



Energieeffizienz in Zahlen

Entwicklungen und Trends in Deutschland
2018



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Redaktion und fachliche Bearbeitung

Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet I 2.4, und BMWi

Stand

August 2018

Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

Druck

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG,
Frankfurt

Bildnachweis

iconeer / Getty Images / Titel

Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Referat Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice:

Telefon: 030 182722721
Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.



Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2018*

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
Verzeichnis der Informationsboxen	6
Abkürzungsverzeichnis	7
Einheiten und Umrechnungsfaktoren	7
1. Zusammenfassung	8
2. Efficiency First – die nächste Phase der Energiewende	10
3. Entwicklung der Energieverbräuche und anderer Kenndaten	15
3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern.....	15
3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern.....	18
3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen.....	21
3.4 Verbrennungsbedingte CO ₂ -Emissionen im Energiebereich.....	22
3.5 Primär- und Endenergieproduktivität.....	24
3.6 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie.....	28
3.7 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	30
3.8 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte.....	33
3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr.....	37
3.10 Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs.....	40
3.11 Netto-Stromverbrauch und -produktivität.....	44
3.12 Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren.....	45
3.13 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie.....	48
3.14 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	50

3.15	Netto-Stromverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte	52
3.16	Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung	54
3.17	Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch – sektorübergreifend	57
3.18	Gebäuderelevante CO ₂ -Emissionen – sektorübergreifend	59
3.19	Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme im Sektor private Haushalte (witterungsbereinigt)	61
4.	Wirtschaftliche Impulse und Umwelteffekte	62
4.1	Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz	62
4.2	Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	63
4.3	Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz	65
4.4	Eingesparte Primärenergie erhöht die Versorgungssicherheit und senkt die Ausgaben für importierte Energieträger	67
4.5	Vermiedene Emissionen und Umweltschäden	68
5.	Primär- und Endenergieverbrauch in der Europäischen Union	70
	Glossar	75
	Quellen- und Literaturverzeichnis	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hypothetischer Primärenergieverbrauch bei gleichbleibender Energieproduktivität	12
Abbildung 2:	Energieflussbild 2016 für die Bundesrepublik Deutschland, in Petajoule	13
Abbildung 3:	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern	15
Abbildung 4:	Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2017	16
Abbildung 5:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren	18
Abbildung 6:	Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2016	19
Abbildung 7:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern	20
Abbildung 8:	Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2016	20
Abbildung 9:	Gesamter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	21
Abbildung 10:	Entwicklung der energiebedingten CO ₂ -Emissionen 1990 – 2017	22
Abbildung 11:	Primärenergieverbrauch und -produktivität	24
Abbildung 12:	Endenergieverbrauch und -produktivität	26
Abbildung 13:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie	28
Abbildung 14:	Endenergiemix der Industrie 1990, 2008 und 2016	29
Abbildung 15:	Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	29
Abbildung 16:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	30
Abbildung 17:	Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008 und 2016	32
Abbildung 18:	Endenergieverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	32
Abbildung 19:	Endenergieverbrauch und -intensität – private Haushalte	33
Abbildung 20:	Endenergiemix der privaten Haushalte 1990, 2008 und 2016	35
Abbildung 21:	Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	36
Abbildung 22:	Endenergieverbrauch – Verkehr (gemäß Inlandsabsatz)	37
Abbildung 23:	Anteile der Verkehrsträger am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2016	38
Abbildung 24:	Energieintensität – Personen- und Güterverkehr (Energieverbräuche pro Verkehrsleistung inklusive Tank-Delta)	39
Abbildung 25:	Endenergiemix des Verkehrs (gemäß Inlandsabsatz) 1990, 2008 und 2016	39
Abbildung 26:	Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren	40
Abbildung 27:	Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungen	42
Abbildung 28:	Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs 2016	43
Abbildung 29:	Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft	44

Abbildung 30: Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs nach Sektoren	45
Abbildung 31: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008 und 2016	46
Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	47
Abbildung 33: Stromverbrauch und -produktivität – Industrie	48
Abbildung 34: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	49
Abbildung 35: Stromverbrauch und -produktivität – GHD	50
Abbildung 36: Netto-Stromverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	51
Abbildung 37: Stromverbrauch und -intensität – private Haushalte	52
Abbildung 38: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016	53
Abbildung 39: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung nach Sektoren	54
Abbildung 40: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung nach Anwendungen 2008 und 2016	56
Abbildung 41: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes der Kraftwerke 2016	56
Abbildung 42: Endenergieverbrauch – gebäuderelevant	57
Abbildung 43: Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2016	58
Abbildung 44: CO ₂ -Emissionen – gebäuderelevant	59
Abbildung 45: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs	60
Abbildung 46: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte (witterungsbereinigt)	61
Abbildung 47: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand 2010 bis 2016	62
Abbildung 48: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand im Zeitraum 2010 bis 2016	64
Abbildung 49: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2009 bis 2016	66
Abbildung 50: Kontrafaktische CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugung bei gleichbleibendem Emissionsfaktor	69
Abbildung 51: Primärenergieverbrauch der EU nach Energieträgern 2008 und 2016	70
Abbildung 52: Endenergieverbrauch der EU nach Energieträgern 2008 und 2016	71
Abbildung 53: Europäischer Vergleich der Primärenergieproduktivität (in Mio. EUR/PJ)	73
Abbildung 54: Europäischer Vergleich der Endenergieproduktivität (in Mio. EUR/PJ)	74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieverbrauch und Energieproduktivität insgesamt	8
Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren in PJ	8
Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungen in PJ	9
Tabelle 4: Volkswirtschaftliche Effekte durch Energieeffizienzmaßnahmen	9
Tabelle 5: Ziele der Energiewende	11
Tabelle 6: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2016 in Mrd. EUR	63
Tabelle 7: Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2016 in Personen	64
Tabelle 8: Beschäftigung durch kommerzielle Energieeffizienzdienstleistungen im Jahr 2015	65
Tabelle 9: Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2016 in Mrd. EUR	67
Tabelle 10: Primärenergieimporte	67

Verzeichnis der Informationsboxen

Informationsbox 1: Quantitative Ziele der Energiepolitik	11
Informationsbox 2: Energieverbrauch anschaulich gemacht	14
Informationsbox 3: Wandel des Primärenergiemix	17
Informationsbox 4: Energieproduktivität	25
Informationsbox 5: Rebound-Effekt	27
Informationsbox 6: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors	31
Informationsbox 7: Energieintensität	34
Informationsbox 8: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs	41
Informationsbox 9: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung	55

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.	kWh	Kilowattstunde
BIP	Bruttoinlandsprodukt	MJ	Megajoule
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	MWh	Megawattstunde
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit	Mt	Megatonne
BReg	Bundesregierung	NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
BWS	Bruttowertschöpfung	NEEAP	Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung	NEV	Nicht-energetischer Verbrauch
EEV	Endenergieverbrauch	NIW	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung
EU	Europäische Union	PEV	Primärenergieverbrauch
EUR	Euro	PHH	Private Haushalte (Sektor)
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Sektor)	PJ	Petajoule
GJ	Gigajoule	THG	Treibhausgas
GWh	Gigawattstunde	TWh	Terawattstunde
J	Joule	UBA	Umweltbundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	UWS	Umwandlungssektor
		Wh	Wattstunde

Einheiten und Umrechnungsfaktoren

Einheiten für Energie und Leistung

Joule (J):	Einheit für Energie, Arbeit, Wärmemenge
Watt (W):	Einheit für Leistung, Energiestrom, Wärmestrom
1 Joule = 1 Newtonmeter = 1 Wattsekunde	

Vorsätze für Maßeinheiten

1 Petajoule	= 1.000 Terajoule	= 10 ¹⁵ Joule
1 Terajoule	= 1.000 Gigajoule	= 10 ¹² Joule
1 Gigajoule	= 1.000 Megajoule	= 10 ⁹ Joule
1 Megajoule	= 1.000 Kilojoule	= 10 ⁶ Joule
1 Kilojoule	= 1.000 Joule	= 10 ³ Joule

Umrechnungsfaktoren

		PJ	TWh Mio. t	SKE Mio. t	RÖE Mio. t
1 Petajoule	PJ	1	0,2778	0,0341	0,0239
1 Terawattstunde	TWh	3,6	1	0,123	0,0861
1 Mio. t Steinkohleeinheit	Mio. t SKE	29,308	8,14	1	0,7
1 Mio. t Rohöleeinheit	Mio. t RÖE	41,869	11,63	1,429	1

1. Zusammenfassung

„Energieeffizienz in Zahlen“ zeigt die wichtigsten Indikatoren für den Bereich Energieeffizienz, um die Entwicklungen der Energieverbräuche, die Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen und die Änderung anderer Rahmenfaktoren darzustellen. Der folgende Überblick fasst die wichtigsten Entwicklungen gegenüber 2008 zusammen.

Gegenüber dem Jahr 2008 hat sich der Primärenergieverbrauch im Jahr 2017 um 855 PJ reduziert. Der Ausstieg aus der Kernenergie sowie die Verdrängung von Steinkohle sowohl durch Erdgas als auch erneuerbare Energien verändern den deutschen Primärenergiemix signifikant. Die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien, die per Definition einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, trägt zum Rückgang des Primärenergieverbrauchs bei. Dieser Rückgang ist aber

auch auf Effizienzsteigerungen, beispielsweise in fossilen Kraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung oder durch Kraft-Wärme-Kopplung, zurückzuführen. Ebenso trugen Energieeffizienzmaßnahmen und strukturelle Veränderungen zu einer geringeren Energienachfrage der Endverbrauchssektoren und damit zum Rückgang des Primärenergieverbrauchs bei. So sank der Endenergieverbrauch zwischen 2008 und 2016 geringfügig um 7 PJ. Der Netto-Stromverbrauch hat sich im selben Zeitraum um 8 TWh reduziert.

Die Primärenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft stieg zwischen 2008 und 2017 um 17,9 Prozent auf 215,4 Euro je GJ. Die Endenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft lag im Jahr 2016 bei 310,7 Euro je GJ. Dies ist eine Steigerung um 8,3 Prozent gegenüber 2008.

Tabelle 1: Energieverbrauch und Energieproduktivität insgesamt

	1990	2008	2016*	Veränderung ggü. 2008
Primärenergieverbrauch in PJ	14.905	14.380	13.525**	-5,9 %
Endenergieverbrauch in PJ	9.472	9.159	9.152	-0,1 %
Netto-Stromverbrauch in TWh	455	524	516	-1,7 %
Primärenergieproduktivität in EUR BIP/GJ	130,4	182,7	215,4**	+17,9 %
Endenergieproduktivität in EUR BIP/GJ	215,2	286,8	310,7	+8,3 %
Netto-Stromproduktivität in EUR BIP/MWh	4.261,8	5.009,5	5.515,3	+17,5 %

* vorläufige Angaben

** Wert für 2017

Im Bereich der Verbrauchssektoren konnten sowohl die Industrie (-6 PJ) als auch die privaten Haushalte (-164 PJ) einen Betrag zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs

seit 2008 leisten. Dagegen stiegen der Endenergieverbrauch des Verkehrs um 125 PJ und der des GHD-Sektors um 37 PJ im Jahr 2016 an.

Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren in PJ

	1990	2008	2016*	Veränderung ggü. 2008
Industrie	2.977	2.587	2.581	-0,2 %
GHD-Sektor	1.733	1.443	1.480	+2,6 %
Verkehr	2.379	2.571	2.696	+4,9 %
Private Haushalte	2.383	2.558	2.394	-6,4 %

* vorläufige Angaben

Im Bereich der Anwendungen reduzierte sich der Endenergieverbrauch von 2008 bis 2016 für die Raumwärme (-215 PJ), die Beleuchtung (-26 PJ) sowie die Informations- und Kommunikationstechnik (-4 PJ). Dagegen stieg der

Endenergiebedarf für mechanische Energie (+178 PJ), Prozesswärme (+33 PJ) und Prozesskälte (+14 PJ). Ebenso wurde vermehrt Endenergie für Klimakälte (+12 PJ) und Warmwasser (+2 PJ) nachgefragt.

Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungen in PJ

	2008	2016*	Veränderung ggü. 2008
Raumwärme	2.772	2.557	-7,8%
Warmwasser	428	430	+0,4%
Prozesswärme	1.925	1.958	+1,7%
Klimakälte	26	38	+44,9%
Prozesskälte	153	167	+8,9%
Mechanische Energie	3.343	3.520	+5,3%
Informations- und Kommunikationstechnik	211	207	-2,1%
Beleuchtung	300	274	-8,6%

* vorläufige Angaben

Zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand wurden im Jahr 2016 rund 42,5 Milliarden Euro investiert. Diese Investitionen erzeugten wiederum eine entsprechende Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen. Der Umsatz mit Gütern und kommerziellen Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz lag im selben Jahr bei rund 76,6 Milliarden Euro. Die getätigten Investitionen sind in Deutschland mit nennenswerten posi-

tiven Beschäftigungswirkungen verbunden. Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung belief sich auf rund 543.800 Beschäftigte im Jahr 2016. Die für bestimmte Teilssegmente berechneten Effekte sind in Tabelle 4 dargestellt. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass es sich um keine gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse handelt.

Tabelle 4: Volkswirtschaftliche Effekte durch Energieeffizienzmaßnahmen

	2010	2016	Veränderung ggü. 2010
Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand (in Mrd. Euro)	36,1	42,5	+17,7%
Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz (in Mrd. Euro)	67,6	76,6	+13,4%
Beschäftigte durch energetische Gebäudesanierung im Bestand (in 1.000 Pers.)	521,7	543,8	+4,2%

2. Efficiency First – die nächste Phase der Energiewende

Deutschland verbrauchte im Jahr 2017 rund 13.500 PJ an Energie.¹ Energie, die gebraucht wurde, um Wohnungen warm zu halten, damit Menschen kommunizieren und sich fortbewegen konnten, um Produkte herzustellen und Dienstleistungen zu erbringen. Energie ist in unserer Gesellschaft und für die Wirtschaft unabdingbar. Auch wenn aus physikalischer Sicht Energie nicht verbraucht, sondern nur umgewandelt werden kann, ist sie doch ein knappes Gut. Bereitstellung, Transport und Konsum verursachen Kosten für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt.

Deutschlands Energieversorgung beruht zum größten Teil noch auf fossilen Energieträgern, die zum überwiegenden Teil importiert werden müssen. Der fossile Energieverbrauch ist gekoppelt an zahlreiche Begleitumstände: tiefe Eingriffe in die Natur am Ort der Rohstoffförderung, weite Transportwege, die teilweise durch geopolitische Spannungsgebiete verlaufen, und auf lange Sicht möglicherweise wieder steigende Kosten der Beschaffung aufgrund der Endlichkeit der Ressourcen. Darüber hinaus sind konventionelle Energien die Hauptverursacher des Klimawandels mit seinen Folgen: ansteigender Meeresspiegel, Zunahme der Wetterextreme wie Dürren, Überflutungen, Stürme und daraus resultierende Fluchtbewegungen. Außerdem setzt die Verbrennung von konventionellen Energieträgern Stoffe frei, die eine gesundheitliche Gefahr für die Bevölkerung darstellen. Die Umweltbelastungen und Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen sind mit entsprechend hohen Kosten verbunden, die Wirtschaft und Gesellschaft stemmen müssen.

Erneuerbare Energien sollen deshalb perspektivisch an Bedeutung in der Energieversorgung gewinnen. Die Herausforderungen der Energiewende sind vielfältig. Erneuerbare Energieträger müssen neben der Stromerzeugung auch in vielen anderen Anwendungen verstärkt genutzt (z. B. Prozess- und Raumwärme sowie Verkehr) und Flexibilitätsoptionen (Speichermöglichkeiten, Lastmanagement) für regenerative Energien müssen geschaffen werden, um Erzeugung und Verbrauch zeitlich zu entkoppeln.

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen ist die Energieeffizienz ein entscheidender Hebel, um die Energiewende erfolgreich zu gestalten. Energieeffizienz ist die rationelle Verwendung von Energie. Der Energiebedarf soll insgesamt verringert und Verluste in der Energieumwandlung, im Energietransport, in der Energiespeicherung und Energienutzung minimiert werden. Dabei bleibt der Nutzen durch den Energieverbrauch gleich, nur der energetische Aufwand zur Erreichung dieses Nutzens sinkt.

Der Grünbuchprozess Energieeffizienz, der im Jahr 2016 in die Wege geleitet wurde, betonte das Prinzip „Efficiency First“. Durch das Prinzip sollen Energieeffizienzmaßnahmen gegenüber Investitionen im Erzeugungsbereich priorisiert werden, wenn dies ökonomisch und für das Gesamtsystem sinnvoll ist. Efficiency First kann als strategisches Leit- und Planungsprinzip dabei helfen, dass bei Planungsentscheidungen Effizienzpotenziale stärker gewichtet und in die Entscheidungsfindung einbezogen werden. Denn Energie, die nicht erzeugt, transportiert oder gespeichert werden muss, entlastet die Umwelt und senkt die Kosten.

Die Steigerung der Energieeffizienz durch volkswirtschaftlich sinnvolle Investitionen in effiziente Gebäude, moderne Umwandlungstechniken, in das Energiemanagement, in energiesparende Produkte und Dienstleistungen sowie Fahrzeuge reduziert den fossilen Energieverbrauch aller Sektoren. Die dadurch eingesparte fossile Energie muss nicht durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden. Der Weg zur klimaneutralen Energieversorgung wird erleichtert. Daher ist die Steigerung der Energieeffizienz somit eine zentrale Voraussetzung für den Erfolg der Energiewende und der Klimapolitik.

1 Dieser Wert bezieht sich auf den Primärenergieverbrauch, der den Energiegehalt aller im Inland eingesetzten Energieträger ausweist und somit auch den Umwandlungseinsatz des Energiesektors umfasst. Dagegen bilanziert der Endenergieverbrauch nur den Teil der Primärenergie, der den Verbrauchern nach Abzug von Übertragungs- und Umwandlungsverlusten, nicht-energetischen Verbräuchen sowie von Eigenverbräuchen des Umwandlungssektors zur Verfügung steht. In Deutschland lag der Endenergieverbrauch in den Sektoren Industrie; Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD); Verkehr und private Haushalte im Jahr 2016 bei rund 9.150 PJ (vgl. Abb. 2).

