFF- UND PRODUKTIONSGÜTERGEWERBE:
o Mineralölverarbeitung (22)
o Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen (24)
                                                                                             G
o Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden (25)
                                                                                              G
o Eisenschaffende Industrie (27)
                                                                                             G
o NE-Metallerzeugung, NE-Metallhalbzeugwerke (28)
                                                                                             G
o Gießerei (29)
o Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung, Mechanik I (30)
                                                                                             G
o Chemische Industrie (40)
                                                                                              G
o Holzbearbeitung (53)
                                                                                             G
o Zellstoff-, Holzschliff-, Papier- und Pappeerzeugung (55)
o Gummiverarbeitung (59)
INVESTITIONSGÜTER PRODUZIERENDES GEWERBE:
o Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung, Mechanik II (30)
o Stahl- und Leichtmetallbau, Schienenfahrzeugbau (31)
                                                                                              I
o Maschinenbau (32)
o Straßenfahrzeugbau, Reparatur von Kraftfahrzeugen usw. (33)
                                                                                              Ī
o Schiffbau (34)
o Luft- und Raumfahrzeugbau (35)
                                                                                              I
o Elektotechnik, Reparatur von elektrischen Geräten für den Haushalt (36)
                                                                                              I
o Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren (37)
o Herstellung von Eisen, Blech- und Metallwaren (38)
                                                                                              I
o Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen (50)
                                                                                              I
VERBRAUCHSGÜTER PRODUZIERENDES GEWERBE:
o Herstellung von Musikinstrumenten, Spielwaren, Schmuck, Füllhaltern; Verarbeitung von
  natürlichen Schnitz- und Formstoffen; Film- und Fotolabors (39)
o Feinkeramik (51)
                                                                                              ٧
o Herstellung und Verarbeitung von Glas (52)
o Holzverarbeitung (54)
o Papier- und Pappeverarbeitung (56)
o Druckerei, Vervielfältigung (57)
                                                                                              ٧
o Herstellung von Kunststoffwaren (58)
                                                                                              ٧
o Ledererzeugung (61)
  Lederverarbeitung (62)
                                                                                              ٧
o Textilgewerbe (63)
                                                                                              ٧
o Bekleidungsgewerbe (64)
                                                                                              V
o Reparatur von Gebrauchsgütern (ohne el. Geräte für den Haushalt) (65)
NAHRUNGS- UND GENUSSMITTELGEWERBE:
o Ernährungsgewerbe (68)
                                                                                              N
o Tabakverarbeitung (69)
                                                                                              N
```

6

Die Endenergieverbräuche des Kohlebergbaus und des Übrigen Bergbaus sind in den meisten Endenergie-Verbrauchsstatistiken getrennt ausgewiesen. Die ohne den Kohlebergbau (und ohne "Herstellung von Brut- und Spaltstoffen", "Uran-Bergbau" und "Mineralölgewinnung und -verarbeitung") verbleibenden Wirtschaftszweige werden auch unter der Bezeichnung "Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe" zusammengefaßt¹. Die letztgenannte Bezeichnung ist dann identisch mit dem hier verwendeten Begriff Verbrauchssektor Industrie.

Die Chemische Industrie wird in den meisten Endenergiestatistiken separat ausgewiesen, dies konnte auch hier ohne Einschränkung der Übersichtlichkeit beibehalten werden.

Für die Darstellung der Endenergieverbräuche, des Primärenergieaufwands und der CO₂-Emissionen im Verbrauchssektor Industrie ergibt sich damit die folgende Aufteilung:

Verbrauchsektor Industrie:

G/B - Grundstoff- und Produktionsgütergewerbe sowie übriger Bergbau (ohne Mineralölgewinnung etc., s.o.)

C - Chemische Industrie

- Investitionsgüter produzierendes Gewerbe

V - Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe

N - Nahrungs- und Genußmittelgewerbe

-

¹z.B. auch /RWE 87/, /EBIL 88/

<u>Bezugsgröße</u>

Die Bezugsgröße für den Endenergieverbrauch im Verbrauchssektor Industrie muß den Zweck der industriellen Produktion - die Neuschaffung und Umwandlung von Gütern - angemessen berücksichtigen. Die Zahl der Beschäftigten in der Industrie ist damit als Bezugsgröße ungeeignet, ebenso die Bevölkerungsdichte, da die industrielle Produktion nicht vergleichbar mit dem jeweiligen Inlandsbedarf korreliert ist. Grundsätzlich geeignet als Bezugsgröße für den Endenergieverbrauch sind der Nettoproduktionswert und die Bruttowertschöpfung , die beide den Wertzuwachs durch die Weiterverarbeitung und Bearbeitung von Produkten - abzüglich der jeweiligen Vorleistungen - abbilden.

Der Nettoproduktionswert ergibt sich aus dem Bruttoproduktionswert durch Abzug der Vorleistungen in dem jeweiligen Wirtschaftsbereich. Er ist annähernd gleichbedeutend mit der Bruttowertschöpfung (bei der im Gegensatz zur Nettowertschöpfung Abschreibungen, Produktionssteuern, Einfuhrabgaben und Subventionen noch nicht berücksichtigt sind). Für den Vergleich der spezifischen CO₂-Emissionen in der Industrie eignet sich der Nettoproduktionswert (bzw. die Bruttowertschöpfung) grundsätzlich gut als Bezugsgröße, da er den tatsächlichen Aufwand für Veränderungen an Produktionsgütern abbildet und in den wichtigsten fachstatistischen Veröffentlichungen ausgewiesen ist.