Informationsbox 1: Quantitative Ziele der Energiepolitik

Quantitative Ziele der Energiepolitik

Die Senkung des Primär- und Endenergieverbrauchs, die Steigerungen der Endenergieproduktivität sowie die Reduzierung der Treibhausgasemissionen sind – neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien –

zentrale Elemente der Energiewende. Das Energiekonzept der Bundesregierung definiert die wichtigsten Effizienz- und Einsparziele bis 2020 und 2050 (BReg 2010):

Tabelle 5: Ziele der Energiewende

	Basisjahr	Energieeffizienz- und Klimaziele der Bundesregierung		
		2017*	Ziel 2020	Ziel 2050
Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	14.380 PJ	-5,9% 13.525 PJ	-20% 11.504 PJ	-50% 7.190 PJ
Endenergieproduktivität (ggü. 2008) BIP (2010) je GJ Endenergieverbrauch	286,8 €/GJ	310,7 €/GJ**	368,0 €/GJ	686,5 €/GJ
Bruttostromverbrauch (ggü. 2008)	619,0 TWh	-3,1% 599,8 TWh	-10% 557,1 TWh	-25% 464,3 TWh
Endenergieverbrauch Verkehr (ggü. 2005)	2.586 PJ	+4,3% 2.696 PJ**	-10% 2.327 PJ	-40% 1.552 PJ
Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	1.252 Mio. t	-27,7% 905 Mio. t %	-40% 751 Mio. t %	-80% 250 Mio. t

* vorläufige bzw. geschätzte Angaben

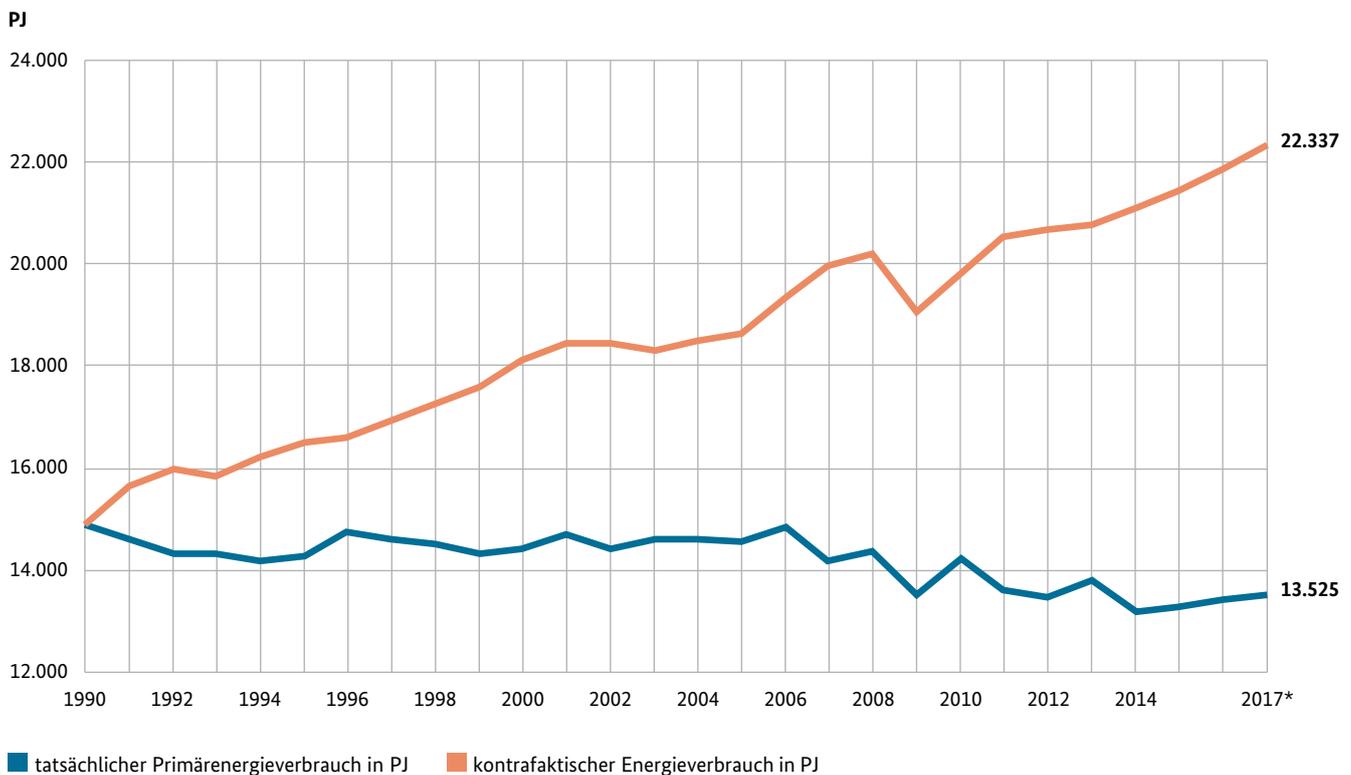
** Wert für 2016

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010; AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; AGEB, Strommix, Stand 02/2018; UBA, Trendtabellen, Stand 01/2018; UBA, Pressemitteilung Nr. 8, Stand 03/2018

Mit dem Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) wurden im Jahr 2014 Effizienzmaßnahmen und Sofortmaßnahmen beschlossen, die darauf abzielen, die Energieeffizienz im Gebäudebereich zu steigern, die Energieeffizienz als Rendite- und Geschäftsmodell zu etablieren sowie die Eigenverantwortlichkeit für Energieeffizienz zu erhöhen (BMWi 2014). Der Stand der Umsetzung der NAPE-Maßnahmen wird im aktuellen Monitoring-Bericht der Energiewende (BMWi 2018a) dargestellt. Mit der „Förderstrategie Energieeffizienz und Wärme aus erneuerbaren

Energien“ des BMWi wurde zudem ein Konzept für die Reform der Energieeffizienz-Förderung erarbeitet. Sie sieht vor, Förderangebote zielgruppenspezifisch zu bündeln und in eine übersichtliche Struktur zu bringen. Schwerpunkte der Förderung sind die Energieberatung, energieeffiziente Gebäude, Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe sowie die Wärmeinfrastruktur. Das Auffinden geeigneter Förderangebote sowie der Zugang zur Förderung sollen erleichtert werden. Die Strategie soll schrittweise bis Ende 2019 umgesetzt werden.

Abbildung 1: Hypothetischer Primärenergieverbrauch bei gleichbleibender Energieproduktivität



* vorläufige Angaben

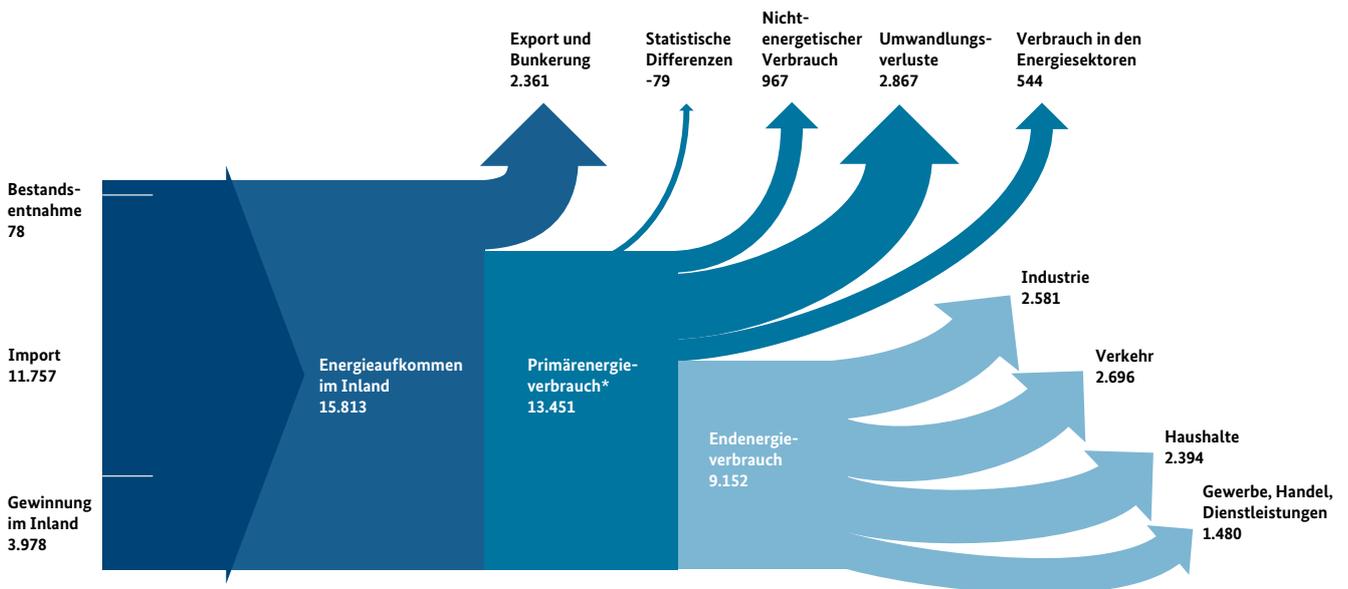
Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; AGEB, Energieverbrauch 2017, Stand 02/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.1, Stand 01/2018

Die Bedeutung der Energieeffizienz, aber auch das bisher Erreichte in diesem Bereich, verdeutlicht ein Gedankenexperiment (siehe Abb. 1): Wäre die Energieproduktivität, also das Verhältnis der Wirtschaftsleistung zum Energieverbrauch, seit 1990 konstant geblieben, anstatt wie in der Realität deutlich zu steigen, so hätte dies zu einem deutlich höheren Energieverbrauch geführt.

Dass trotz dieser Entwicklung noch enormes Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz vorhanden ist, verdeutlicht das Energieflussbild für die Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2016 (AGEB 2017a). Ausgangspunkt der Analyse ist die Primärenergie, also der rechnerisch nutzbare Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers wie Braunkohle, Erdgas oder Sonnenenergie, be-

vor er in End- bzw. Nutzenergie umgewandelt wird. Diese Primärenergie, die sich aus Importen, wie im Falle der meisten fossilen Energieträger, der Gewinnung im Inland und Bestandsentnahmen bspw. aus Erdgas- oder Erdölspeichern zusammensetzt, wird in Kraftwerken oder Raffinerien in Sekundärenergie umgewandelt. Dabei entstehen Umwandlungsverluste, die sich derzeit auf rund ein Drittel summieren. Zieht man diese sowie den Eigenverbrauch des Energiesektors, die Leitungs- und Fackelverluste sowie den nicht-energetischen Verbrauch vom Primärenergieverbrauch ab, erhält man den Endenergieverbrauch. Erst dieser Anteil steht für den gewünschten Anwendungszweck zur Verfügung.

Abbildung 2: Energieflussbild 2016 für die Bundesrepublik Deutschland, in Petajoule



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 12,6%.
Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt
29,3 Petajoule (PJ) $\hat{=}$ 1 Mio. t SKE

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) 07/2017

In den Endenergiesektoren muss die Endenergie anschließend in Nutzenergie umgewandelt werden (nicht mehr auf dem Energieflussbild abgebildet). Diese Umwandlung ist auch mit Verlusten verbunden, die wiederum auf rund ein Drittel geschätzt werden. So werden beispielsweise noch viele Gebäude mit Heizwertkesseln beheizt. Heizwertkessel nutzen jedoch im Gegensatz zu Brennwertkesseln nicht die Wärmeenergie aus der Kondensation der Abgase. Außerdem geht ein Großteil der in Deutschland erzeugten Raumwärme durch unzureichende Isolierungen der Gebäudehülle verloren. Vor dem Hintergrund der heutigen Möglichkeiten, die es erlauben, Häuser ohne aktive Beheizung zu bauen (Passivhaus), sind im Bereich der Raumwärme entsprechend große Energieeinsparpotenziale vorhanden. Auch im Verkehrssektor, in dem heute Verbrennungsmotoren dominieren, wird ein Großteil der Endenergie nicht

in Bewegungsenergie umgewandelt. Mehr als zwei Drittel der gespeicherten Energie der Kraftstoffe gehen bei einem PKW mit Verbrennungsmotor in Form von Abwärme und Reibungsverlusten verloren. Ein Elektromotor nutzt dagegen über zwei Drittel der eingesetzten Energie für den Vortrieb. Ebenso kann die Industrie durch effiziente Maschinen und Prozessoptimierungen und -umstellungen einen Beitrag leisten, Energie einzusparen. Vor allem durch die Sektorkopplung kann zukünftig Wärme, die zunächst für industrielle Prozesse benötigt wird, als Abwärme zur Beheizung von Gewerbeflächen oder Wohngebäuden genutzt werden. Das macht deutlich: Die Potenziale für einen geringeren Energieverbrauch sind erheblich und können sowohl im Umwandlungssektor als auch in den Endenergiesektoren gehoben werden.

Informationsbox 2: Energieverbrauch anschaulich gemacht

Ob Petajoule oder Terawattstunden – die Energiestatistik bewegt sich oft im Abstrakten. Hier einige leicht verständliche Beispiele zur Einordnung des aktuellen Energieverbrauchs, von Fortschritten bei der Reduzierung des Energieverbrauchs und verbleibenden Potenzialen:

- Im Jahr 2016 betrug der Primärenergieverbrauch in Deutschland rund 13.400 PJ. Dies entspricht in etwa dem Energiegehalt von 320 Millionen Tonnen Rohöl. Im Vergleich dazu lag der Primärenergieverbrauch von Großbritannien und Italien zusammen bei rund 344 Millionen Tonnen Rohöleinheiten. Der Primärenergieverbrauch in 2016 betrug rund 90 Prozent des Primärenergieverbrauchs Deutschlands im Jahr 1990 (ca. 14.900 PJ). Deutschland hat somit seinen Primärenergieverbrauch im Jahr 2016 gegenüber dem Jahr 1990 um rund 1.500 PJ reduziert. Dieser Rückgang ist größer als der momentane Primärenergieverbrauch Baden-Württembergs (rund 1.400 PJ).
- Der Endenergieverbrauch in Deutschland lag 2016 bei 9.200 PJ. Das entspricht rund 70 Prozent des Primärenergieverbrauchs. Von der in Energieträgern wie Kohle, Öl, Gas etc. enthaltenen Primärenergie kommen nämlich ca. 30 Prozent weniger beim Endverbraucher an. Im Energiesektor fallen somit Umwandlungsverluste an (meist in Form von ungenutzter Abwärme), die größer sind als der Primärenergieverbrauch der Niederlande (rund 3.000 PJ).
- In Deutschland lag der Endenergieverbrauch des Sekundärenergieträgers Strom im Jahr 2016 insgesamt bei rund 516 Terawattstunden. Pro Kopf entspricht dies etwa 6,2 Megawattstunden im Jahr. Ein Windrad der 2-Megawatt-Leistungsklasse, wie es oft in Deutschland anzutreffen ist, liefert somit in einem durchschnittlichen Windjahr (ca. 1.700 Volllaststunden) genügend Strom für ca. 540 Menschen.

Die vorliegende zweite Ausgabe von „Energieeffizienz in Zahlen“ soll eine kompakte Datengrundlage zu Entwicklungen im Bereich Energieeffizienz bieten. Dazu gehört erstens die Darstellung der Entwicklung von Energieverbräuchen und -produktivitäten entlang der Systematik des obigen Energieflussbilds (Kapitel 3). Zu Beginn wird die Primärenergie dargestellt. Es folgt eine detaillierte Betrachtung der Endenergiesektoren und Anwendungsbereiche. Ein vertiefter Blick auf den Energieträger Strom und auf die gebäuderelevanten Energieverbräuche schließt das Kapitel ab. Im darauffolgenden Abschnitt werden gesamtwirtschaftliche Effekte und Umwelteffekte der Energieeffizienz beleuchtet (Kapitel 4). Es wird aufgezeigt, welche Investitionen im Bereich der Energieeffizienz in den letzten Jahren getätigt wurden, und diesbezügliche Auswirkungen

auf die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt. Außerdem wird dargestellt, welche Kosten durch rationelle Energieverwendung eingespart wurden. Kapitel 5 zeigt die Entwicklung der Energieeffizienz in der EU und wie Deutschland im Vergleich zu seinen europäischen Nachbarn abschneidet. Darüber hinaus finden sich im Glossar Begriffserklärungen. Außerdem werden die Daten und Grafiken dieser Broschüre sowohl in der Einheit Terawattstunden als auch in Petajoule zum Download angeboten.

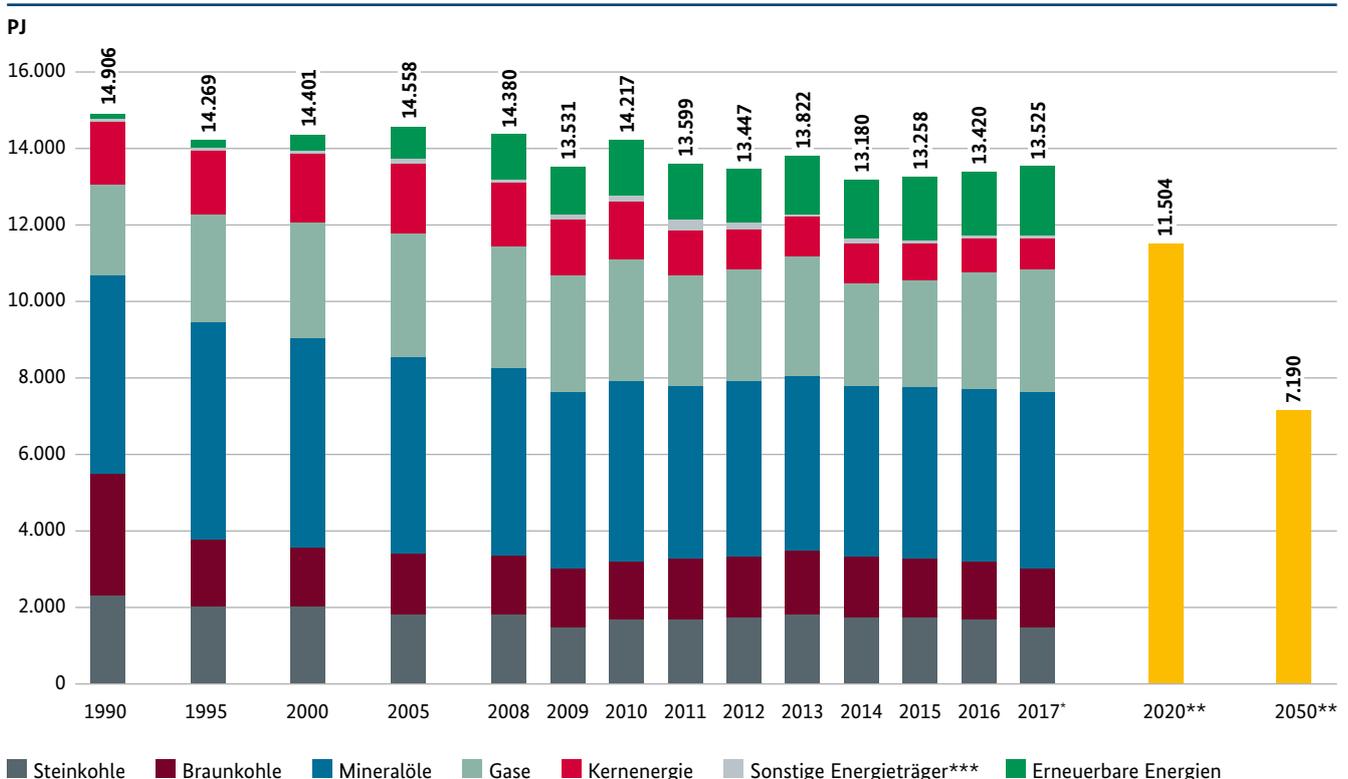
Dieser Broschüre liegen die Daten des Berichtsjahres 2016 zugrunde. Waren zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts bereits Daten des Berichtsjahres 2017 verfügbar, so werden diese dargestellt.

3. Entwicklung der Energieverbräuche und anderer Kenndaten

3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Im Zeitraum von 1990 bis 2017 ist der Primärenergieverbrauch um 9,3 Prozent zurückgegangen. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Verbrauch im Jahr 2017 hingegen um 0,8 Prozent gestiegen. Grund waren neben der kühleren Witterung vor allem die positive konjunkturelle Entwicklung sowie ein Bevölkerungsanstieg in den letzten Jahren.

Abbildung 3: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern



* vorläufige Angaben

** Ziele Energiekonzepte der Bundesregierung: Senkung des PEV bis 2020 um 20% und bis 2050 um 50% (Basisjahr 2008)

*** Sonstige Energieträger: Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme, Strom- und Fernwärmeaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; AGEB, Energieverbrauch 2017, Stand 02/2018; BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010

Der Primärenergieverbrauch (PEV) in Deutschland ist seit 1990 um rund 9,3 Prozent zurückgegangen. Bis auf Erdgas ist der Einsatz aller konventionellen Primärenergieträger seither rückläufig. Die wichtigsten Energieträger sind derzeit Mineralöle mit einem Anteil von rund 34,6 Prozent, es folgen Erdgas (23,7 Prozent), erneuerbare Energien (13,1 Prozent), Braunkohle (11,2 Prozent), Steinkohle (11 Prozent), Kernenergie (6,1 Prozent) und sonstige Energieträger (0,4 Prozent).

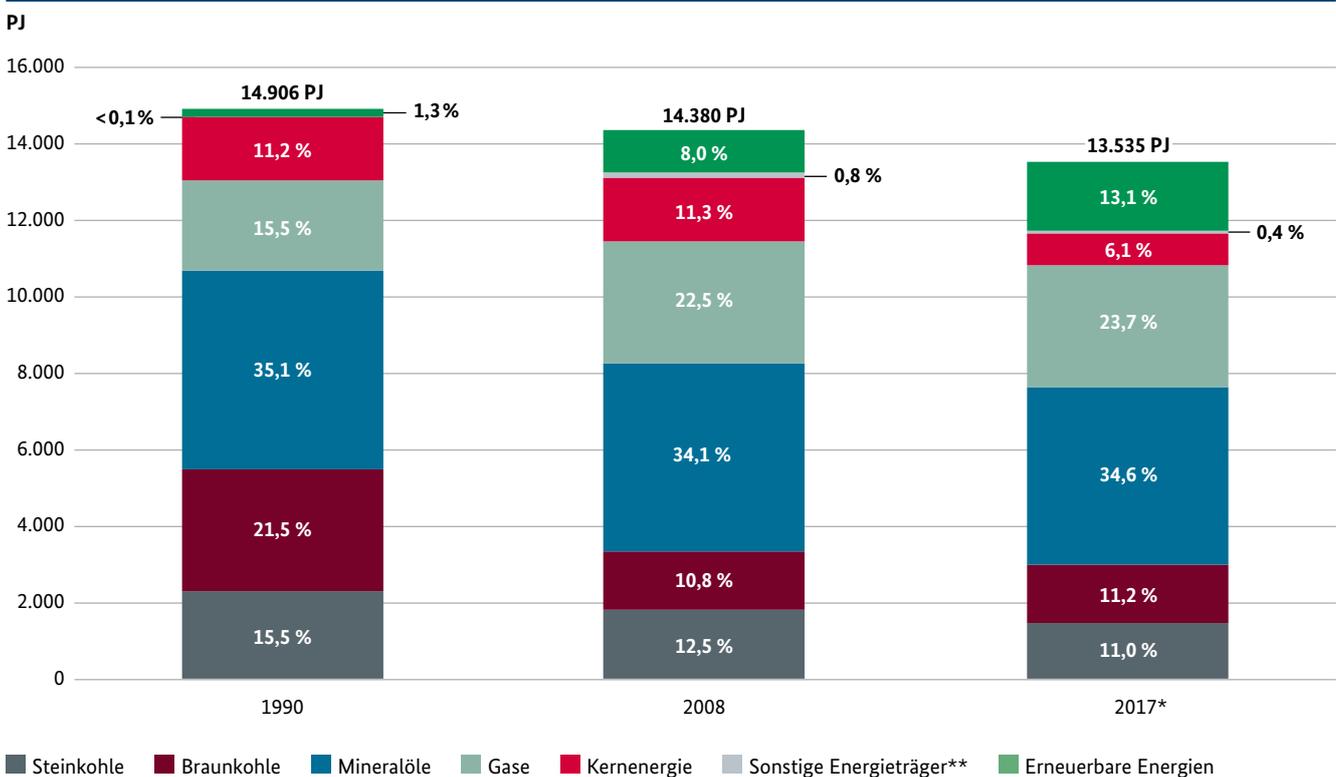
Der Ausstieg aus der Kernenergie sowie die Verdrängung von Steinkohle sowohl durch Erdgas als auch erneuerbare Energien verändern den deutschen Primärenergiemix signifikant. Die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien, die per Definition einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, trägt zum oben dargestellten Rückgang des PEV bei. Dieser Rückgang ist aber auch auf Effizienzsteigerungen, beispielsweise in fossilen Kraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung oder durch Kraft-Wärme-Kopplung, zurückzu-

führen. Ebenso tragen Energieeffizienzmaßnahmen in den Endenergiesektoren zum PEV-Rückgang bei (vgl. Kapitel zu den Endenergiesektoren).