Unterschiede zwischen dem Nettoproduktionswert und der Bruttowertschöpfung ergeben sich aus der Art der statistischen Erhebung. Nettoproduktionswerte werden im Rahmen der Unternehmenserhebungen für die Wirtschaftszweige des Produzierenden Gewerbes ausgewiesen. Die Bruttowertschöpfung wird im Rahmen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ermittelt und schließt somit das Produzierende Gewerbe ebenfalls ein. Inhaltliche Unterschiede ergeben sich dadurch, daß bei der Ermittlung der Nettoproduktionswerte in den Fachstatistiken im wesentlichen materielle Vorleistungen berücksichtigt werden, während bei der Ermittlung der Bruttowertschöpfung auch vorgelagerte Dienstleistungen und andere Vorleistungen vom Produktionswert abgezogen werden.

Tendenziell fällt damit der Nettoproduktionswert eher höher aus als die Bruttowertschöpfung. Gegenläufig wirkt sich aus, daß in den Fachstatistiken des Produzierenden Gewerbe, in denen der Nettoproduktionswert ausgewiesen ist, nur Unternehmen und Betriebe mit 20 oder mehr Beschäftigten berücksichtigt werden, während in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung bei der Ermittlung der Bruttowertschöpfung im Produzierenden Gewerbe diese Einschränkung entfällt.

Regionale Abweichungen ergeben sich dadurch, daß bei Unternehmen mit mehr als einer Niederlassung die Nettoproduktionswerte insgesamt ermittelt werden und damit dem Bundesland zugeordnet sind, in dem der Hauptsitz der Unternehmen liegt. Bei der Ermittlung der Bruttowertschöpfung bleibt dagegen der regionale Bezug erhalten. In Regionen, in denen überdurchschnittlich viele Betriebe oder Niederlassungen von Unternehmen, deren Hauptsitz außerhalb liegt, angesiedelt sind, bleibt der ausgewiesene Nettoproduktionswert deutlich unterhalb der Bruttowertschöpfung der Region (s. Tabelle unten). Daß dies insbesondere für Schleswig-Holstein anzunehmen ist, ist aus dem Vergleich der Umsätze von Betrieben und von Unternehmen mit jeweils 20 oder mehr Beschäftigten zu entnehmen: Während für das gesamte Bundesgebiet der Umsatz nach Betrieben und Unternehmen annähernd gleich ist (/Stat.JB 89/: [Bergbau u. Verarb. Gewerbe 1987] 1477 Mrd. DM / 1490 Mrd. DM), beträgt der Umsatz im gleichen Wirtschaftszweig in Schleswig-Holstein nach Betrieben 36,4 Mrd. DM und nach Unternehmen 27,7 Mrd. DM (/Stat.JB 88/[1986]).

Nettoproduktionswerte, Bruttowertschöpfung und Umsatz im Vergleich (Bergbau u. Verarb. Gewerbe)

	Netto- produktionswert	Bruttowert- schöpfung	Umsatz	
Bundesrepublik Deutschland [1987]	728,8 Mrd. DM	646,5 Mrd. DM	a: 1476,9 Mrd. DM b: 1489,6 Mrd. DM	
Schleswig- Holstein [1986]	11,0 Mrd. DM	15,9 Mrd. DM	a: 36,4 Mrd. DM b: 27,7 Mrd. DM	

Tab. B4-1: Nettoproduktionswerte, Bruttowertschöpfung und Umsatz a: nach Betrieben, b: nach Unternehmen (/Stat.JB 88/,/Stat.JB 89/,/Stat.Bu 88/)

Da die Daten zur Ermittlung des Endenergieverbrauchs in der Industrie von den Statistischen Landesämtern nach Betrieben und nicht nach Unternehmen erhoben werden und so ein regionale Bezug vorhanden ist, ist der Nettoproduktionswert als Bezugsgröße für den Endenergieverbrauch auf Landesebene - insbesondere für Schleswig-Holstein - nicht geeignet. Als Bezugsgröße für den Endenergieverbrauch bzw. die CO₂-Emissionen im Verbrauchssektor Industrie wird daher im folgenden die Bruttowertschöpfung genommen.

Eine weitere wichtige Bezugsgröße für einen internationalen Vergleich ist das Bruttoinlandsprodukt einzelner Länder, bei dem zusätzlich landesspezifische, inländische Aufwendungen (Einfuhrabgaben, nichtabzugsfähige Umsatzsteuer) berücksichtigt sind. Dieses ist größenordnungsmäßig grundsätzlich vergleichbar mit der Bruttowertschöpfung. Die folgende Tabelle ermöglicht einen Vergleich der Bruttowertschöpfung und der Bruttoinlandsprodukte der Bundesrepublik Deutschland, Dänemarks und Schleswig-Holsteins für das Jahr 1986 (/Stat.JB 89/,/Stat.JB 88/).

Bruttowertschöpfung und Bruttoinlandsprodukte 1986

	Bruttoinlandsp	rodukt	Bruttowertschöpfung		
Bundesrepublik Deutschland	1931,2	Mrd. DM	1796,2	Mrd. DM	
Dänemark	165,4	Mrd. DM	137,2	Mrd. DM	
Schleswig- Holstein	67,8	Mrd. DM	 66,4	Mrd. DM	

Tab. B4-2: Bruttowertschöpfung und Bruttoinlandsprodukte der Bundesrepublik Deutschland, Dänemarks und Schleswig-Holsteins im Jahr 1986¹

In /Stat.JB 88/ werden im Länder-Bund-Vergleich unbereinigte Werte angegeben, daher ist dort als Bruttowertschöpfung für die Bundesrepublik ein geringfügig höherer Wert ausgewiesen.

Bruttowertschöpfung in der Industrie

Auf die Industrie entfielen 1987 die folgenden Anteile an der Bruttowertschöpfung: Bundesrepublik Deutschland 33 %, Dänemark 28 %, Schleswig-Holstein 24 %¹.

In der folgenden Tabelle ist die Bruttowertschöpfung in der Industrie nach den Industrie-Hauptgruppen aufgegliedert.