Darüber hinaus wird der PEV in erheblichem Maße durch die Konjunktur und die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst. Der Rückgang des Primärenergieverbrauchs der letzten Jahre ist jedoch maßgeblich auf Effizienzsteigerungen zurückzuführen. Diese waren so groß, dass sie die steigende Energienachfrage aufgrund der guten Konjunktur und des

Bevölkerungswachstums der letzten Jahre mehr als ausgleichen konnten (BMWi 2016c). Ebenso haben die Witterungsverhältnisse großen Einfluss. So ist der Verbrauchsanstieg in den Jahre 2010 und 2013 gegenüber den Vorjahren auf die strengen Winter zurückzuführen. Außerdem wirken sich auch technische Entwicklungen und Rohstoffpreise auf den PEV aus. So hatte beispielsweise die zweite Ölpreiskrise im Jahr 1979 zur Folge, dass der Anteil des Mineralöls innerhalb von zehn Jahren von 51 Prozent (1979) auf 40 Prozent (1989) am PEV sank (AGEB 1998).

Abbildung 4: Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2017



* vorläufige Angaben
 ** Sonstige Energieträger: Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme, Strom- und Fernwärmeaustauschsaldo

Informationsbox 3: Wandel des Primärenergiemix

Die AG Energiebilanzen e. V. (AGEB) nutzt im Bereich der Brennstoffe (Steinkohle, Heizöl, Erdgas etc.) die erfassten Mengen und den unteren Heizwert der jeweiligen Energieträger, um den Energieverbrauch in Joule zu ermitteln, um somit die unterschiedlichen Energieträger vergleichbar zu machen.

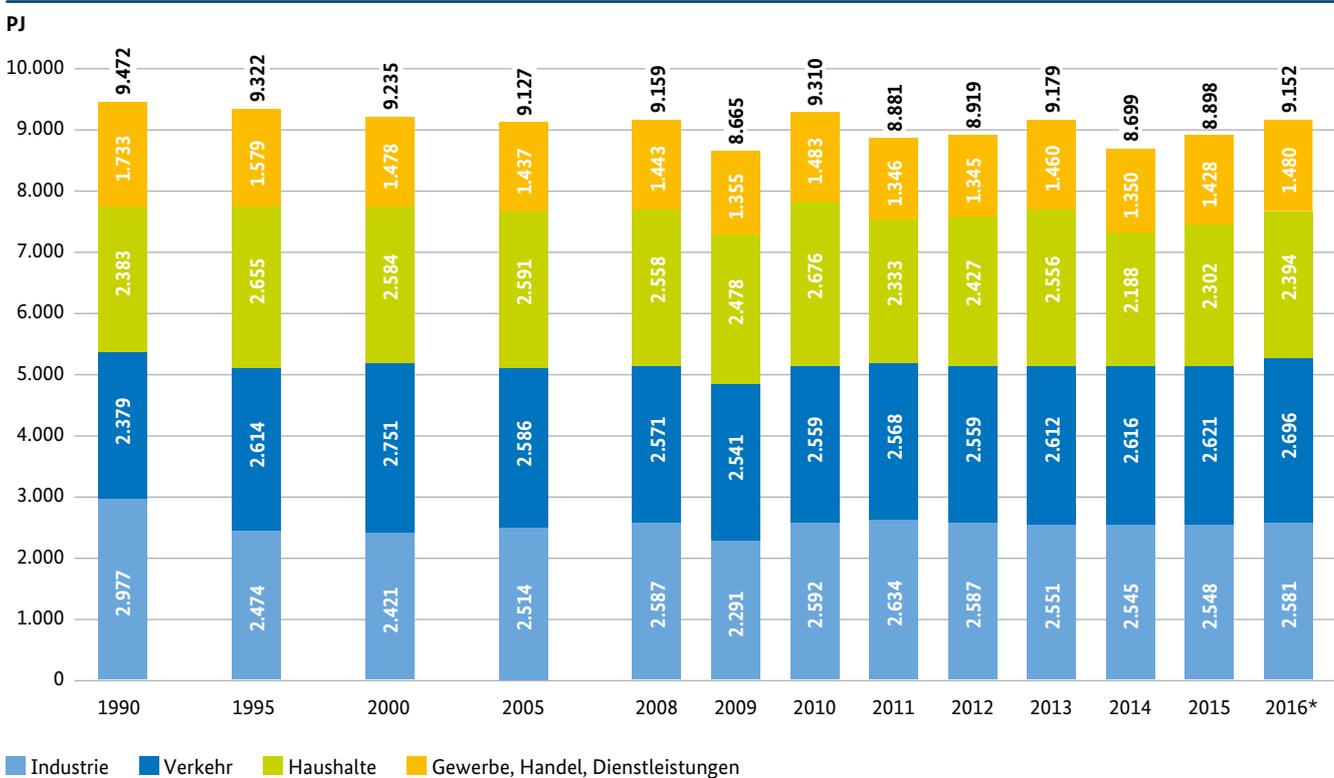
Bei Energieträgern, die nicht durch Verbrennung umgewandelt werden und für die ein einheitlicher Umrechnungsmaßstab wie der Heizwert fehlt, wird das Wirkungsgradprinzip angewendet. Dieses ordnet einem Energieträger einen repräsentativ erachteten physikalischen Wirkungsgrad der Energieumwandlung zu, um somit den Energieverbrauch in Joule zu ermitteln. Wird Strom aus Wind, Wasserkraft oder Photovoltaik erzeugt, so ist der Wirkungsgrad vereinbarungsgemäß 100 Prozent. Der Wirkungsgrad der Geothermie ist auf 10 Prozent festgelegt. Kernenergie besitzt per Definition der Energiebilanz einen Wirkungsgrad von 33 Prozent (AGEB 2015). Auch die Energiebilanz der EU, die durch das Statistische Amt der Europäischen Union veröffentlicht wird, legt für Energieträger, die nicht durch Verbrennung umgewandelt werden, bestimmte Wirkungsgrade fest und ermittelt auf diese Weise den Energieverbrauch (Eurostat 1998).

Neben realen Effizienzsteigerungen durch den Einsatz effizienter Umwandlungstechniken können somit auch Änderungen in der Zusammensetzung des Energiemix zu einer rechnerischen Effizienzsteigerung des PEV im deutschen Energiesystem aufgrund methodischer Setzungen in der Energiebilanz führen.

3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Endenergieverbrauch in Deutschland ist seit Beginn der 1990er Jahre bis 2016 um 3,4 Prozent gesunken. Im langjährigen Trend ist der Energieverbrauch im Verkehrssektor gestiegen, während er in den Sektoren Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sank.

Abbildung 5: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



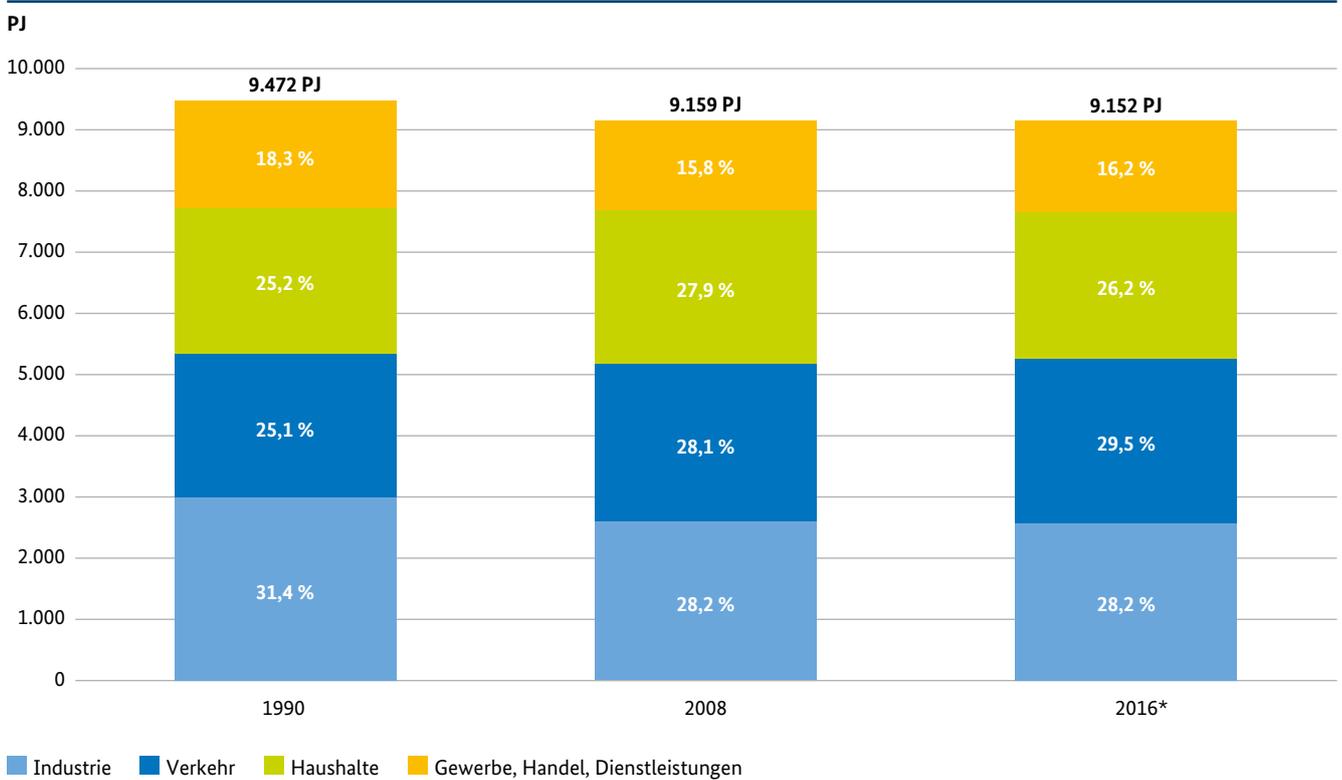
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; AGEB, Energieverbrauch 2017, Stand 02/2018; BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010

Der Endenergieverbrauch² (EEV) in Deutschland ist seit Beginn der 1990er Jahre bis 2016 um 3,4 Prozent gesunken. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Endenergieverbrauch im Jahr 2016 jedoch leicht angestiegen.

End- oder Sekundärenergie entsteht durch Umwandlung von Primärenergie in eine Form, die der Endverbraucher nutzen kann, z.B. Strom, Fernwärme oder Heizöl.³ Wie beim Primärenergieverbrauch beeinflussen die effiziente

- 2 Der Endenergieverbrauch ergibt sich aus dem Primärenergieverbrauch abzüglich der Umwandlungsverluste, des Eigenverbrauchs des Umwandlungssektors, der Fackel- und Leitungsverluste sowie des nicht-energetischen Verbrauchs.
- 3 Teilweise verbrauchen die Endenergiesektoren auch Primärenergieträger. Die Industrie bspw. nutzt Rohsteinkohle zur Metallerzeugung und private Haushalte verbrauchen Erdgas zum Heizen. Sowohl beim PEV als auch EEV werden die verschiedenen Produkte (Heizöl, Steinkohlebriketts, Kokereigas usw.) zu Energieträgergruppen zusammengefasst. Die Aggregationen entsprechen denen der Auswertungstabellen der Energiebilanz (AGEB 2017b).

Abbildung 6: Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2016

* vorläufige Angaben

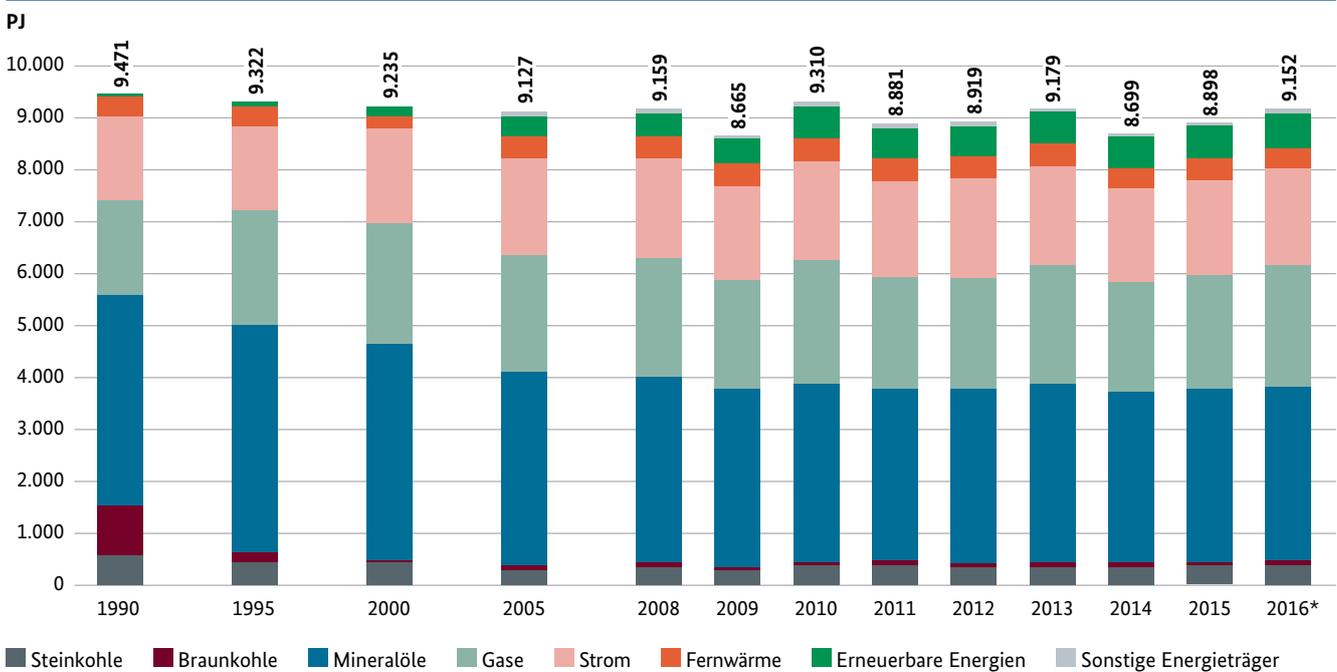
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

Nutzung von Energie, wirtschaftliche Veränderungen und Änderungen im (Konsum-) Verhalten auch den Endenergieverbrauch. Auch Witterungsänderungen, die sich auf den Bedarf an Wärmeenergie auswirken, haben großen Einfluss auf die Verbrauchsentwicklung. Im Jahr 2014 verbrauchten z. B. die privaten Haushalte aufgrund der milden Witterung 19,2 Prozent weniger Erdgas gegenüber dem Vorjahr. Die kühleren Wintermonate 2015 ließen den Verbrauch jedoch wieder um 10,3 Prozent steigen. Auch der

hohe EEV der Jahre 2010 und 2013 ist den sehr niedrigen Temperaturen während der Heizperiode geschuldet.

Im Jahr 2016 lagen die sektoralen Anteile am Endenergieverbrauch des Verkehrs bei rund 29,5 Prozent (2.696 PJ), der Industrie bei 28,2 Prozent (2.581 PJ), der privaten Haushalte bei 26,2 Prozent (2.394 PJ) und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen bei 16,2 Prozent (1.480 PJ).

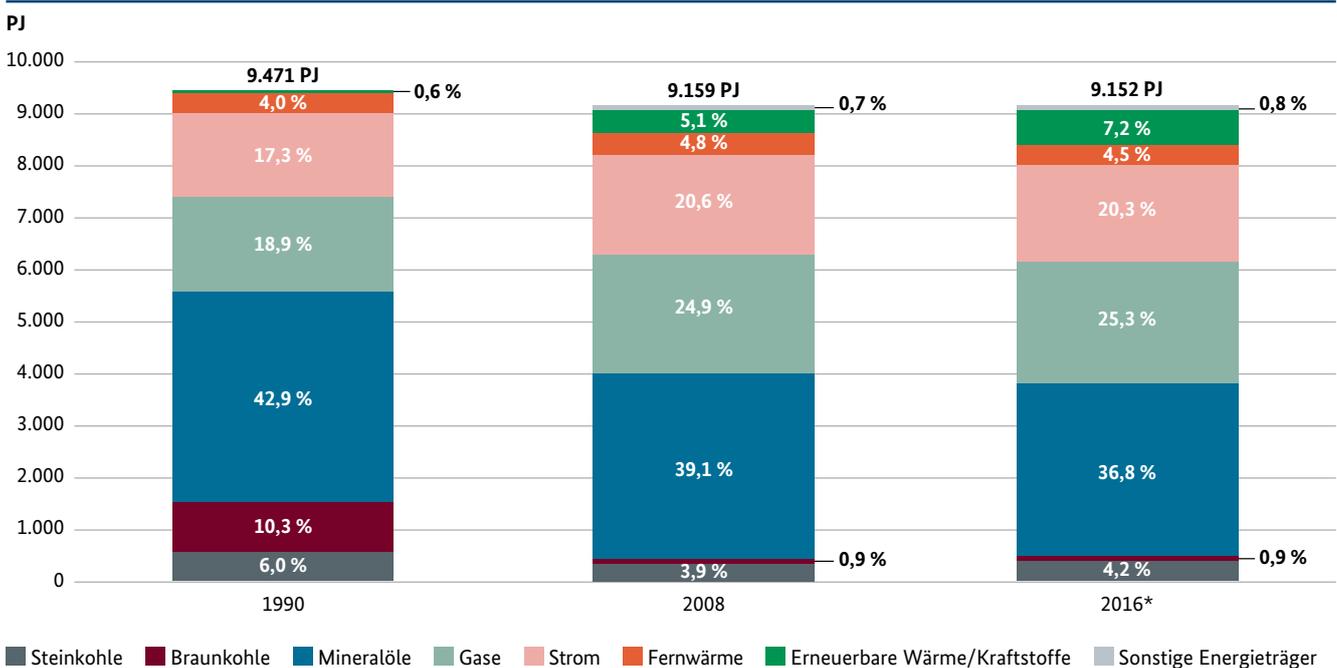
Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

Abbildung 8: Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2016



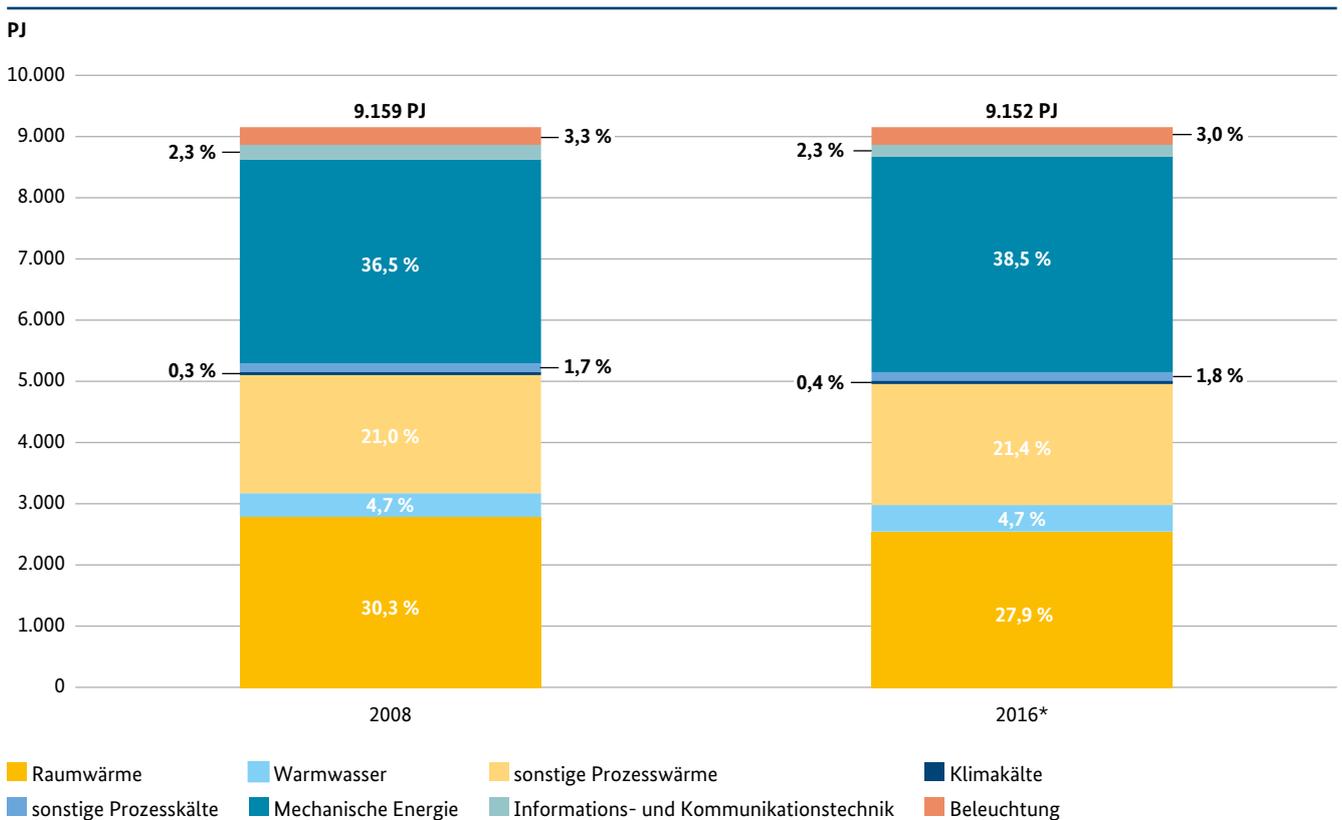
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen

Der größte Teil der Endenergie im Jahr 2016 wurde mit 3.520 PJ (38,5 Prozent) zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt, gefolgt von Raumwärme mit 2.557 PJ (27,9 Prozent) und Prozesswärme mit 1.958 PJ (21,4 Prozent).