Bruttowertschöpfung in der Industrie und nach Industrie-Hauptgruppen

	Bunde Deutsc	srepublik hland	Dänemark		Schleswig- Holstein ²	
Grundstoff- und Produktionsgüter- gewerbe	101,3	Mrd. DM	0,9	Mrd. DM	[1,9]	Mrd. DM
Chemische Industrie	 66,2	Mrd. DM	4,0	Mrd. DM	[1,5]	Mrd. DM
Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	302,3	Mrd. DM	13,8	Mrd. DM	[6,1]	Mrd. DM
Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	74,0	Mrd. DM	5,3	Mrd. DM	[2,3]	Mrd. DM
Nahrungs- und Genußmittel- gewerbe	 68,6	Mrd. DM	6,1	Mrd. DM	[4,4]	Mrd. DM
Summe	612,4	Mrd. DM	30,1	Mrd. DM	16,2	Mrd. DM

Tab. B4-3: Bruttowertschöpfung der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland, Dänemark und in Schleswig-Holstein 1987 nach Industrie-Hauptgruppen

¹ /Stat.Bu 88(87)/, /DanStat 88/

Die Bruttowertschöpfung nach Industrie-Hauptgruppen wird im Statistischen Jahrbuch nicht ausgewiesen und wurde über die Umsätze der Betriebe n\u00e4herungsweise rekonstruiert.

Endenergieverbrauch im Verbrauchssektor Industrie

Die verfügbaren Statistiken des Endenergieverbrauchs (insgesamt) der Industrie der Bundesrepublik Deutschland lassen sich im wesentlichen auf die Daten der statistischen Landesämter (Betriebserhebungen) und die Daten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen¹ zurückführen. Beim Endenergieverbrauch nach Endenergiearten stehen zusätzlich Daten der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme sowie die amtliche Elektrizitätsstatistik zur Verfügung (Dänemark: Industristatistik, Danmarks Statistik u.a.).

Die angegebenen Zahlenwerte für die Endenergieverbräuche nach Endenergiearten unterscheiden sich in den einzelnen Statistiken aufgrund unterschiedlicher Zuordnungen z.B. der Energieumwandlungen in der Industrie (Eigenverbrauch / Energieerzeugung, Umwandlung in Hochöfen), konnten jedoch bis auf statistische Differenzen entschlüsselt werden. Die Angaben über den Endenergieverbrauch des Verbrauchssektors Industrie insgesamt weisen in den Erhebungen nur geringe Abweichungen auf.

Der emissionswirksame Endenergieverbrauch im Verbrauchssektor Industrie betrug danach im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 2200 PJ (75,0 Mio t SKE), in Dänemark 114 PJ (3,9 Mio t SKE) und in Schleswig-Holstein 44 PJ (1,5 Mio t SKE, s. Tab. B4-4). Dabei sind die Industriekraftwerke über ihre Stromlieferung an die Industriebetriebe ohne Eigenverbrauch der Industriekraftwerke selbst berücksichtigt. Die Energieverbräuche im Steinkohlebergbaus, bei der Mineralölgewinnung und -verarbeitung, bei der Herstellung und Verarbeitung von Brut- und Spaltstoffen sowie der nichtenergetische Verbrauch in der Chemischen Industrie sind - wie bereits erwähnt - nicht enthalten.

Strukturelle Unterschiede zwischen der Bundesrepublik Deutschland, Dänemark und Schleswig-Holstein, die sich auf den Energieverbrauch des Verbrauchsektor Industrie - im Verhältnis zu anderen Verbrauchssektoren - auswirken, lassen sich aus den Be-

AG Energiebilanzen, Essen

schäftigtenzahlen und den spezifischen Verbräuchen erkennen. Während im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 31% der Erwerbstätigen in der Industrie beschäftigt waren, waren es in Dänemark 14% und in Schleswig-Holstein ca. 15% der Erwerbstätigen im Jahr 1987. Die Eisenschaffende Industrie beanprucht in der Bundesrepublik Deutschland innerhalb des Verbrauchssektors Industrie mit nur ca. 3% der Beschäftigten mehr als ein Viertel der Endenergie (Dänemark: 0,3% der Beschäftigten / 9% der Endenergie [1986, /VIK 88/]), während dieser Industriezweig in Schleswig-Holstein nicht vertreten ist. Der Anteil der Eisenschaffenden Industrie an der Bruttowertschöpfung im Verbrauchssektor Industrie betrug 1987 ca. 3%. Dies wirkt sich sowohl auf den spezifischen Endenergieverbrauch der Industrie relativ zum gesamten Endenergieverbrauch als auch relativ zur Bruttowertschöpfung im Verbrauchssektor Industrie aus.

In der folgenden Tabelle ist der Endenergieverbrauch in der Industrie - bezogen auf charakteristische Vergleichsgrößen - dargestellt.

Spezifischer Endenergieverbrauch in der Industrie

bezogen auf:	Endenerg.	 Fläche 	BIP	BWS (Ind.)	Erwerbs- tätige Ind.
	PJ / PJ	/10 ³ km ²	/Mrd. DM	 /Mrd.DM 	/1000 E.