Abbildung 9: Gesamter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

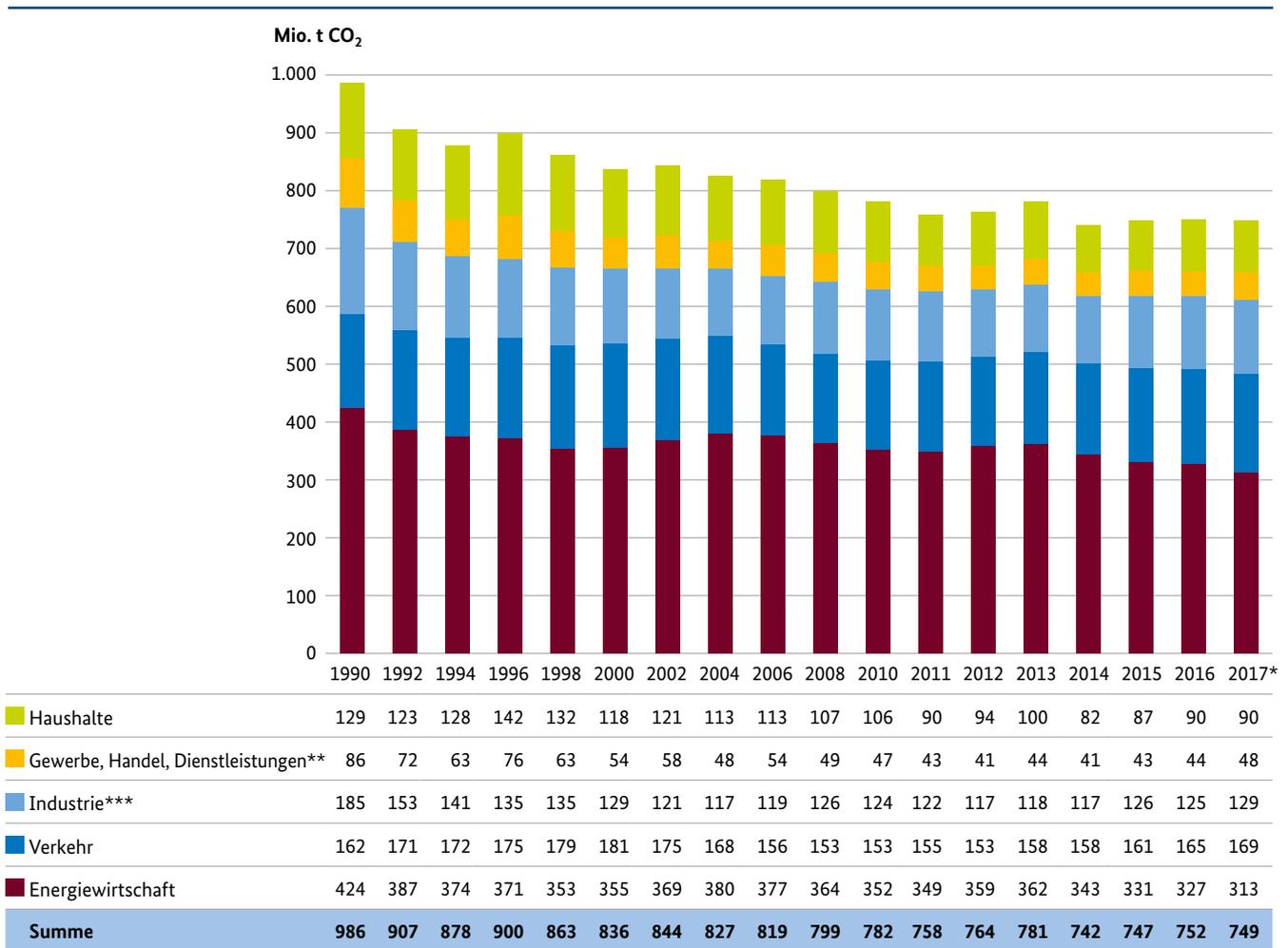
Die Anteile der einzelnen Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch haben sich seit 2008 kaum verändert. Zu verzeichnen ist ein Anstieg des Energieeinsatzes für mechanische Energie um 178 PJ (5,3 Prozent). Dies lässt sich durch eine steigende Verkehrsleistung im Verkehrssektor sowie einen vermehrten Stromeinsatz für Motoranwendungen im

Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor erklären. Der Energieeinsatz für Raumwärme ist hingegen (nicht temperaturbereinigt) um 215 PJ oder 7,8 Prozent gesunken. Dies liegt vor allem an der energetischen Sanierung des Altbaubestandes und dem Einbau effizienterer Heizsysteme.

3.4 Verbrennungsbedingte CO₂-Emissionen im Energiebereich

Im Jahr 2017 lagen die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen im Energiebereich bei 749 Millionen Tonnen CO₂. Damit wurden rund 24 Prozent weniger CO₂ als im Jahr 1990 freigesetzt.

Abbildung 10: Entwicklung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen 1990 – 2017



Angaben ohne diffuse Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

* Schätzung

** einschließlich Militär und Landwirtschaft (energiebedingt)

*** nur Emissionen aus Industrief Feuerungen, keine Prozessemissionen

Überall, wo fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas oder Mineralöl in Verbrennungsprozessen in elektrische oder thermische Energie umgewandelt werden, wird Kohlenstoffdioxid (CO₂) freigesetzt. Diese energiebedingten Emissionen entstehen in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung oder Industriekraftwerken. Im Industriebereich werden die energiebedingten Emissionen durch fossile Brennstoffe freigesetzt, die vor allem für die Bereitstellung von Prozesswärme benötigt werden (bspw. bei der Stahlherstellung). CO₂-Emissionen, die bei bestimmten chemischen Reaktionen während der industriellen Produktion direkt freigesetzt werden, werden nicht berücksichtigt. In Haushalten und im Kleinverbrauch entstehen energiebedingte Emissionen vor allem durch das Heizen mit fossilen Energieträgern und im Verkehrsbereich durch Abgase aus Verbrennungsmotoren.

Im Vergleich zum Vorjahr sind die energiebedingten CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern entstehen, leicht gesunken. Sie lagen im Jahr 2017 laut Umweltbundesamt bei 749 Millionen Tonnen CO₂. Dies entsprach 93,9 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen. Die restlichen 6,1 Prozent der CO₂-Emissionen standen im Zusammenhang mit Industrieprozessen und der Landwirtschaft. Neben Kohlenstoffdioxid zählen Methan, Lachgas und die sogenannten F-Gase mit zu den Treibhausgasen. Insgesamt wurden 2017 in Deutschland Treibhausgase im Umfang von 904,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt.⁴ Die energiebedingten CO₂-Emissionen waren

demnach für 82,7 Prozent der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (UBA 2018). Der langfristige Trend des energiebedingten CO₂-Ausstoßes ist rückläufig. Im Jahr 2017 wurden rund 24 Prozent weniger CO₂ durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt als im Jahr 1990. Hauptverursacher mit rund 41,8 Prozent dieser Emissionen war die Energiewirtschaft, also die öffentliche Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien sowie Erzeuger von Festbrennstoffen. Danach folgten der Verkehrssektor mit 22,6 Prozent, Industrie mit 17,2 Prozent, private Haushalte mit 12,1 Prozent sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 6,4 Prozent.

Der energiebedingte CO₂-Ausstoß wird wie der Energieverbrauch maßgeblich von der wirtschaftlichen Konjunktur beeinflusst. Darüber hinaus ist der Verlauf stark abhängig vom eingesetzten Energieträgermix, vom Wirkungsgrad des fossilen Kraftwerksparks, von technischen Wirkungsgraden, der Art der Wärmebereitstellung und von Witterungsbedingungen.

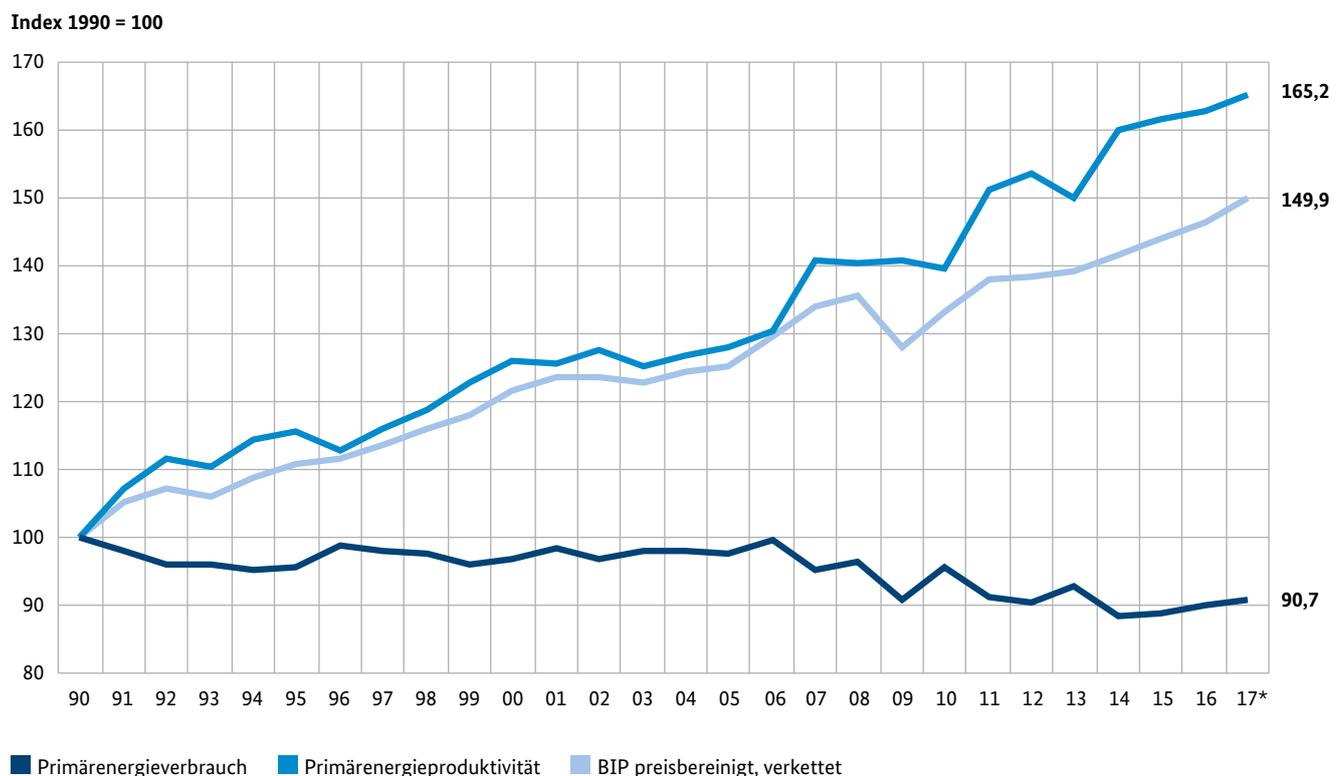
Kohlenstoffdioxid, das durch fossile Brennstoffe freigesetzt wird, gilt als Hauptursache für den Klimawandel. Durch die Reduzierung des Primär- bzw. Endenergieverbrauchs durch eine effizientere Umwandlung und eine effizientere Energienutzung in den Endenergiesektoren wird der Bedarf an fossilen Brennstoffen verringert. Dadurch reduziert sich auch der energiebedingte CO₂-Ausstoß.

4 Emissionen anderer Treibhausgase als Kohlendioxid (CO₂) werden zur besseren Vergleichbarkeit entsprechend ihrem globalen Erwärmungspotenzial in CO₂-Äquivalente umgerechnet (CO₂ = 1).

3.5 Primär- und Endenergieproduktivität

Die Primärenergieproduktivität ist seit Beginn der 1990er Jahre in Deutschland um über 65,2 Prozent gestiegen. Die Endenergieproduktivität hat sich zwischen 1990 und 2016 um 51,7 Prozent erhöht.

Abbildung 11: Primärenergieverbrauch und -produktivität



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; AGEB, Energieverbrauch 2017, Stand 02/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.1, Stand 01/2018

Bezogen auf den Primärenergieverbrauch hat sich die Energieproduktivität im Zeitraum von 1990 bis 2017 um 65,2 Prozent erhöht. Die Energieproduktivität im Jahr 2017 hat sich gegenüber dem Vorjahr nochmals um 1,4 Prozent verbessert. Bezogen auf den Primärenergieverbrauch betrug die durchschnittliche Wachstumsrate⁵ der Energieproduktivität 1,8 Prozent pro Jahr.

Das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt ist seit 1990 um 46,6 Prozent gestiegen, während der PEV um 9,3 Prozent

zurückgegangen ist. Diese Entkopplung von Wirtschaftswachstum und PEV ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor, auf einen wirtschaftlicheren Einsatz der Energieträger in den Verbrauchssektoren und auf strukturelle Veränderung der Wirtschaft zurückzuführen. Der Rückgang der energieintensiven Industrie in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung oder der generelle Wandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft sind tiefgreifende ökonomische Veränderungen, die zu einer höheren Primärenergieproduktivität führen.

$$5 \quad \text{Durchschnittliche Wachstumsrate} = \left(\frac{\text{Aktuelles Jahr}}{\text{Basisjahr}} \right)^{\frac{1}{\text{Anzahl der Jahre}}} - 1$$

Informationsbox 4: Energieproduktivität

Die Energieproduktivität ist ein Maß dafür, wie viele Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung pro Einheit eingesetzter Energie erzeugt werden können. Je größer der Wert, desto höher ist die Wertschöpfung hinsichtlich der eingesetzten Energie. Die Energieproduktivität ist somit ein Maß für die Energieeffizienz in einem ökonomischen Sinn.

$$\text{Energieproduktivität} = \frac{\text{Wertschöpfung}}{\text{Energieverbrauch}}$$

Steht die Energieeffizienz der gesamten Volkswirtschaft im Zentrum des Interesses, bietet sich das Bruttoinlandsprodukt (BIP) als Bezugsgröße für den Energieverbrauch an. Wird das BIP ins Verhältnis zum Primärenergieverbrauch gesetzt, dann ergibt sich die Primärenergieproduktivität. Diese berücksichtigt die Energieeffizienz der Endenergiesektoren sowie die Effizienz des Umwandlungssektors. Es werden also die Leitungsverluste der Übertragungs- und Verteilnetze, der Eigenverbrauch der Energiewirtschaft sowie die Umwandlungsverluste in den Kraftwerken, Raffinerien und Brikettfabriken sowie nicht-energetische Verbräuche in die Betrachtung der Energieeffizienz einbezogen.

$$\text{Primärenergieproduktivität} = \frac{\text{Bruttoinlandsprodukt}}{\text{Primärenergieverbrauch}}$$

Wird das BIP ins Verhältnis zum Endenergieverbrauch gesetzt, dann ergibt sich die Endenergieproduktivität. Dieser Indikator ist um den Effekt des eingesetzten Primärenergiemix mit unterschiedlichen Kraftwerkstypen und Wirkungsgraden bereinigt. Ebenso sind die Leitungsverluste und der Eigenverbrauch der Kraftwerke ausgeklammert. Die Endenergieproduktivität ist somit direkt durch die Endverbraucher beeinflussbar.

$$\text{Endenergieproduktivität} = \frac{\text{Bruttoinlandsprodukt}}{\text{Endenergieverbrauch}}$$

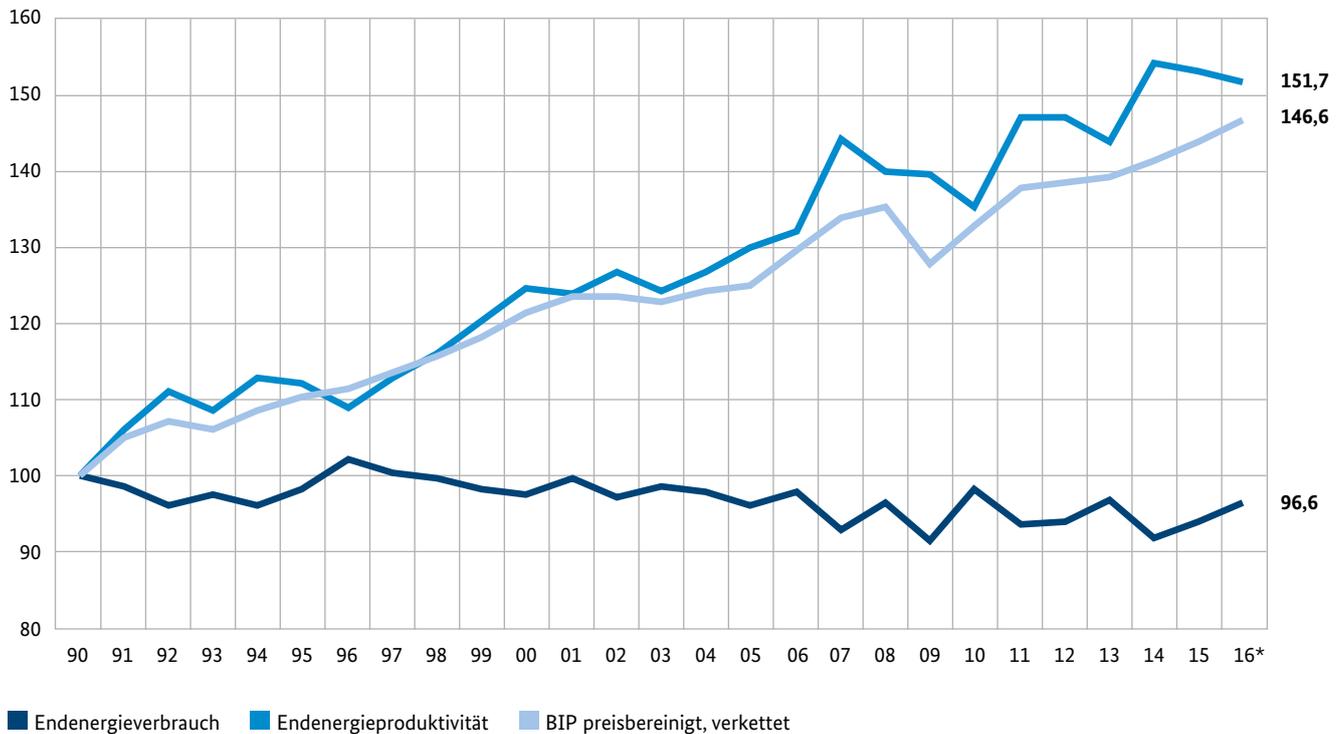
Die Endenergieproduktivität kann auch auf einzelne Endenergiesektoren bezogen werden, die eine ökonomisch messbare Wertschöpfung generieren (GHD-Sektor und Industrie). Als wirtschaftliche Bezugsgröße bietet sich in diesem Fall die Bruttowertschöpfung (BWS) der Endenergiesektoren an. Die BWS kann auch dazu dienen, die Endenergieproduktivität einzelner Branchen (chemische Industrie, Stahlerzeugung, Bankgewerbe) zu ermitteln.

Wird die Stromproduktivität der gesamten Volkswirtschaft, der Endenergiesektoren oder einzelner Branchen ermittelt, dann wird das BIP bzw. die BWS nur ins Verhältnis zum Stromverbrauch des Landes, des Sektors bzw. der Branche gesetzt.

Die Energieproduktivität ist der Kehrwert der Energieintensität (siehe auch Informationsbox 7: „Energieintensität“).

Abbildung 12: Endenergieverbrauch und -produktivität

Index 1990 = 100



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.1, Stand 01/2018

Die Endenergieproduktivität hat sich im Zeitraum von 1990 bis 2016 um 51,7 Prozent erhöht, was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,6 Prozent pro Jahr entsprach. Im Zeitraum von 2008 bis 2016 betrug die jährliche Zunahme der Endenergieproduktivität durchschnittlich 0,9 Prozent. Während das Bruttoinlandsprodukt seit 1990 um 46,6 Prozent wuchs, ging der Endenergieverbrauch um 3,4 Prozent zurück. Allerdings nahm die Endenergieproduktivität im Jahr 2016 im Vergleich zum Vorjahr ab. Dies lässt sich auf

den leichten Anstieg des Endenergieverbrauchs der letzten Jahre zurückführen.

Die Endenergieproduktivität erhöhte sich bisher u. a. aufgrund des Wandels der Wirtschaftsstruktur von energieintensiven Industriezweigen hin zu mehr Dienstleistungen. In allen Wirtschaftsbereichen und in privaten Haushalten konnten zudem Einsparpotenziale durch technische Energieeffizienzmaßnahmen erschlossen werden.

Informationsbox 5: Rebound-Effekt

Ein Rebound-Effekt liegt vor, wenn es nach einer Effizienzsteigerungsmaßnahme zu einer höheren Gesamtnachfrage nach Energie als vor der Maßnahme kommt und dadurch die erwartete Einsparung gemindert oder kompensiert wird. Aus ökonomischer Sicht kommt es durch die Effizienzmaßnahme zu einer Senkung der Nutzungskosten für Produkte. Aber auch psychologische und regulatorische Faktoren, die das individuelle Verhalten beeinflussen, können dazu führen, dass die erwarteten Effizienzpotenziale nicht ausgeschöpft werden. Unterschieden werden die folgenden Arten von Rebound-Effekten (BMWi 2016a):

- **Direkte Rebound-Effekte:** Nach einer Effizienzsteigerung kann eine Mehrnachfrage nach dem effizienteren Produkt bzw. der effizienteren Dienstleistung auftreten.

Kühlschränke sind in den letzten Jahren durch sparsamere Kältemaschinen und bessere Isolierungen effizienter geworden. Die Verbraucher sehen darin jedoch oft einen Anreiz, ihren alten Kühlschrank durch einen größeren Kühlschrank zu ersetzen. Dadurch kommt es zu einem direkten Rebound-Effekt, weil die größeren Volumina der Kühlschränke eine mögliche Energieeinsparung der privaten Haushalte im Bereich der Kühlung reduzieren. Außerdem werden die ausgedienten Kühlschränke oft in Reserve zumindest zeitweise weiterbetrieben.

- **Indirekte Rebound-Effekte:** Nach einer Effizienzverbesserung kann der Energieverbrauch in Form von erhöhter Nachfrage nach anderen Produkten oder Dienstleistungen steigen, z. B. weil durch das effizientere Produkt finanzielle Mittel und somit Kaufkraft in einem Haushalt freigesetzt werden.

Der indirekte Rebound-Effekt ist ein Einkommenseffekt. Der Umstieg auf ein sparsameres Auto führt dazu, dass der Halter durch geringere Kraftstoffkosten mehr Geld zur Verfügung hat. Wird dieser finanzielle Spielraum beispielsweise für Fernreisen mit dem Flugzeug genutzt, wird ein Teil der Treibstoffeinsparung des effizienten Autos durch den Energieverbrauch der Flugreise kompensiert.

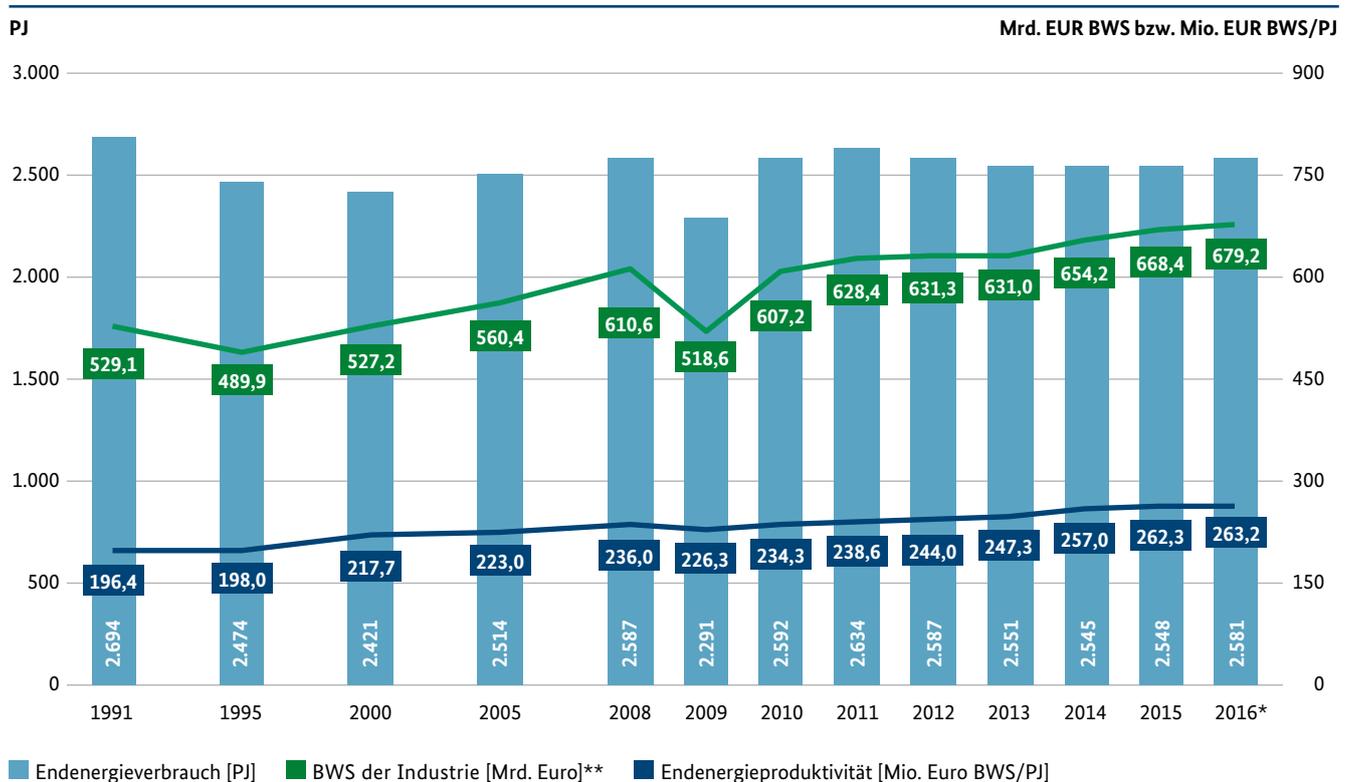
- **Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte:** Aufgrund veränderter Nachfrage-, Produktions- und Verteilungsstrukturen infolge technologischer Effizienzverbesserungen kann eine vermehrte gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Energie entstehen.

Effizientere Personenkraftfahrzeuge können dazu führen, dass durch die gesunkenen Fahrtkosten des Individualverkehrs die öffentlichen Nahverkehrsmittel Fahrgäste verlieren. Die geringere Nachfrage beim ÖPNV kann wiederum zu einem geringeren Angebot und höheren Preisen führen und weitere Nutzer sehen sich gezwungen, auf den Individualverkehr umzusteigen. Die Struktur des Verkehrssystems ändert sich und der Energieverbrauch steigt durch einen gestiegenen Individualverkehr. Trotz der höheren Effizienz der Personenkraftfahrzeuge steigt somit die gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Energie, da der ÖPNV weniger genutzt wird, obwohl der ÖPNV pro Personenkilometer wesentlich sparsamer ist als die effizientesten PKW auf dem Markt.

3.6 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie

Im Sektor Industrie ist die Endenergieproduktivität im Zeitraum von 1991 bis 2016 mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,1 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 35,6 Prozent gestiegen.

Abbildung 13: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

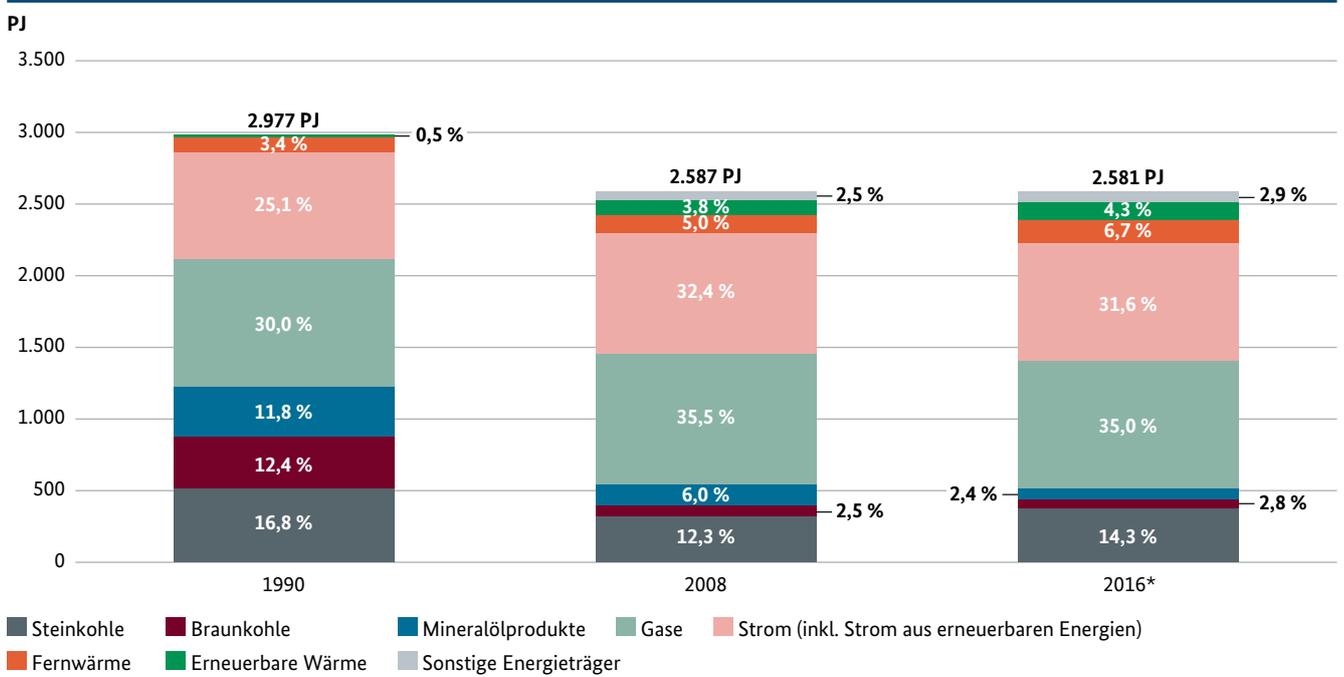
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018

Im Sektor Industrie sank der Endenergieverbrauch bis Mitte der 1990er Jahre um über 16 Prozent. Dies ist hauptsächlich auf die wirtschaftlichen Umbrüche in den neuen Bundesländern zwischen 1990 und 1993 zurückzuführen. Seit dem Jahr 2008 ist der Endenergieverbrauch der Industrie, abgesehen von einem Einbruch im Krisenjahr 2009, bei steigender Bruttowertschöpfung mehr oder minder konstant. Dennoch ist ein leichter Anstieg des Endenergieverbrauchs in 2016 im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. Die Bruttowertschöpfung konnte im Sektor Industrie von 1991 bis 2016 jahresdurchschnittlich um 1 Prozent gesteigert werden. Sie lag im Jahr 2016 bei 679,2 Milliarden Euro.

Der Endenergieverbrauch reduzierte sich seit 1991 durchschnittlich um 0,2 Prozent pro Jahr (nicht witterungsbereinigt). Im Zeitraum von 1991 bis 2016 lagen die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der Endenergieproduktivität der Industrie somit bei 1,1 Prozent.

Die Hauptenergieträger im Jahr 2016 waren weiterhin Gase (35 Prozent) und Strom (31,6 Prozent). Bei den Anwendungsbereichen dominierte die Prozesswärme, die rund 66,4 Prozent des Endenergieverbrauchs ausmachte. Für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen wurden rund 22,9 Prozent der Endenergie eingesetzt.

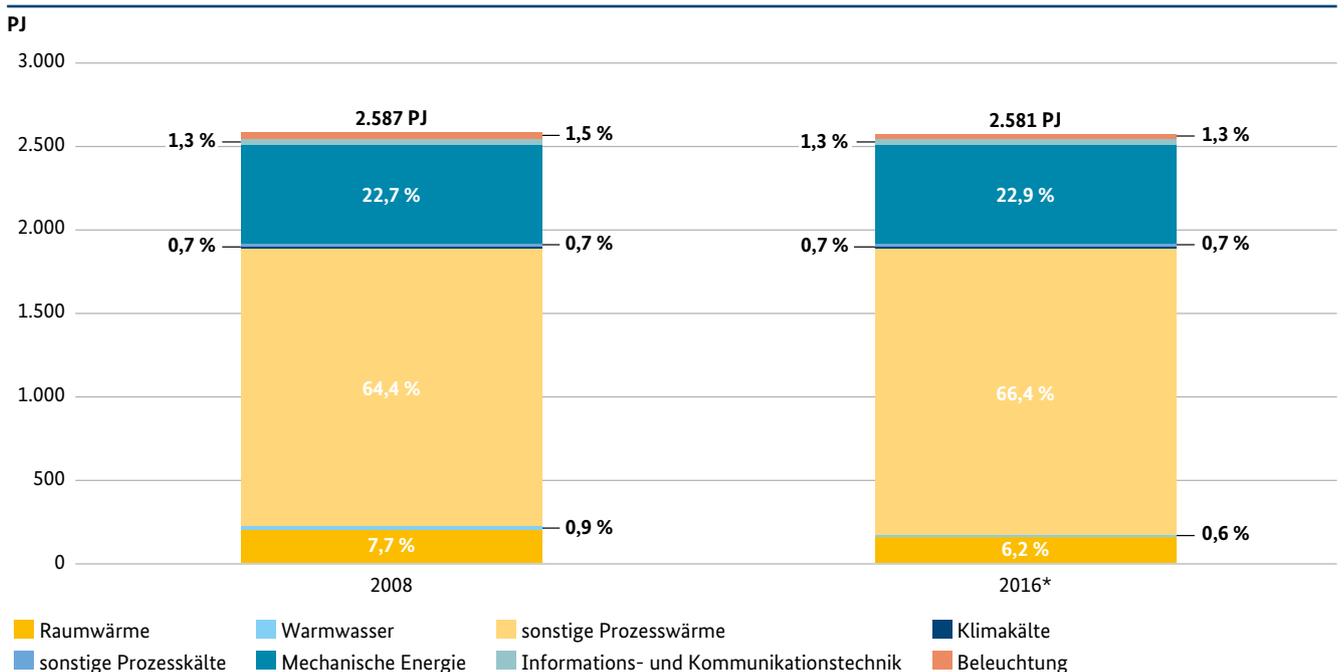
Abbildung 14: Endenergiemix der Industrie 1990, 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

Abbildung 15: Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



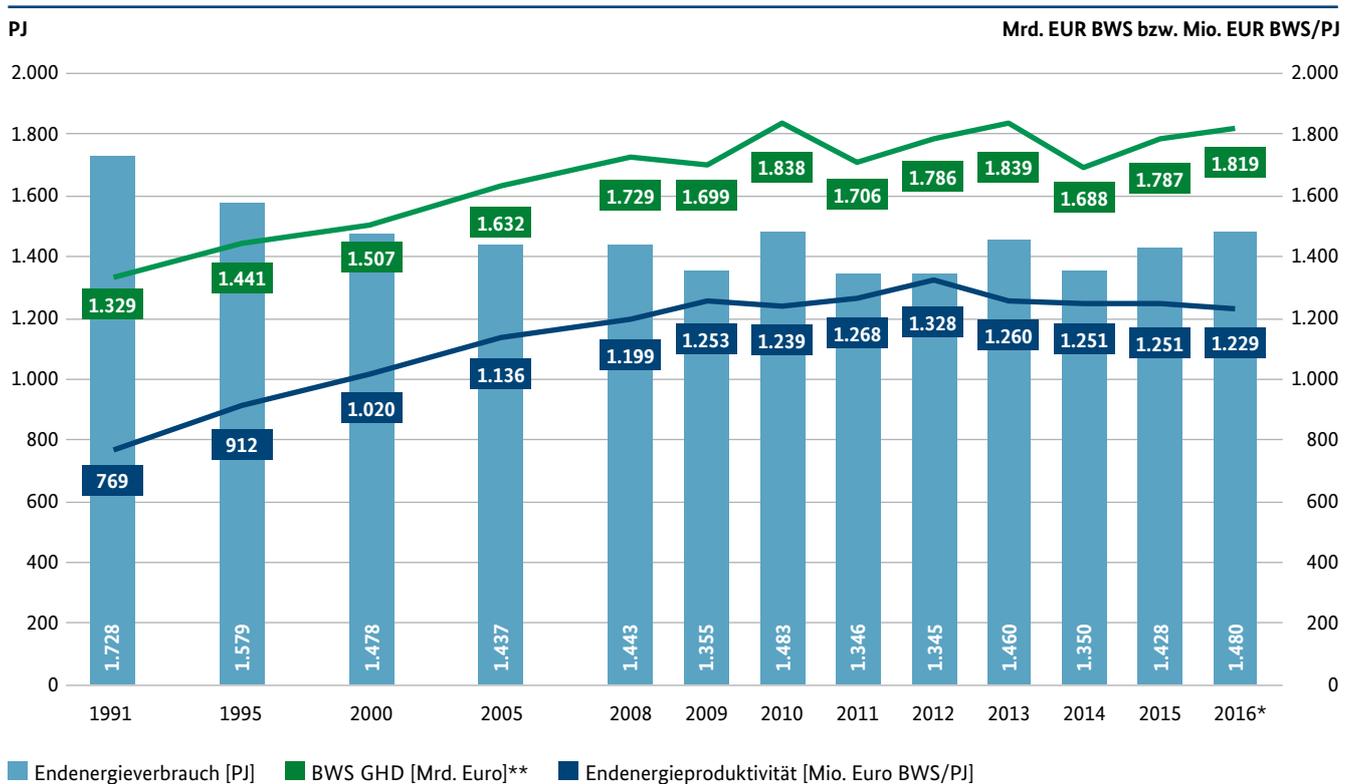
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

3.7 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ist die Endenergieproduktivität im Zeitraum von 1991 bis 2016 insgesamt um 59,8 Prozent gestiegen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,8 Prozent pro Jahr.

Abbildung 16: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sank der Endenergieverbrauch von Anfang der 1990er bis Mitte der 2000er Jahre um über 17 Prozent. Gegenüber 2008 ist der Verbrauch bis 2016 um 2,6 Prozent angestiegen. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Endenergieverbrauch in 2016 um 52 PJ angestiegen und damit die Energieproduktivität leicht gesunken. Die Verbrauchsanstiege 2010 und 2013 sind auf die relativ kalten Temperaturen während der Heizperiode zurückzuführen.

Mineralölprodukte (1991: 48,5 Prozent) haben im Zeitablauf an Bedeutung verloren. Die Hauptenergieträger sind

mittlerweile Strom (2016: 36,3 Prozent) und Gase (2016: 30,4 Prozent). Braunkohle wurde aus dem Endenergiemix des GHD-Sektors, insbesondere durch einen Energieträgerwechsel im Bereich Raumwärme, verdrängt.

Raumwärme war 2016 für 48,7 Prozent des Energieeinsatzes verantwortlich. Die Beleuchtung hatte mit 13 Prozent ebenfalls einen großen Anteil am Endenergieverbrauch des Sektors GHD sowie mechanische Energie mit einem Anteil von 16,9 Prozent.