Bundesrepublik Deutschland [2200 PJ]	0,29	8,84	1,09	3,59	0,27
Dänemark [114 PJ]	0,19	2,64	0,66	3,78	0,28
 Schleswig- Holstein [44 PJ]	0,15	2,80	0,63	2,72	0,27

Tab. B4-4: Endenergieverbrauch im Verbrauchssektor Industrie, bezogen auf die Fläche, den Endenergieverbrauch insgesamt, das Bruttoinlandsprodukt, die Bruttowertschöpfung und die Zahl der Beschäftigten in der Industrie

Endenergieverbrauch in der Industrie nach Energiearten

Bei der Aufschlüsselung des Endenergieverbrauchs nach Endenergiearten sind die verschiedenen Erhebungsmethoden und Zuordnungsmöglichkeiten zu beachten. Während unterschiedliche statistische Erhebungsgrenzen nach "Größe der Betriebe" oder "Zuordnung zum Verbrauchssektor Industrie" sich zunächst auf den Endenergiebedarf im Verbrauchsektor Industrie insgesamt auswirken, verschieben Erhebungsgrenzen wie "Mindestleistung der erfaßten Stromeigenerzeugungsanlagen", Energieumwandlungen in der Industrie oder Doppelzählungen bei den Betriebserhebungen (Kohle/Strom) zusätzlich die Verbräuche nach Endenergiearten. Im folgenden werden zu den einzelnen Energiearten die zu beachtenden statistischen Besonderheiten erläutert.

Kohle

Kohle/Koks wird in der Industrie überwiegend zur Stromerzeugung oder zur Erzeugung von Prozeßwärme eingesetzt. Der Kohleverbrauch für die industrielle Stromerzeugung wird bei der Betriebserhebungen im Rahmen der Landesstatistiken mit erfaßt, ist aber bei der Erfassung des Endenergieverbrauchs dem industriellen Verbrauch vorzulagern. Bei den Betriebserhebungen kommt es hier zu Doppelzählungen. Der Gichtgas- bzw. Hochofengaserzeugung waren hier 1987 ca. 153 PJ bzw. 5,3 Mio t SKE an Koksverbrauch zuzuordnen, die im Verbrauchssektor Industrie als Gasverbrauch und nicht als Kohleverbrauch ausgewiesen werden¹.

Der nichtenergetische Verbrauch (Kohlewertstoffe, Koks) betrug 1987 ca. 9% des Kohleverbrauchs in der Industrie (ohne Verbrauch in Kraftwerken) und ist im Endenergieverbrauch ebenfalls nicht enthalten. Der Endenergieverbrauch an Kohle in der Industrie betrug danach im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 492 PJ, in Dänemark 14,8 PJ und in Schleswig-Holstein 4,9 PJ.

Strom

Die Stromverbrauchsdaten in den verschiedenen Energieverbrauchsstatistiken beruhen auf der amtlichen Elektrizitätsstatistik einerseits und den Betriebserhebungen der Statistischen Landesämter andererseits. Bei

s.a. /RWE 89/; dies entspricht ca. 7 % des Endenergieverbrauchs im Verbrauchssektor Industrie

den Betriebserhebungen werden die Betriebe aufgefordert, Strombilanzen aufzustellen, die den Stromaustausch mit dem öffentlichen Netz und anderen Betrieben abbilden und die somit eine Aussage über den tatsächlichen Stromverbrauch in den Betrieben ermöglichen. Bei der Betriebserhebung erfolgt keine Unterscheidung der Erzeugungsanlagen nach Leistungsbereichen, bei der Elektrizitätsstatistik wird die Stromerzeugung in Industriekraftwerken für Erzeugungsanlagen > 1 MW_{el} und nach Energiearten ermittelt. Die Stromerzeugung in Industriekraftwerken wird somit in beiden Statistiken erfaßt¹. Da die Anlagen > 1 MW_{el} den mit Abstand größten Teil der Stromeigenproduktion abdecken, sind die Angaben zur Stromerzeugung in der Industrie in den beiden Erhebungen praktisch identisch².

Unterschiede gibt es bei der Angabe der Netto-Stromverbräuche bzw. bei der Stromlieferung aus dem öffentlichen Netz an die Industriebetriebe. Nach der amtlichen Elektrizitätsstatistik betrug der Netto-Stromverbrauch (ohne Eigenverbrauch der Erzeugungsanlagen) im Bereich "Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe" in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1987 672,12 PJ. Demgegenüber beträgt der Netto-Stromverbrauch der Betriebe im Bereich "Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe" nach den Werten der Statistischen Landesämter 647,09 PJ einschließlich Eigenverbrauch der Industriekraftwerke bzw. 638,46 PJ ohne Eigenverbrauch. Die Abweichung liegt mit etwa 5% noch im Bereich von statistischen Ungenauigkeiten, ist aber dennoch über unterschiedliche Erhebungsgrenzen (Art und Größe der Betriebe) und die Zuordnung der Übertragungs- und Leitungsverluste zumindest tendenziell begründbar.

Der Stromverbrauch in der Industrie betrug im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 573 PJ, in Dänemark 28,2 PJ und in Schleswig-Holstein 10 PJ.

Gas

In der Endenergiebilanz für den Gasverbrauch in der Industrie ist das aus Koks erzeugte Hochofengas (bzw. Gichtgas) enthalten (s.a. Abschnitt 'Kohle'), aber nicht der Gasverbrauch für die Stromerzeugung in Industriekraftwerken³ und kein nichtenergetischer Verbrauch (s. Abschnitt 'Nichtenergetischer Verbrauch'). Die Verbräuche für Gas waren im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 735 PJ, Dänemark 17,0 PJ und Schleswig-Holstein 12,6 PJ.

Heizöl

Beim Endenergieverbrauch an Heizöl-/Mineralöl in der Industrie ist ebenfalls der Verbrauch zur Stromerzeugung in Industriekraftwerken und der nichtenergetische Verbrauch (hier insbesondere Naphta)

¹ 1987 ca. 205 PJ in der Bundesrepublik Deutschland und 1,2 PJ in Schleswig-Holstein

² 56,95 TWh / 56,71 TWh bzw. 205 PJ / 204 PJ

³ vorgelagerte Emissionen

nicht enthalten. Der energetische Verbrauch betrug im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 355 PJ, in Dänemark 46,1 PJ und in Schleswig-Holstein 16 PJ.