Informationsbox 6: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors

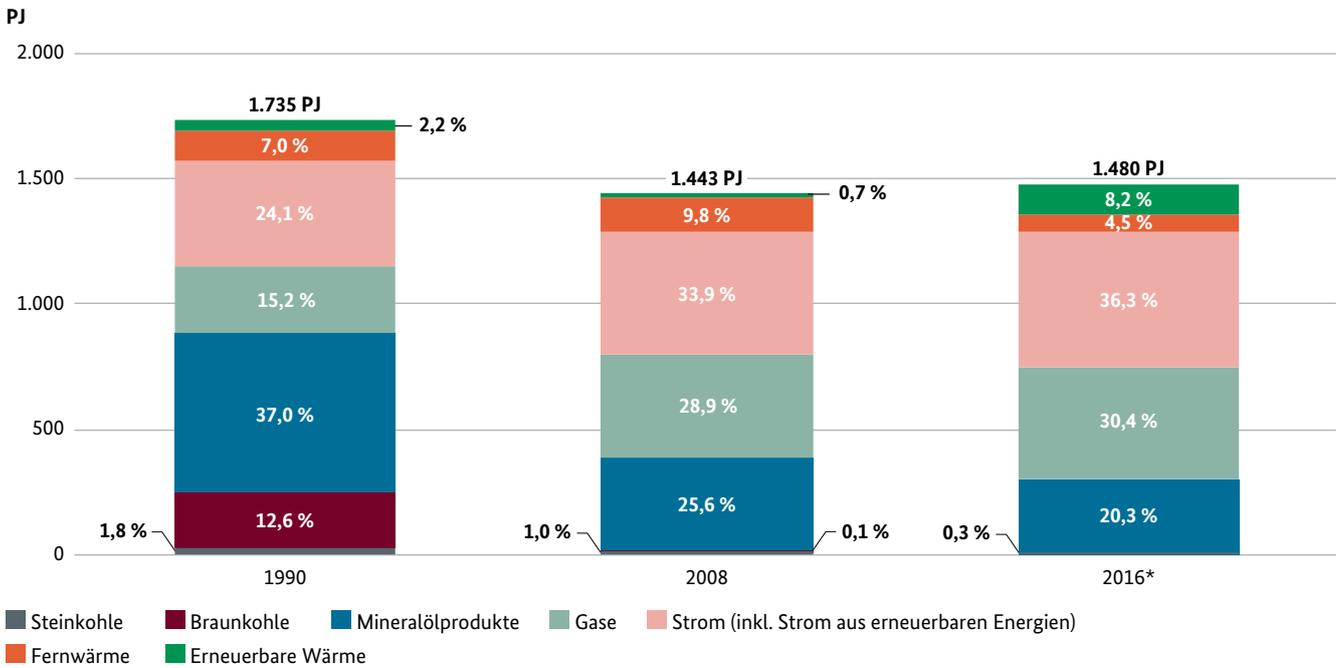
1991 erwirtschaftete der Dienstleistungssektor rund 62 Prozent der gesamten realen Bruttowertschöpfung. Der Dienstleistungssektor umfasst u. a. Handelsunternehmen, das Banken- und Versicherungsgewerbe, die freien Berufe (Ärzte, Architekten, Rechtsanwälte usw.), den öffentlichen Dienst, aber auch Tourismus und das Gesundheitswesen. 2016 steuerte dieser tertiäre Sektor 69 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung bei. Der Anteil der Industrie reduzierte sich im gleichen Zeitraum von 31 auf 26 Prozent. Auch anhand der Beschäftigungsentwicklung ist der Bedeutungsgewinn des GHD-Sektors ablesbar. Die Beschäftigungszahl im Bereich der Dienstleistungen stieg seit 1991 um über 36 Prozent. Im Industriesektor sind heute dagegen 26 Prozent weniger Menschen angestellt als im Jahr 1991 (Destatis 2017b).

Die Erbringung einer Dienstleistung erfordert in der Regel weniger Energie als die Herstellung eines Industrieproduktes. Letzteres durchläuft unter Umständen zahlreiche energieintensive Prozesse. Teilweise werden diese Produkte durch den GHD-Sektor weiterverarbeitet, doch diese Veredelung ist im Vergleich zur industriellen Vorproduktion mit einem deutlich geringeren Energiebedarf verbunden. Entsprechend ist die Endenergieproduktivität des GHD-Sektors höher als die der Industrie. Der Wandel hin zur Dienstleistungsgesellschaft befördert somit die Energieproduktivität der Gesamtwirtschaft.

Die Bruttowertschöpfung lag im Jahr 2016 bei 1.819 Milliarden Euro. Ausgehend von 1.330 Milliarden Euro im Jahr 1991 entspricht dies einer jährlichen Steigerung von 1,2 Prozent. Der Endenergieverbrauch reduzierte sich im gleichen Zeitraum um durchschnittlich 0,6 Prozent pro Jahr (nicht witterungsbereinigt). Somit lag die jahresdurchschnittliche Wachstumsrate der Endenergieproduktivität (Bruttowertschöpfung pro Endenergieverbrauch des Sektors) des GHD-Sektors bei 1,8 Prozent.

Betrachtet man den Zeitraum von 2008 bis 2016, so stieg der EEV des GHD-Sektors um 37,4 PJ bzw. 2,6 Prozent. Dies liegt am gestiegenen Energiebedarf für Klima- und Prozesskälte sowie am Anstieg des EEV für mechanische Energie und für Informations- und Kommunikationstechnik.

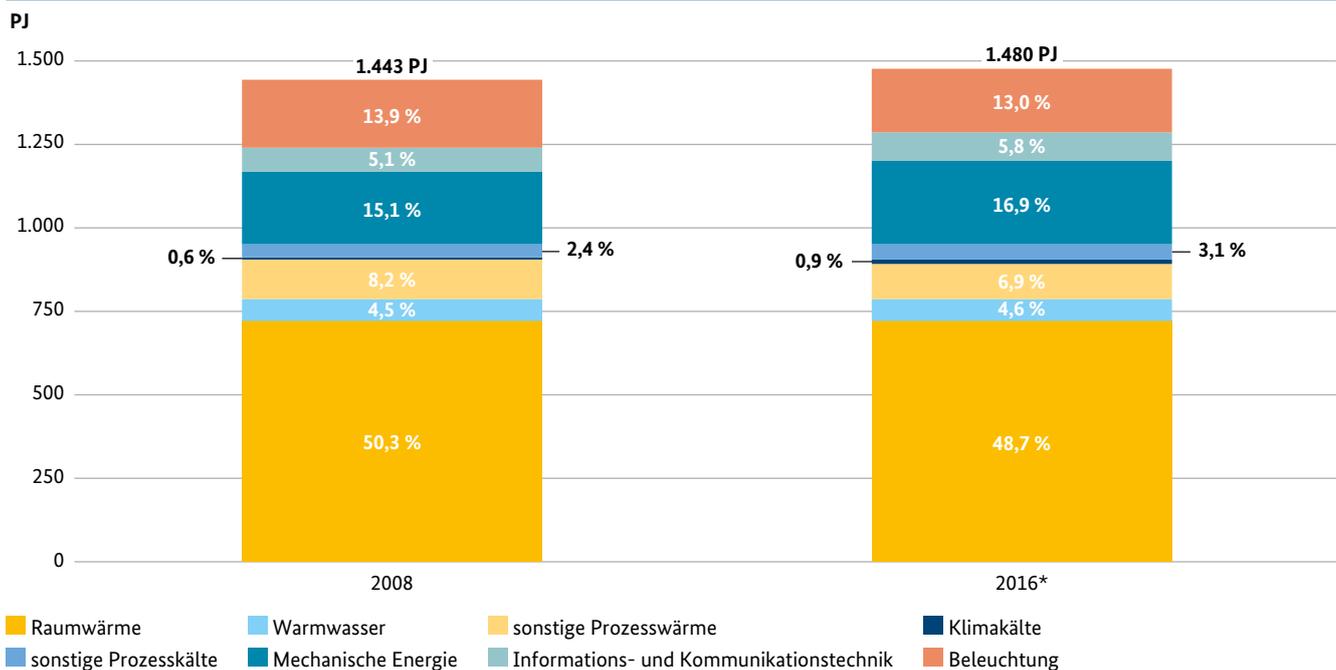
Abbildung 17: Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

Abbildung 18: Endenergieverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



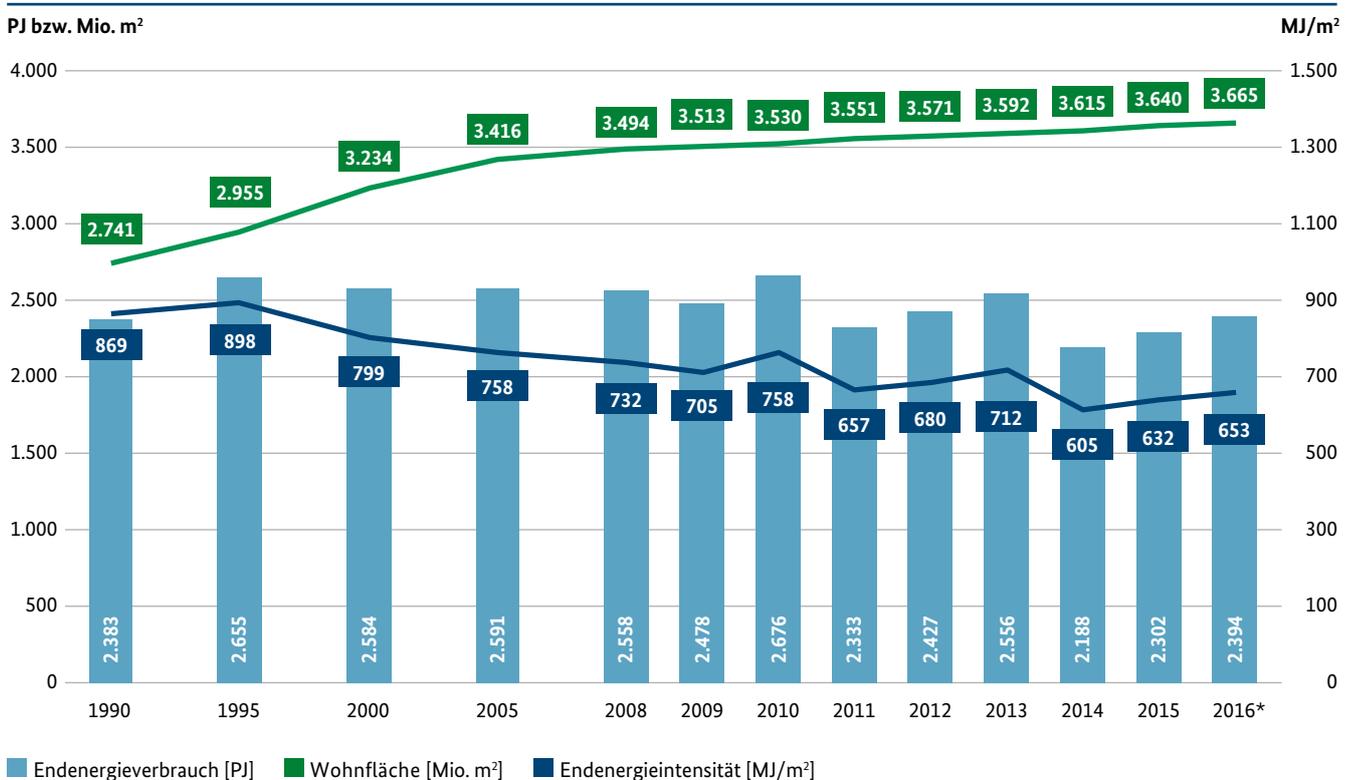
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

3.8 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte

Im Sektor private Haushalte stieg der Endenergieverbrauch im Zeitraum 1990 bis 2016 um 0,5 Prozent. Die Wohnfläche stieg im gleichen Zeitraum um 35,1 Prozent. Damit ist der gesamte Endenergieverbrauch, umgelegt auf die bewohnte Wohnfläche, in diesem Zeitraum um 25,6 Prozent zurückgegangen.

Abbildung 19: Endenergieverbrauch und -intensität – private Haushalte



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018

Die privaten Haushalte benötigten im Jahr 2016 0,5 Prozent mehr Energie als 1990. Sie verbrauchten 2.394 PJ (nicht witterungsbereinigt). Wie auch in den anderen Sektoren war 2016 erneut ein leichter Anstieg des Endenergieverbrauchs privater Haushalte im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. Aufgrund der Bedeutung der Raumwärme ist der Endenergieverbrauch der Haushalte stark witterungsabhängig: In den Jahren 2010 oder 2013 herrschten sehr strenge Winter, die zu einem erhöhten Brennstoff-

verbrauch für Raumwärme führten. Langfristig gesehen haben jedoch immer bessere energetische Standards bei Neubauten und die Sanierung der Altbauten den Endenergieverbrauch pro Quadratmeter seit Mitte der 1990er Jahre reduziert. Der Trend zu mehr Haushalten, größeren Wohnflächen und weniger Mitgliedern pro Haushalt führte in den letzten Jahren jedoch zu höheren absoluten Energieverbräuchen und konterkarierte damit Energieeffizienzmaßnahmen.

Informationsbox 7: Energieintensität

Die Energieintensität kann – wie die Energieproduktivität – ein Maß für die Energieeffizienz im ökonomischen Kontext sein. Dazu wird der Energieverbrauch ins Verhältnis zur wirtschaftlichen Leistung gesetzt. Somit ist die Energieintensität der Kehrwert der Energieproduktivität. Der Wert der Energieintensität drückt aus, wie viel Energie benötigt wird, um ein bestimmtes Maß an wirtschaftlicher Leistung zu erreichen. Je niedriger der Wert, desto höher ist die Energieeffizienz.

$$\text{Energieintensität} = \frac{\text{Energieverbrauch}}{\text{Wertschöpfung}}$$

Die Energieintensität kann sich auf die gesamte Volkswirtschaft beziehen (mit dem BIP als Maß der Wertschöpfung) und für den Primär- und Endenergieverbrauch sowie für den Stromverbrauch berechnet werden. Ebenso können einzelne Sektoren und Branchen, die eine ökonomisch messbare Wertschöpfung (Bruttowertschöpfung) generieren, hinsichtlich ihrer Endenergie- oder Stromintensität untersucht werden (siehe auch Box 4: „Energieproduktivität“).

Gegenüber der Energieproduktivität bietet die Energieintensität aber auch die Möglichkeit, die Energieeffizienz für Bereiche zu bestimmen, die keinen ökonomisch quantifizierbaren Output erzeugen. Dies gilt vor allem für die privaten Haushalte und den Verkehrssektor. Somit kann der Energieverbrauch pro Person, pro Fläche oder pro Verkehrsleistung gemessen werden.

$$\text{Energieintensität} = \frac{\text{Energieverbrauch}}{\text{Bezugsgröße}}$$

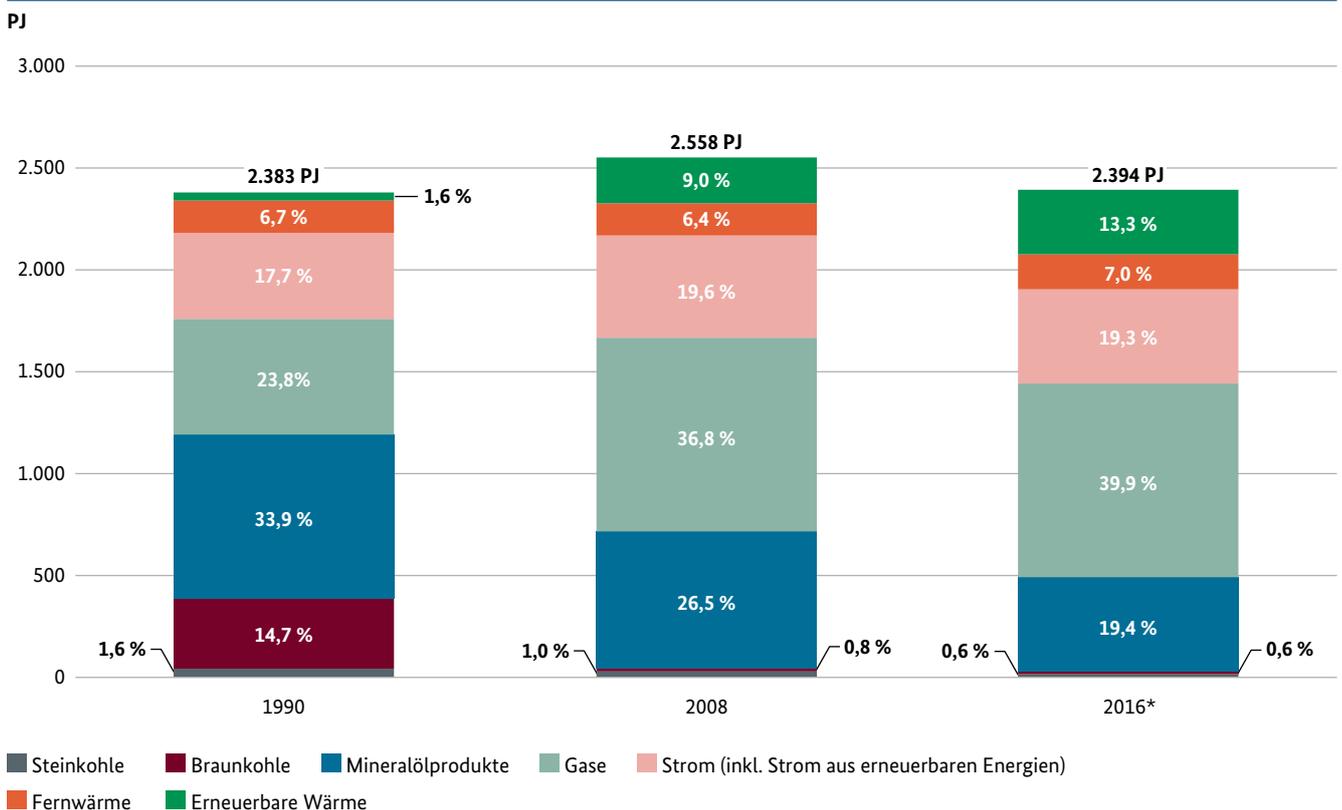
Als Verbrauchswert bietet sich dabei der gesamte Endenergieverbrauch der Sektoren an, aber auch Teile des EEV hinsichtlich der einzelnen Anwendungen (bspw. für Raumwärme) oder bestimmter Energieträger (bspw. Strom). Ebenso können Energieintensitäten für einzelne Gebäude und Produkte ermittelt werden. Diese Informationen sind unabdingbar für einen sparsamen Energieverbrauch und eine bewusste Kaufentscheidung. Daher begegnen sie den Konsumenten in vielfältiger Form. Der Energieausweis für Gebäude gibt die Energieeffizienz eines Hauses hinsichtlich der Raumwärme an. Das EU-Energielabel für Elektrogeräte weist die Energieeffizienz bspw. von Waschmaschinen oder Kühlschränken aus und der durchschnittliche Benzinverbrauch pro hundert Kilometer informiert den Autofahrer darüber, wie sparsam ein Auto ist.

Sowohl der Endenergieverbrauch pro Wohnfläche als auch der Endenergieverbrauch pro Person im Sektor der privaten Haushalte verringerte sich im Zeitraum 1990 bis 2016. Verbrauchte jeder Einwohner Deutschlands 1990 im Durchschnitt 30 GJ, so stieg dieser Wert bis zum Jahr 1996 auf 35,5 GJ. Im Jahr 2016 sank dieser Wert auf 29 GJ pro Person.

Erdgas hatte im Jahr 2016 einen Anteil von 39,9 Prozent und Strom von 19,3 Prozent. Der Anteil von Heizöl (19,4 Prozent) war 2016 der geringste seit 1990 (33,9 Prozent). Erneuerbare Wärme (13,3 Prozent) und Fernwärme (7 Prozent) wurden verstärkt von privaten Haushalten eingesetzt. Braunkohle wurde hingegen so gut wie nicht mehr genutzt.

Der Energieträgermix verschob sich seit 1990 bis heute zugunsten von Brennstoffen mit geringeren Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Dies verringerte die direkt durch die privaten Haushalte verursachten Treibhausgasemissionen.