Fernwärme

Bei der Fernwärmelieferung aus Heizwerken und Heizkraftwerken wurden wie in /RWE 87/,/EBIL 89/ die von der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme veröffentlichten Werte (/FWI 89/) übernommen¹. Danach betrug die Fernwärmelieferung an die Industrie im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 40 PJ und in Schleswig-Holstein 0,4 PJ (Dänemark: 2 PJ).

Sonstige

Der Bereich "Sonstige Endenergiearten" beinhaltet sonstige feste Brennstoffe wie Torf oder Holz sowie regenerative Energien. Der Anteil am Endenergieverbrauch in der Industrie beträgt in der Bundesrepublik Deutschland 0,2 % bzw. 4 PJ, in Dänemark 5 % bzw. 5,6 PJ und in Schleswig-Holstein 0,4 % bzw. 0,1 PJ.

Nichtenergetischer Verbrauch

Nichtenergetischer Verbrauch entsteht durch die Herstellung von Teer, Schmierstoffen, Arzneimitteln, Düngemitteln und Kunststoffen. Der nichtenergetische Verbrauch an Endenergie betrug in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1987 ca. 690 PJ (24 %), in Dänemark ca. 17 PJ (13 %) und in Schleswig-Holstein ca. 43 PJ (50 %)². 1986 entfielen 10 % des nichtenergetischen Verbrauchs in der Bundesrepublik auf Gas, 8 % auf Kohle bzw. Kohlewertstoffe und 82 % auf Mineralölprodukte.

Nichtenergetischer Verbrauch bedeutet in der üblichen Verwendung des Begriffs nicht notwendig auch, daß durch diesen Verbrauch keine CO_2 -Emissionen entstehen. Bei der Verarbeitung von Mineralölprodukten in der anorganischen Chemie (insbesondere Naphta) ist die Kohlenstofffraktion des Rohmaterials zwar fast vollständig im Endprodukt enthalten, bei der Düngemittelherstellung ist das verwendete Rohmaterial Erdgas bzw. Heizöl-S jedoch hauptsächlich Wasserstofflieferant, während die Kohlestofffraktion mittelbar oder unmittelbar in den CO_2 -Kreislauf eingespeist wird. Auch wenn eine Bindung des CO_2 zu Harnstoff (als Düngemittel) erfolgt, ist dieser Kohlenstoffanteil vollständig als CO_2 -Emission zu betrachten, da der enthaltene Kohlenstoff vor Ort wieder vollständig als CO_2 an die Atmosphäre abgegeben wird. Bei der

Der Fernwärmeabsatz nach einzelnen Verbrauchsektoren wird selbst nicht statistisch erhoben, sondern wird rechnerisch aus anderen Daten näherungsweise rekonstruiert (/FWI 89/,/EIWi 89/,/EBIL 89/). Die Erstellung einer Fernwärmebilanz im Rahmen der Betriebserhebungen ähnlich wie bei der Endenergieart Strom wäre auch im Hinblick auf einen zukünftigen Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung zweckmäßig.

² s. /EBILSH 87/

Düngemittelherstellung aus Erdgas wird das ${\rm CO_2}$ verschiedentlich in Kohlensäureanlagen für die Lebensmittelindustrie weiterverarbeitet, diese Menge ist ebenfalls als ${\rm CO_2}$ -Emission zu betrachten.

Da diese CO_2 -Emissionen nur zum Teil bei der industriellen Produktion und zum Teil bei der Anwendung des Verbrauchsgutes entstehen, und zudem dann auch keine regionale Zuordnung mehr möglich ist, wurde in den folgenden Tabellen "Endenergieverbrauch" und " CO_2 -Emissionen" jeweils nur der energetische Verbrauch berücksichtigt.

Endenergieverbrauch in der Industrie nach Endenergiearten in PJ (bzw. [%])

	 Kohle	Min.öl	Gase	Strom	Fern- wärme	Regener.+ sonstige
Bundesrepublik Deutschland (gesamt: 2199 PJ)	492 [22%]	355 [16%]	735 [34%]	573 [26%]	40	4
Dänemark (gesamt: 114 PJ)	14,8 [13%]	46,1 [40%]	17,0 [15%]	28,2 [25%]	2,0 [2%]	5,6 [5%]
Schleswig- Holstein (gesamt: 44,0 PJ)	4,9 [11%]	16,0 [36%]	12,6 [29%]	10,0 [23%]	0,4 [1%]	< 0,1

Tab. B4-5: Endenergieverbrauch im Verbrauchssektor Industrie nach Endenergiearten, ohne Verluste bei der Energiebereitstellung und ohne nichtenergetischem Verbrauch

Der erst bei der Ermittlung der ${\rm CO_2}$ -Emissionen zu berücksichtigende Endenergieeinsatz für die Stromerzeugung in Industriekraftwerken betrug im Jahr 1987 in der Bundesrepublik Deutschland 293 PJ an Kohle, 37,5 PJ an Heizöl und Diesel sowie 139 PJ an Gas.

Endenergieverbrauch und CO2-Emissionen nach Endenergiearten und Industrie-Hauptgruppen

Bundesrepublik Deutschland

Endenergie in TJ/a	Industrie (gesamt)	Ü. Bergbau u. prod. Gewerbe ohne Chemie		Invest Güter	Verbr Güter	NuG
Kohle	491818	381913	84407	9877	5041	10580
Mineralöl	354685	111488	61635	69519	60404	51641
Gase	734693	333965	146833	103428	87309	63159
Strom	572971	208732	153398	114741	65826	30275
Fernwärme	40299	5481	16207	12397	2315	3898
Regenerative +	4396	2638	0	0	1758	0
Sonstige	0	0	0	0	0	0
Summe	2198862	1044215	462480	309961	222653	159553

Tab. B4-6

CO2-Emission in 1000 t/a	Industrie (gesamt)	Ü. Bergbau u. prod. Gewerbe ohne Chemie	Chemische Industrie	Invest Güter	Verbr Güter	NuG
Kohle	47411	36816	8137	952	486	1020
Mineralöl	28339	8908	4925	5555	4826	4126
Gase	42686	19403	8531	6009	5073	3670
Strom	100843	36737	26998	20194	11585	5328
Fernwärme	2660	362	1070	818	153	257
Regenerative +	0	0	0	0	0	0
Sonstige	0	0	0	0	0	0
Summe	221939	102226	49660	33528	22123	14401

Tab. B4-7

Schleswig-Holstein

Endenergie in TJ/a	Industrie (gesamt)	Ü. Bergbau u. prod. Gewerbe ohne Chemie	Chemische Industrie	Invest Güter	Verbr Güter	NuG
Kohle Mineralöl Gase Strom Fernwärme Regenerative + Sonstige	4894.4 15972.9 12631.7 10023.3 439.6 0.0	4513.4 5451.3 2960.1 2227.4 205.2 0.0 0.0	0.0 4923.7 2842.9 2725.6 58.6 0.0	58.6 1729.2 1494.7 1905.0 58.6 0.0 0.0	0.0 967.2 2256.7 1611.9 58.6 0.0 0.0	322.4 2901.5 3077.3 1553.3 58.6 0.0
Summe	43962.0	15357.4	10550.9	5246.1	4894.4	7913.2

Tab. B4-8

CO2-Emission in 1000 t/a	Industrie (gesamt)	Ü. Bergbau u. prod. Gewerbe ohne Chemie	Chemische Industrie		Verbr Gter	NuG
 Kohle	471.8	435.1	0.0	5.7	0.0	31.1
Mineralöl	1276.2		393.4	138.2		231.8
Gase	733.9	172.0	165.2	86.8	131.1	178.8
Strom	1764.1	392.0	479.7	335.3	283.7	273.4
Fernwärme	29.0	13.5	3.9	3.9	3.9	3.9
Regenerative +	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sonstige	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe	4275.1	1448.2	1042.2	569.8	496.0	719.0

Tab. B4-9

Dänemark

Für Dänemark lag für das Jahr 1987 keine Aufteilung des industriellen Endenergieverbrauchs nach Industrie-Hauptgruppen vor, sondern nur die Summenverbräuche nach Energieträgern. Daher wurde die Aufteilung des Jahres 1988 herangezogen, um die Endenergieträger prozentual entsprechend den Vorjahresverbräuchen
aufzuteilen. Die Verbräuche von regenerativen Energieträgern und von Fernwärme
konnten nur geschätzt werden und sind in ihrer Verteilung auf die Branchen nicht
bekannt. Sie erscheinen deshalb nur in der Summe über alle Branchen.

Beim Vergleich der eingesetzten Energieträger zwischen 1987 und 1988 fällt auf, daß gegenwärtig offensichtlich eine starke Verschiebung zwischen den Energieträgern in Richtung Gas stattfindet.

Endenergie 1988 in TJ/a	Industrie (gesamt)	Ü. Bergbau u. prod. Gewerbe ohne Chemie	Chemische Industrie		Verbr Güter	NuG
Kohle Mineralöl Gase Strom Fernwärme Regenerative + Sonstige	19965 37008 33862 24589 2040 5580	1335 316 0 164	10 6567 16907 5546	11154 14403 9248 10014	1686 2578 3276 2903	5780 13144 4431 5962
Summe	123044	1815	29030	44819	10443	29317

Tab. B4-10 Tab. B4-11

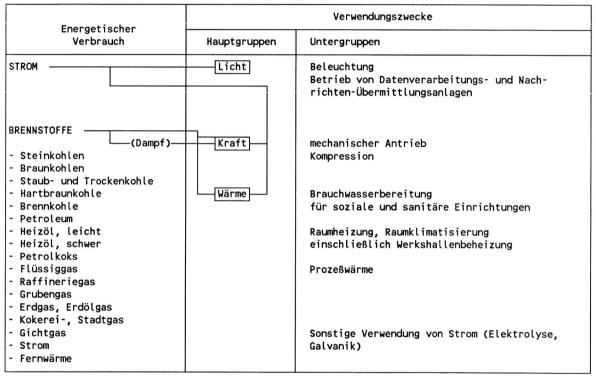
Endenergie 1987 in TJ/a	Industrie (gesamt)		Chemische Industrie		Verbr Güter	NuG
Kohle Mineralöl Gase Strom Fernwärme Regenerative + Sonstige	14754 46114 17000 28199 2040 5580	394 0 188	7 8183 8488 6360	8243 17947 4643 11484	1246 3212 1645 3329	4271 16378 2225 6837
Summe	113687	1568	23038	42317	9432	29711

CO2-Emission 1987 in 1000 t/a	Industrie (gesamt)	Ü. Bergbau u. prod. Gewerbe ohne Chemie	Chemische Industrie		Verbr Güter	NuG
 Kohle	1349	90	1	753	114	390
Mineralöl	3459	30	614	1346	241	1228
Gase	870	0	435	238	84	114
Strom	7349	49	1657	2993	868	1782
Fernwärme	137	0	0	0	0	0
Regenerative +	0	0	0	0	0	0
Sonstige	0	0	0	0	0	0
Summe	13163	169	2706	5330	1307	3514

Tab. B4-12

Endenergieverbrauch in der Industrie nach Verwendungszweck

Die Verwendungzwecke können nach den Bereichen Wärme (thermische Endenergienutzung), Kraft (mechanische Arbeitsgänge) und Licht geordnet werden. Die Systematik ist der folgenden Übersicht¹ zu entnehmen.