Abbildung 20: Endenergiemix der privaten Haushalte 1990, 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

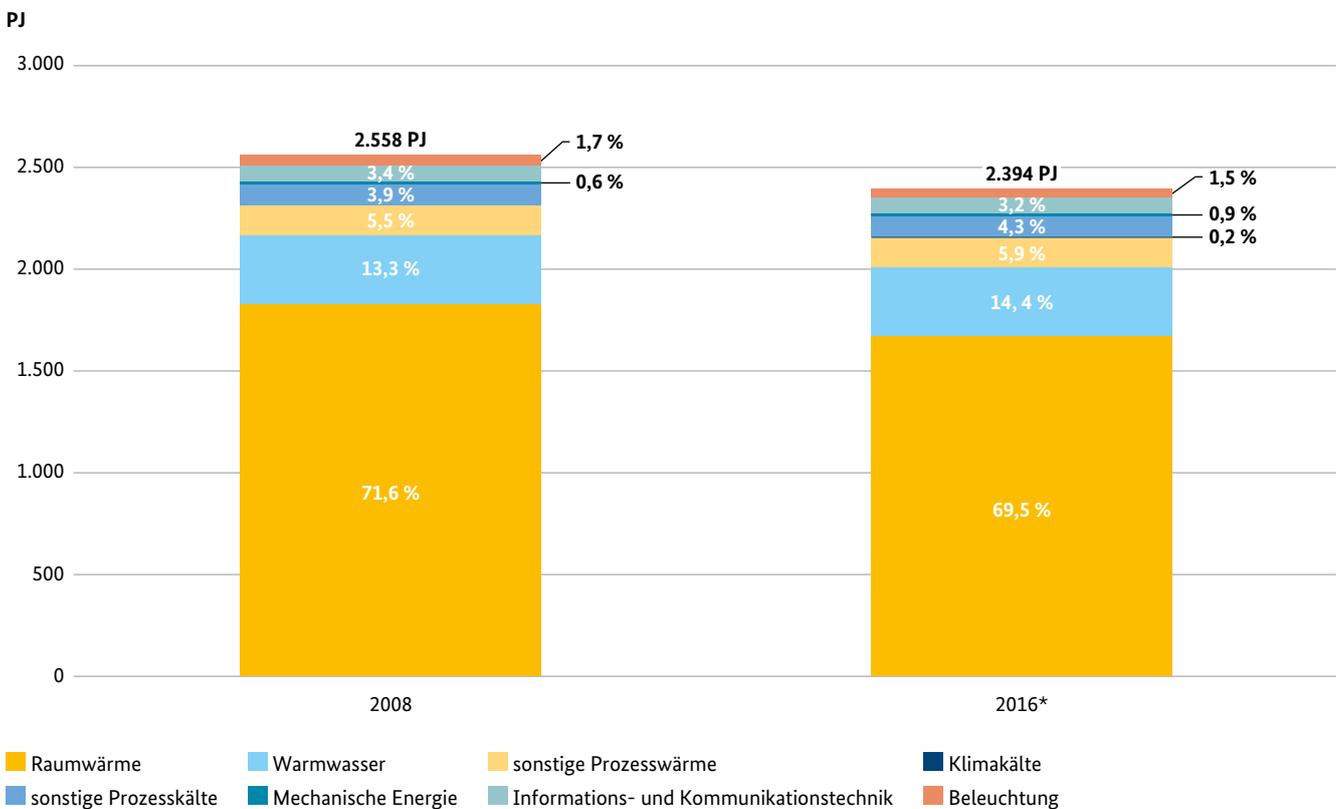
Die Raumwärme machte mit 1.664 PJ über zwei Drittel (69,5 Prozent) des Energieverbrauchs in Haushalten aus. Die übrigen Anwendungsbereiche entfallen auf den Energieverbrauch für Warmwasser mit 14,4 Prozent, sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 5,9 Prozent und Prozesskälte (vor allem Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln) mit 4,3 Prozent. Der Energieverbrauch für Informations- und Telekommunikationstechnik hatte mit 3,2 Prozent wie auch der für Beleuchtung mit 1,5 Prozent einen relativ geringen Anteil. Die Klimakälte machte 2016 0,2 des EEV der privaten Haushalte aus. 2008 hatte die Klimatisierung von Räumen im Bereich der privaten Haushalte noch keinen Einfluss auf den Energieverbrauch.

Im Zeitraum von 1990 bis 2016 lagen im Sektor private Haushalte die jahresdurchschnittlichen Veränderungsraten der Wohnfläche bei +1,1 Prozent. Der Endenergieverbrauch

stieg seit 1990 um 11 PJ (+0,5 Prozent, nicht witterungsbereinigt). Die Endenergieintensität (Energieverbrauch pro Wohnfläche) sank damit um 1,1 Prozent.

Im Vergleich zu 2008 sank bis 2016 der Bedarf an Endenergie für Raumwärme um 9,2 Prozent bzw. 168,3 PJ aufgrund energetischer Sanierungen und effizienterer Heizsysteme. Ebenso sanken der Verbrauch für Informations- und Kommunikationstechnik (-10,6 Prozent bzw. -9,2 PJ) und die Beleuchtung (-16,3 Prozent bzw. -7,2 PJ). Dies liegt vor allem daran, dass die Glühbirnen durch modernere Beleuchtungsmittel verdrängt wurden, und an energieeffizienterer Unterhaltungselektronik. Gestiegen ist dagegen der EEV für mechanische Energie (+42,3 Prozent bzw. +6,1 PJ gegenüber 2008), da immer mehr Antriebstechnik in die Haushalte einzieht.

Abbildung 21: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016

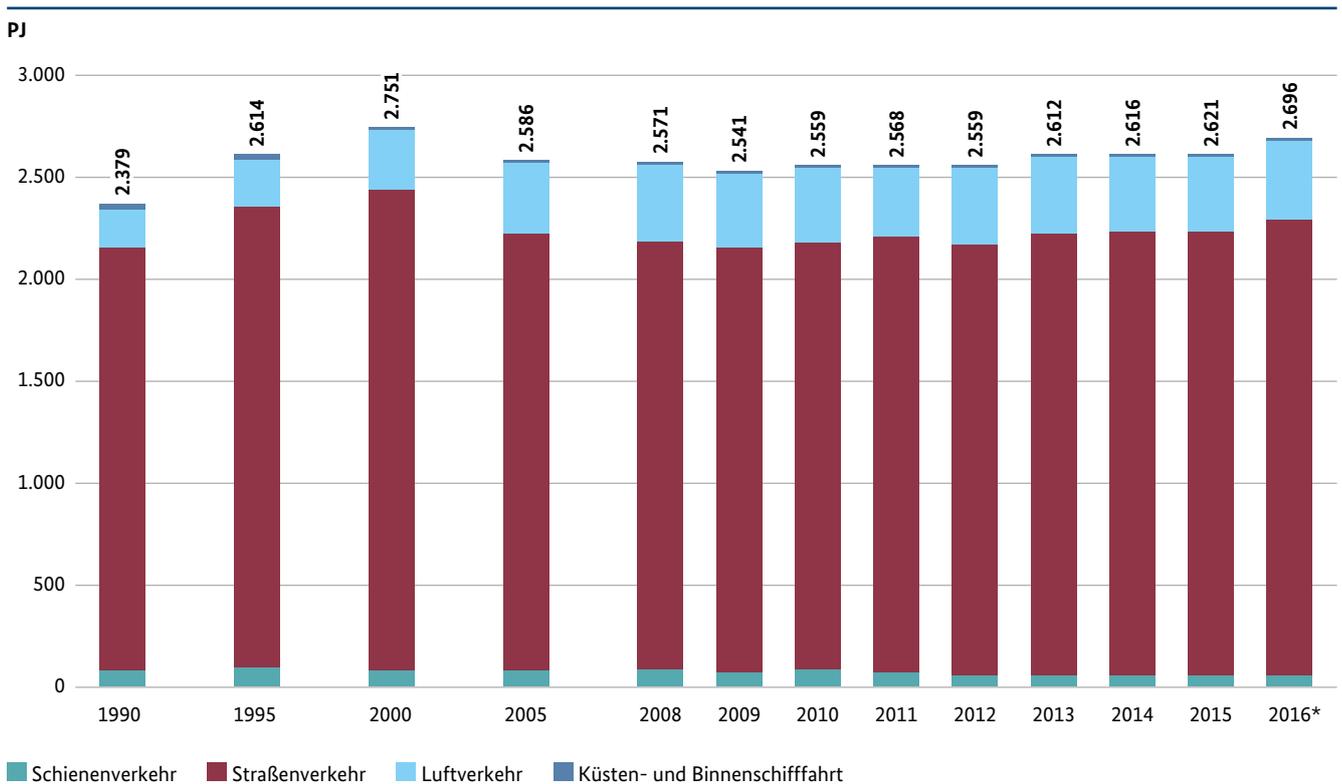


* vorläufige Angaben

3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr

Im Verkehrssektor ist der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) seit 1990 um 13,3 Prozent gestiegen. Es werden zu über 94 Prozent Kraftstoffe aus Mineralöl eingesetzt. Biokraftstoffe und Strom spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle.

Abbildung 22: Endenergieverbrauch – Verkehr (gemäß Inlandsabsatz)



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017

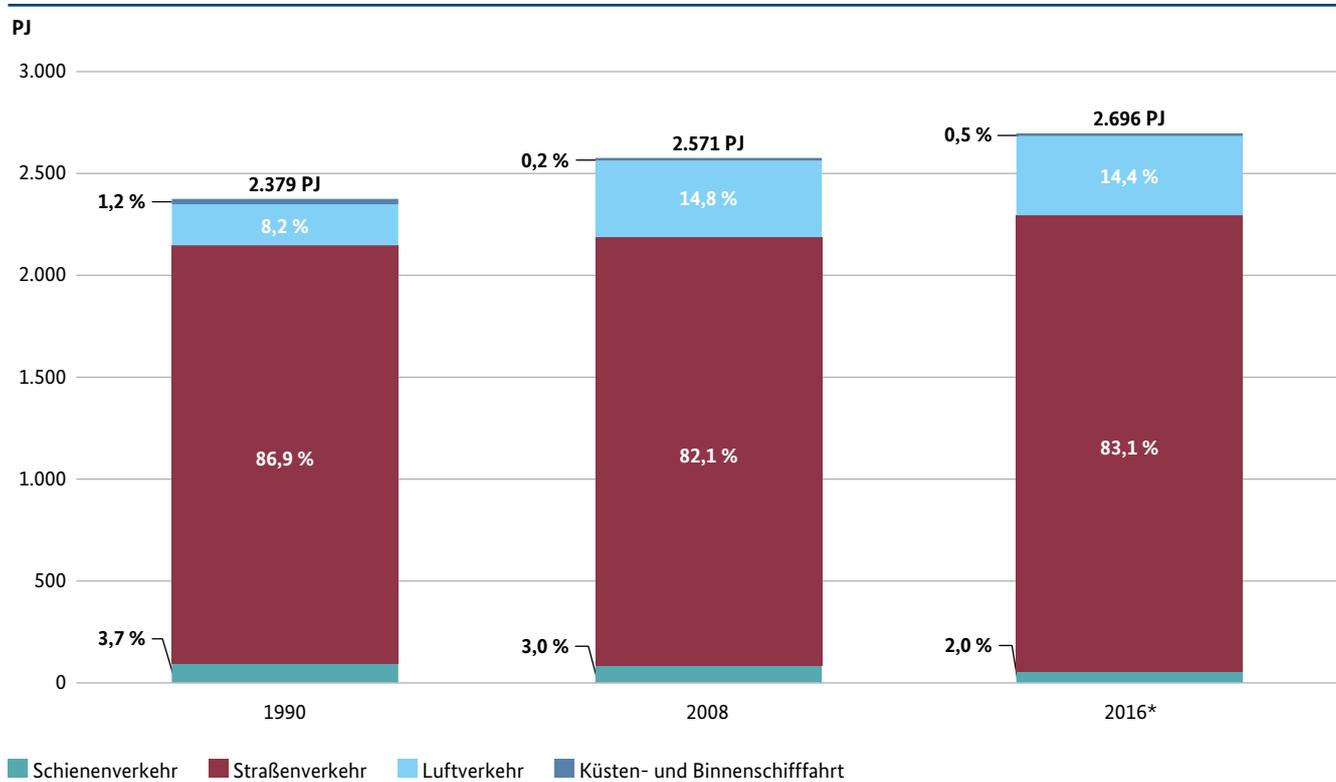
Im Sektor Verkehr stieg der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) von 1990 bis 1999 um 16,8 Prozent. Anschließend ging der EEV des Verkehrssektors bis 2011 leicht zurück. Seit 2012 steigen die Energieverbräuche des Luft- und des Straßenverkehrs wieder an und somit auch der gesamte Endenergieverbrauch des Verkehrssektors. Im Jahr 2016 ist ein erneuter Anstieg im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. Das Verkehrswachstum im Güter- und Personenverkehr wirkte hierbei den technischen Verbesserungen an den Fahr- und Flugzeugen entgegen.

Fast die gesamte im Verkehr eingesetzte Energie wird zur Erzeugung von mechanischer Energie verwendet. Jedoch

wird bei Verbrennungsmotoren durchschnittlich deutlich weniger als die Hälfte für den Antrieb umgewandelt. Ein großer Anteil geht als Abwärme und als Verformungsarbeit in den Reifen verloren.

94,2 Prozent des EEV des Verkehrssektors im Jahr 2016 wurden durch Mineralölprodukte (2.541 PJ) abgedeckt. Hinzu kamen 4 Prozent (107 PJ) Kraftstoffe, die aus Biomasse gewonnen wurden. 7 PJ (0,3 Prozent) des EEV im Verkehrssektor steuerten Gase bei. Der Verkehrssektor ist demnach dominiert von Brennstoffen. Der Energieträger Strom machte nur 1,5 Prozent des EEV (41 PJ bzw. 11 TWh) aus.

Abbildung 23: Anteile der Verkehrsträger am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

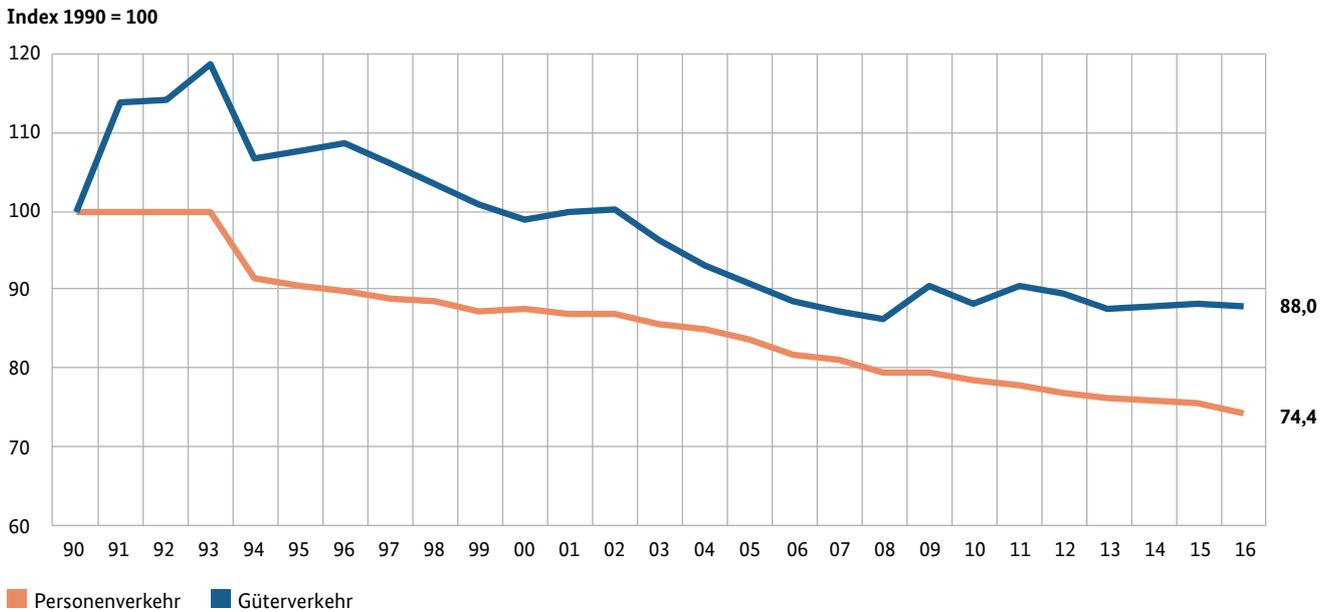
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017

Zur Betrachtung der Endenergieintensität⁶ im Sektor Verkehr werden Daten aus dem Verkehrsmodell TREMOD des Umweltbundesamtes genutzt, um die Energieverbräuche im Personen- und Güterverkehr bezogen auf die inländischen Verkehrsleistungen abzuschätzen. Auch im Ausland getankte und in Deutschland verbrauchte Kraftstoffe (Grauimporte, Tanktourismus) werden hierbei in Grundzügen berücksichtigt. Die Energieintensität im Personen-

verkehr ist seit der Wiedervereinigung um 25,6 Prozent zurückgegangen. Dies entspricht für den Zeitraum von 1990 bis 2016 einer durchschnittlichen Reduzierung der Energieintensität von 1,1 Prozent pro Jahr. Im gleichen Zeitraum ist die Energieintensität im Güterverkehr um 12 Prozent zurückgegangen. Die eingesetzte Energie pro Tonnenkilometer konnte demnach seit 1990 jedes Jahr um durchschnittlich 0,5 Prozent reduziert werden.

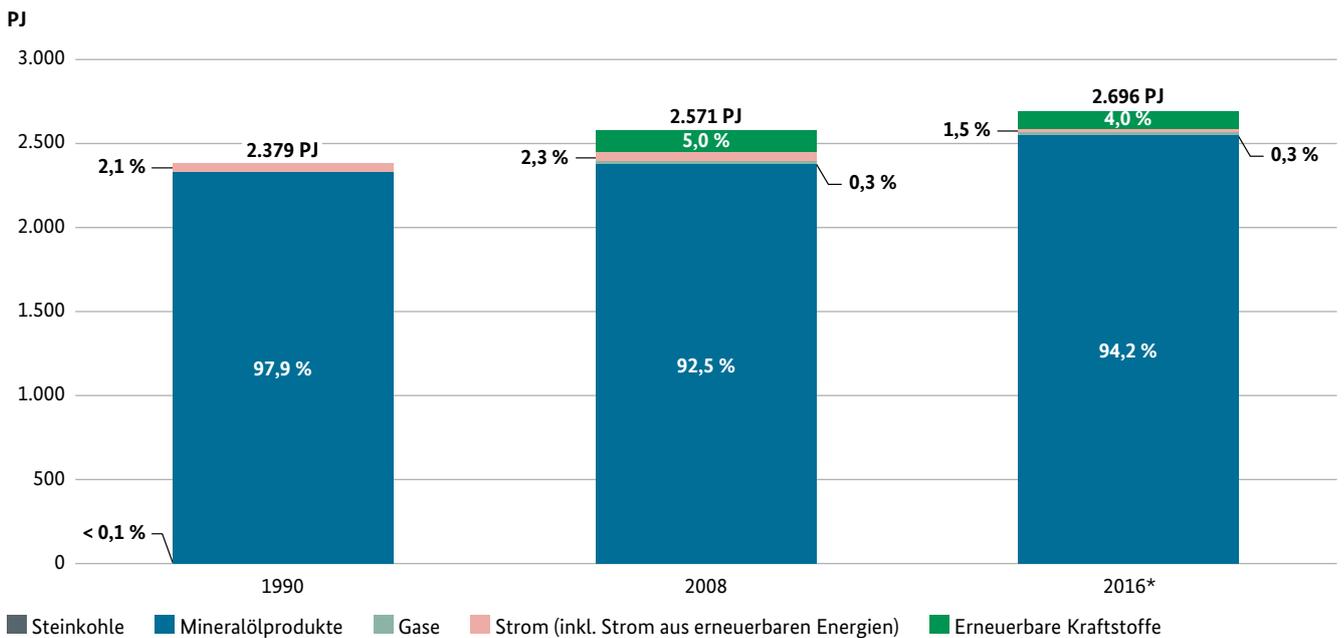
6 Die Energieintensität im Personenverkehr berechnet sich aus dem Energieverbrauch geteilt durch die Personenkilometer. Letzteres ist das Produkt aus der Anzahl der beförderten Personen und der zurückgelegten Distanz. Im Güterverkehr wird die Energieintensität aus dem Energieverbrauch geteilt durch die Tonnenkilometer berechnet. Letzteres ist das Produkt aus der transportierten Masse und dem zurückgelegten Weg.

Abbildung 24: Energieintensität – Personen- und Güterverkehr (Energieverbräuche pro Verkehrsleistung inklusive Tank-Delta)



Quelle: UBA, Daten und Rechenmodell TREMOD, Version 5.72 (09/2017)

Abbildung 25: Endenergiemix des Verkehrs (gemäß Inlandsabsatz) 1990, 2008 und 2016



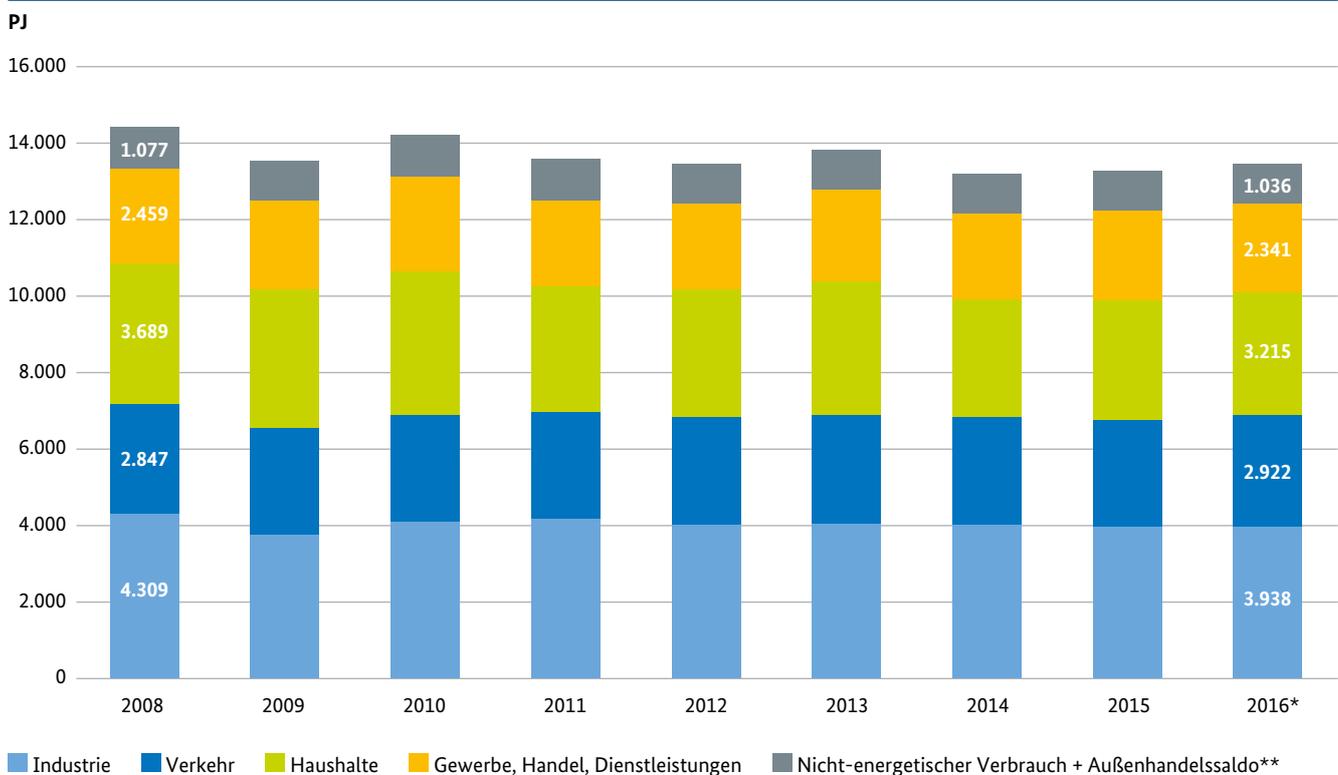
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

3.10 Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs

Durch die Aufteilung der Umwandlungsverluste sowie der Fackel- und Leitungsverluste auf den Bedarf an Sekundärenergieträgern ist es möglich, den Primärenergieverbrauch den Endenergiesektoren und den Anwendungen verursachergerecht zuzuweisen. Seit 2008 hat sich der verursachergerechte PEV für alle Sektoren mit Ausnahme des Verkehrs reduziert.