Nichtenergetischer Verbrauch	Kunststoffe, Düngemittel, Schmiermittel, etc.

Die Brauchwasserbereitung und der Raumwärmebedarf können zum Niedertemperaturwärmebedarf zusammengefaßt werden, dieser wurde bereits in Teil A des Anlagenbands betrachtet. Der verbleibende Endenergiebedarf der Industrie setzt sich aus den Verwendungszwecken Licht, Kraft und Prozeßwärme zusammen.

Eine Aufteilung der Endenergie nach Verwendungszwecken auf der Basis der Werte der

¹ nach /DIW 1986/

Energiebilanz 1987 wird in /ElWi 89/ für die Bundesrepublik Deutschland angegeben. Eine entsprechende Aufteilung für das Land Schleswig-Holstein und für Dänemark liegt nicht vor.

Endenergieverbrauch (PJ) in der Industrie¹ nach Verwendungszweck und Endenergiearten - Bundesrepublik Deutschland -

	 NT- wärme	Prozeß- wärme	 Kraft 	Licht	Summe
Mineralöl	117	235	3	0	335
Gase	i 108	618	9	0	735
 Kohle 	 14 	478	0	0	492
Strom	3	159	378	33	573
 Fernwärme 	 20	20	0	0	40
Sonstige	0	4	0	0	4
Summe	262	1514	390	33	<u>2199</u>

Tab. B4-13: Endenergieverbrauch nach Endenergiearten und Verwendungszweck in der Industrie (Bundesrepublik Deutschland 1987)

¹ /EIWi 89/

Zusammenfassung

Die spezifischen Endenergieverbrauchswerte in der Industrie sind - insbesondere bei einer Unterscheidung nach Industrie-Hauptgruppen - nur eingeschränkt vergleichbar. Dies liegt zum einen an unterschiedlichen Anteilen energieintensiver Produktionsbereiche, insbes. der Eisenschaffende Industrie, und zum anderen an den nicht eindeutig mit dem Energieverbrauch korrelierten Erhebungsgrenzen bei den Bezugsgrößen (Nettoproduktionswert: regionaler Bezug; Bruttowertschöpfung: Größe der Betriebe). Des weiteren sind Unschärfen bei der Transformation der Daten aus der dänischen Industriestatistik auf die in der Bundesrepublik Deutschland übliche Aufteilung nach Industrie-Hauptgruppen zu beachten.

Insgesamt zeigt sich, daß die energiespezifischen CO2-Emissionen im Verbrauchsektor Industrie in Dänemark höher als in Schleswig-Holstein und in der Bundesrepublik Deutschland liegen¹. Dies ist im wesentlichen auf die höheren spezifischen Emissionen bei der Stromerzeugung in Dänemark zurückzuführen. Auffällig ist, daß die CO2-Intensität der Bruttowertschöpfung wesentlich über der in der Bundesrepublik Deutschland liegt¹. Die Ursache hierfür ist bereits in der Energieintensität der Bruttowertschöpfung zu erkennen: Obwohl die energieintensive Eisenschaffende Industrie in Dänemark nur 9% der Endenergie bei ca. 2% der Bruttowertschöpfung beansprucht (Bundesrepublik Deutschland: 3% der Bruttowertschöpfung / 25% der Endenergie im Verbrauchssektor Industrie), beträgt die Energieintensität der Bruttowertschöpfung in Dänemark 3,78 PJ/Mrd.DM gegenüber 3,59 PJ/Mrd.DM in der Bundesrepublik Deutschland². Ohne Eisenschaffende Industrie beträgt der Energiebedarf der Bruttowertschöpfung in Bundesrepublik der Deutschland 2,78 PJ/Mrd.DM und in Dänemark 3,5 PJ/Mrd.DM (Schleswig-Holstein 2,72 PJ/Mrd.DM).

Die Unterschiede in den spezifischen Verbräuchen, die in der folgenden Tabelle B4-14 zu erkennen sind, konnten im Rahmen dieser Studie nicht näher untersucht

s. Berichtsband Tab. 2.4.3-1

s. Anlagenband Tab. B4-4

werden, lassen aber auf teilweise erhebliche Unterschiede bei der Effizienz der Energienutzung schließen. Um hier Aussagen über mögliche - branchenspezifische - Einsparpotentiale zu erhalten, sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Spezifischer Endenergieverbrauch in der Industrie nach Industrie-Hauptgruppen (in PJ / Mrd. DM)

	Bundesrepublik Deutschland	 Dänemark 	Schleswig- Holstein ¹
Grundstoff- und Produktionsgüter- gewerbe	10,31	1,85	8,08
Chemische Industrie	6,99	6,67	7,03
Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	1,03	2,98	0,86
Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	3,01	1,81	2,13
Nahrungs- und Genußmittel- gewerbe	2,33	4,42 	1,80
 <u>Industrie gesamt</u>] 3,59 	3,78	2,72

Tab. B4-14: Endenergieverbrauch der Industrie bezogen auf die Bruttowertschöpfung in der Bundesrepublik Deutschland, Dänemark und in Schleswig-Holstein 1987 nach Industrie-Hauptgruppen

Zur Ermittlung der Möglichkeiten zur Abwärmenutzung sind detailliertere Untersuchungen des Endenergieverbrauchs nach Verwendungszwecken mit regionalem Bezug (Abwärmekatalog) erforderlich.

_

s. Fußnote 2 auf S. 10

Anlage B 5

Verkehr

1987

Bundesrepublik Deutschland 1.

Endenergieverbrauch im Verkehr in 1000 TJ (BR Deutschland 1987)

	Straßenve Güter	erkehr Personen	Gesamt	Schiff- fahrt	Schienen- verkehr	Luft- verkehr	Gesamt
Motorbenz. Diesel Flugbenz. Turb.KS D Turb.KS Al Flüssiggas	41.03 342.32	1040.73 220.69 0.26	1081.76 563.01 0.26	25.79	18.17 0.15 0.44	1.17 110.82 78.69	1081.76 606.97 1.17 110.82 78.69 0.41 0.44
Heizöl Strom 					39.27		39.27
Gesamt	383.35	1261.68	1645.03	25.79	58.03	190.8	1919.53

Emissionen im Verkehr in 1000 t CO2 / Jahr (BR Deutschland 1987)

	Straßenvo Güter	erkehr Personen	Gesamt	Schiff- fahrt	Schienen- verkehr	Luft- verkehr	Gesamt
Motorbenz.	3278	83154	86433	0	0	0	86433
Diesel	27351	17633	44984	2061	1452	0	48497
Flugbenz.	0	0		0	0	93	93
Turb.KS D	0	0		0	0	8854	8854
Turb.KS Al	0	0		0	0	6288	6288
Flüssiggas	0	15	15	0	9	0	24
Heizöl	0	0		0	35	0	35
Strom	0	0		0	6912	0	6912
Gesamt	30630	100803	131432	2061	8407	15235	157136

Verkehrsleistungen BR Deutschland 1987

	Güter- verkehr Gt km/a	%	Persone verkehr Mrd.P k	
Küsten- und Binnenschiffahrt Luftverkehr Schienenverkehr Straßenverkehr	0.4 60.4	19,5% 0,2% 23,9% 56,4%	97,9 48.1	(1) (2)
Gesamt	253.2	-	732,4	

⁽¹⁾ nur Binnen- und Küstenschiffe, zusätzlich ca. 58 Gt km/a Seeschiffahrt(2) incl.ca 83 Mrd.P km/a von Bundesbürgern im Ausland

Zum Vergleich:

/IFEU Heidelb./		sierter Per nverkehr	sonenve	rkehr BR I	Deutschland Schiene	1987	Flugzeug	Gesamt	
	PKW	Zweiräder	Busse	Gesamt	Kommunal	DB, S-Bahn	Gesamt		
Verkehrsleistung in Mrd. P km/a	525	8	68	601	11	40	51		667
Endenergie in PJ/a	1233	10	41	1284	4	24	28		1416
Primärenergie in PJ/a	1344	11	45	1400	12	51	63		1577
CO2-Emissionen in 1000 t/a	96300	780	3300	100380	700	3100	3800		112511

/TÜV Rheinl./ Mo	otorisier	ter Güterve	erkehr BR	Deutschl	and 1987
S:	traße Sch	niene Schi	iff Flu	gzeug Ges	amt
Verkehrsleistung in Mrd. t km/a	143	60	50	5	258
Endenergie in PJ/a	371	17	19	68	475
Primärenergie in PJ/a	412	41	21	75	549
CO2-Emissionen in 1000 t/a	29586	2470	1512	5680	39248

2. Schleswig-Holstein

Endenergieverbrauch im Verkehr in 1000 TJ (Schleswig-Holstein 1987)

1	Straßenv Güter	erkehr Personen	Gesamt	Schiff- fahrt	Schienenv Güter	erkehr Personen	Gesamt	Luft- verkehr	Gesamt
Motorbenz. Diesel Flugbenz. Turb.KS D Turb.KS Al Flüssiggas Heizöl Strom	16.203		50.536 25.147 0.034	3.576	0.197		0.012	0.289	51 30 0 0 0 0 0
Gesamt	18.498	57.219	75.717	3.576	0.197	1.196	1.393	0.289	81

Emissionen im Verkehr in 1000 t CO2 / Jahr (Schleswig-Holstein 1987)

	Straßenv Güter	erkehr Personen	Gesamt	Schiff- fahrt	Schienenv Güter	erkehr Personen	Gesamt	Luft- verkehr	Gesamt
Motorbenz. Diesel Flugbenz. Turb.KS D Turb.KS Al Flüssiggas Heizöl Strom	1295	715 0 0 0 0 0 2 0	4038 2009	0 286 0 0 0	16	95	110	0 0 0 23 0 0	4038 2405 0 23 0 2 0 2
Gesamt	1478	3 4571	6049	286	16	97	113	23	6470

3. Dänemark

Endenergieverbrauch im Verkehr in 1000 TJ Dänemark 1987

	Straßen- verkehr	Schiff- fahrt	Schienen- verkehr	Luft- verkehr	Gesamt
Motorbenz. Diesel	65,07 49,04	6,89	4,25		65,07 60,18
Jet Petrol				31,19	31,19
Flüssiggas Heizöl Strom	0,95		0 0 0,59		0,95 0 0,59
Gesamt	115,06	6,89	4,84	31,19	157,98

incl. Flugverkehr Ausland

Emissionen im Verkehr in 1000 t $\rm CO2$ / $\rm Jahr$ Dänemark 1987

	Straßen- verkehr	Schiff- fahrt	Schienen- verkehr	Luft- verkehr	Gesamt
Motorbenz. Diesel	5199 3918	0 551	0 340	0	5199 4808
Jet Petrol		0	0	2492	2492
Flüssiggas Strom	55	0	0 104	0 0	55 104
Gesamt	9173	551	443	2492	12659

Verkehrsleistung Dänemark 1988 (nur teilweise mit vorgenannten Daten vergleichbar)

	Güter- verkehr Gt km/a	P (V) % M	%	
Küsten- und Binnenschiffahrt Luftverkehr Schienenverkehr Straßenverkehr	1,94 0 0,94 9,71	15,4% 0,0% 7,5% 77,1%	0,57 0,43 4,82 65,09	0,8% 0,6% 6,8% 91,8%
	12,59	100,0%	70,91	100,0%