Abbildung 26: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren



* vorläufige Angaben

** Außenhandel Strom und Fernwärme

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017

Wird die in Informationsbox 8 beschriebene Methode genutzt, um eine verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs auf die Sektoren vorzunehmen, so war die Industrie im Jahr 2016 mit 3.938 PJ für rund 29,3 Prozent des Primärenergieverbrauchs verantwortlich. Auf die privaten Haushalte entfielen 23,9 Prozent bzw. 3.215 PJ. Der Verkehr verursachte 21,7 Prozent bzw. 2.922 PJ

des PEV. Der GHD-Sektor hatte mit 17,4 Prozent (2.341 PJ) den geringsten Anteil der Verbrauchssektoren am Primärenergieverbrauch.⁷ Die restlichen 7,7 Prozent (1.036 PJ) des Primärenergieverbrauchs verantworteten der nicht-energetische Verbrauch (NEV) und der positive Außenhandelsaldo mit Sekundärenergieträgern (Strom und Fernwärme).

7 Im Vergleich dazu lag der Endenergieverbrauch (EEV) der Industrie im Jahr 2016 bei 2.581 PJ und der EEV der privaten Haushalte bei 2.394 PJ. Im selben Jahr wurden im Verkehrssektor Endenergieträger in der Menge von 2.696 PJ verbraucht. Im GHD-Sektor waren es 1.480 PJ.

Informationsbox 8: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs

Der überwiegende Anteil der Energieträger, die durch die Endenergiesektoren nachgefragt werden, sind Sekundärenergieträger wie Strom, Fernwärme, Heizöl, Benzin, aber auch Holzkohle für den Grill oder die Kohlebriketts für den Ofen. Diese werden durch den Energiesektor bereitgestellt, indem Primärenergieträger wie Kohle, Rohöl oder Uran in Kraft- oder Heizwerken, Raffinerien oder Brikettfabriken in Sekundärenergieträger umgewandelt werden.

Dabei kommt es zu Umwandlungsverlusten, d. h. ein Teil der Energie, die in den Primärenergieträgern gespeichert ist, kommt bei den Endenergiesektoren nicht an, weil sie in Form von Abwärme ungenutzt in die Umwelt entweicht. Außerdem verbraucht der Umwandlungssektor selbst Sekundärenergieträger, um seine Aufgabe zu erfüllen. Darüber hinaus kommt es zu Verlusten beim Transport in den Leitungsnetzen für Elektrizität oder Fernwärme. Daher kommen beim Endverbraucher tatsächlich nur etwa rund zwei Drittel der in Primärenergieträgern gespeicherten Energie an.

Die Verluste in der Umwandlung unterscheiden sich jedoch. In der Mineralölverarbeitung wird relativ viel der im Rohöl gespeicherten Energie erhalten und in Form von Mineralölprodukten (Benzin, Heizöl, Petrolkoks usw.) den Endenergiesektoren zur Verfügung gestellt. Im Gegensatz dazu geht vergleichsweise viel Energie bei der Stromerzeugung in Form von ungenutzter Abwärme verloren.

Der Indikator *Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs* ordnet die Umwandlungs- und Leitungsverluste den Endenergiesektoren und den Anwendungen verteilungsgerecht zu. Es wird analysiert, in welchem Umfang ein bestimmter Energieträger für eine bestimmte Anwendung in den Endenergiesektoren eingesetzt wird. Anschließend wird mit Hilfe der Energiebilanz – in der die Umwandlungs- und Leitungsverluste sowie der Eigenverbrauch des Umwandlungssektors dokumentiert sind – berechnet, welcher Primärenergieeinsatz im Zusammenhang mit der Bereitstellung des Sekundärenergieträgers, der für eine bestimmte Anwendung eingesetzt wird, steht. Dabei werden auch die Sekundärenergieträger berücksichtigt, die exportiert werden oder die im Inland abseits der energetischen Nutzung Verwendung finden (nicht-energetischer Verbrauch, NEV).

Der Mehrwert des Indikators liegt darin, dass er den tatsächlichen (Primär-) Energieeinsatz für die Anwendungen in den Endenergiesektoren offenlegt. Denn der Primärenergieverbrauch des Umwandlungssektors dient letztendlich dazu, den Endenergiesektoren energetische Anwendungen zu ermöglichen. Wird ein Sekundärenergieträger mit hohen Umwandlungsverlusten vermehrt nachgefragt, so steigt dementsprechend der Primärenergiebedarf. Vor allem vor dem Hintergrund der angestrebten Sektorenkopplung und dem damit abzusehenden Bedeutungsgewinn des Energieträgers Strom wird der Indikator an Relevanz gewinnen, da er bspw. den Primärenergieverbrauch offenlegt, der hinter der Elektromobilität steckt.

Der Verkehr verdeutlicht, wie die Umwandlungs- und Leitungsverluste sowie der Eigenverbrauch im Energiesektor, die bei der Bereitstellung von bestimmten Sekundärenergieträgern anfallen, den Primärenergiebedarf beeinflussen. Der Verkehrssektor ist der größte Endenergiesektor (siehe Kapitel 3.2). Der Endenergiemix besteht aber zu rund 95 Prozent aus Kraftstoffen, hergestellt aus Rohöl. In der

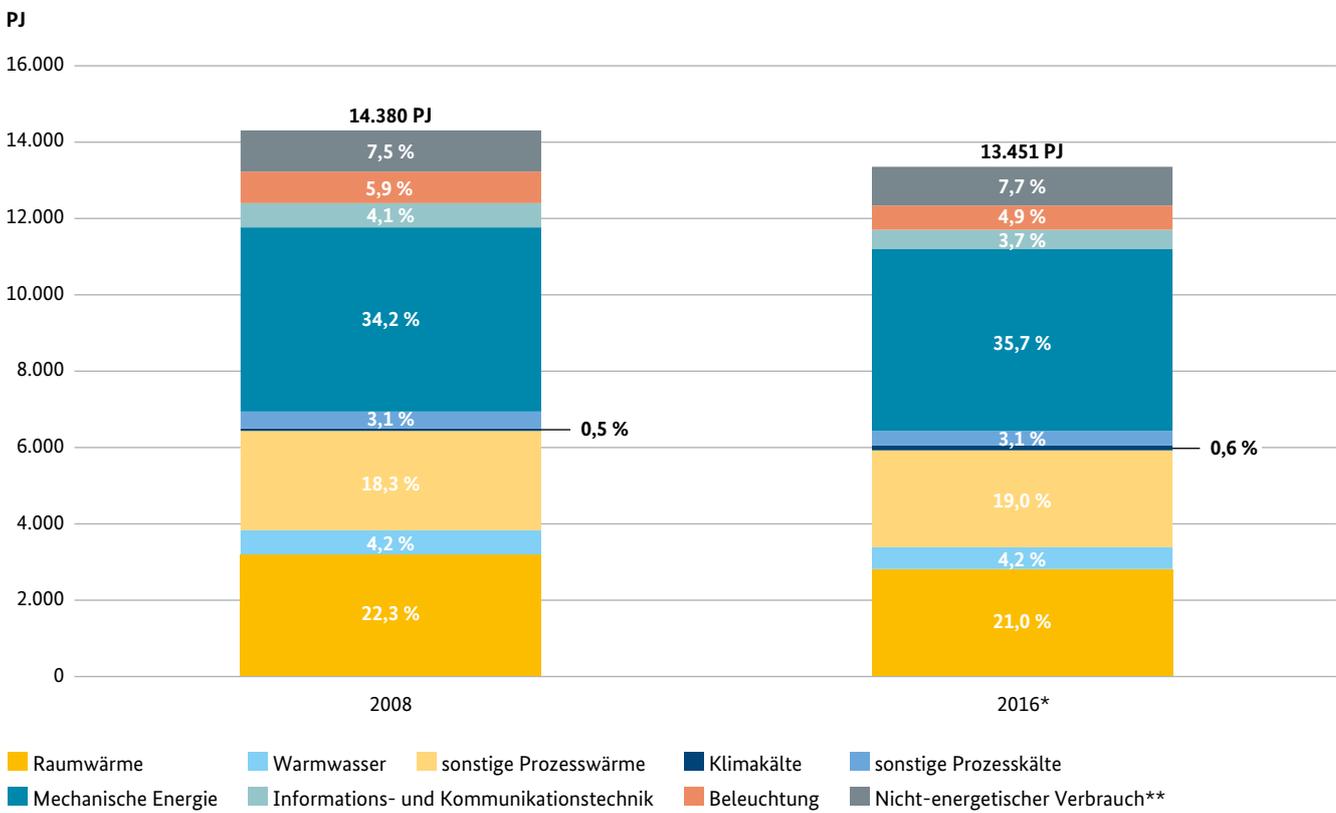
Mineralölverarbeitung sind die Umwandlungsverluste im Vergleich zur (fossilen) Stromerzeugung überschaubar.⁸ Daher ist der Verkehr, wenn man den verursachergerechten Anteil am Primärenergieverbrauch betrachtet, nur der drittgrößte Verbrauchersektor nach der Industrie und den privaten Haushalten.

8 Im Verkehrssektor dominieren die Sekundärenergieträger Benzin, Diesel und Kerosin. Diese werden in Raffinerien aus Rohöl gewonnen. Dabei bleibt ca. 95 Prozent der chemischen Energie, die im Rohöl gespeichert sind, erhalten. Diese steht dem Verbraucher in Form von Kraftstoffen zur Verfügung. Die Umwandlungsverluste belaufen sich auf 5 Prozent. Der Sekundärenergieträger Strom wird in Kraftwerken erzeugt. Dies kann durch die Umwandlung von fossilen Energieträgern (Kohle, Gas, Öl, Uran) oder regenerativen Energieträger (Wind, Sonne, Biomasse) geschehen. Wird die gesamte Primärenergie, die zur Stromerzeugung eingesetzt wird, ins Verhältnis zum gesamten EEV Strom gesetzt, ergibt sich ein Wirkungsgrad von ca. 38 Prozent. D. h. 62 Prozent der enthaltenen Energie der Primärenergieträger, die in Kraftwerken umgewandelt werden, geht in Form von Abwärme, Eigenverbrauch des Energiesektors und Leitungsverlusten verloren.

Wird der Primärenergieverbrauch den Anwendungen nach der oben beschriebenen Methode zugeordnet, so entfielen rund 35,7 Prozent bzw. 4.801 PJ auf die mechanische Energie. 21 Prozent bzw. 2.823 PJ des Primärenergieverbrauchs waren auf die Raumwärme zurückzuführen. Darüber hinaus war die Prozesswärme mit 19 Prozent bzw. 2.560 PJ ein wesentlicher Treiber des Primärenergieverbrauchs. Der restliche PEV stand im Zusammenhang mit Beleuch-

tungsanwendungen (4,9 Prozent bzw. 663 PJ), Warmwasser (4,2 Prozent bzw. 566 PJ), Informations- und Kommunikationstechnik (3,7 Prozent bzw. 502 PJ), Prozesskälte (3,1 Prozent bzw. 414 PJ) und der Klimatisierung (0,6 Prozent bzw. 87 PJ).⁹ Effizienzsteigerungen sind somit vor allem im Bereich Raumwärme, Prozesswärme und mechanische Energie sinnvoll, da über drei Viertel des PEV auf diese Anwendungen zurückzuführen sind.

Abbildung 27: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungen

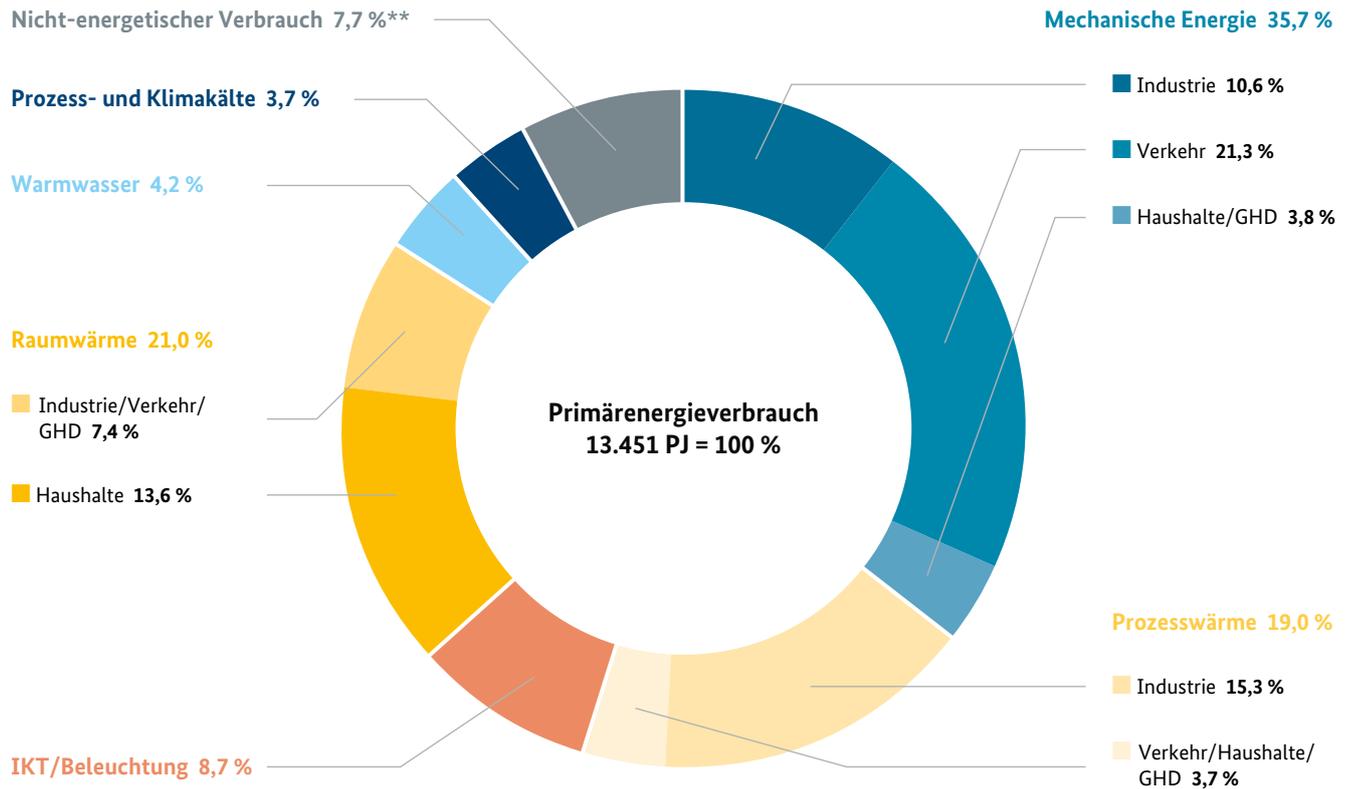


* vorläufige Angaben
 ** inkl. PEV für den Außenhandel (Strom und Fernwärme)

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

9 Im Vergleich dazu lag der EEV für mechanische Energie im Jahr 2016 bei 3.520 PJ und der für Raumwärme bei 2.557 PJ. Die Prozesswärme machte 1.958 PJ des EEV aus und die Beleuchtung 274 PJ. Der EEV für Warmwasser belief sich im Jahr 2016 auf 430 PJ und der EEV für Informations- und Kommunikationstechnik auf 207 PJ. Die Prozesskälte benötigte Endenergieträger in der Höhe von 167 PJ und die Klimakälte 38 PJ.

Abbildung 28: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs 2016*



* vorläufige Angaben

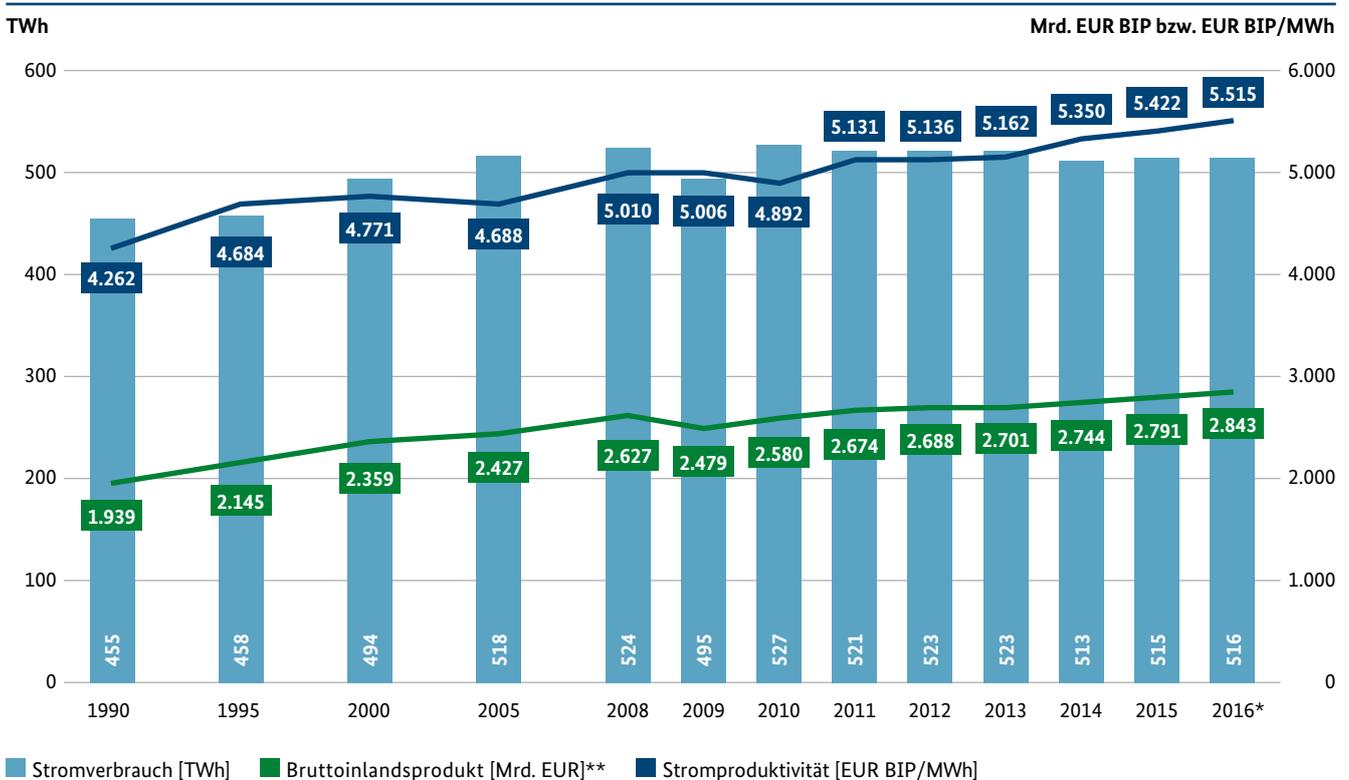
** inkl. PEV für den Außenhandel (Strom und Fernwärme)

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 08/2017; AGEb, Anwendungsbilanzen, 12/2017

3.11 Netto-Stromverbrauch und -produktivität

Die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt) ist im Zeitraum von 1990 bis 2016 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 0,8 Prozent insgesamt um 23,2 Prozent gestiegen. Der gesamte Endenergieverbrauch Strom stieg im selben Zeitraum um 13,3 Prozent, während das Bruttoinlandsprodukt um 46,6 Prozent stieg.

Abbildung 29: Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 08/2017

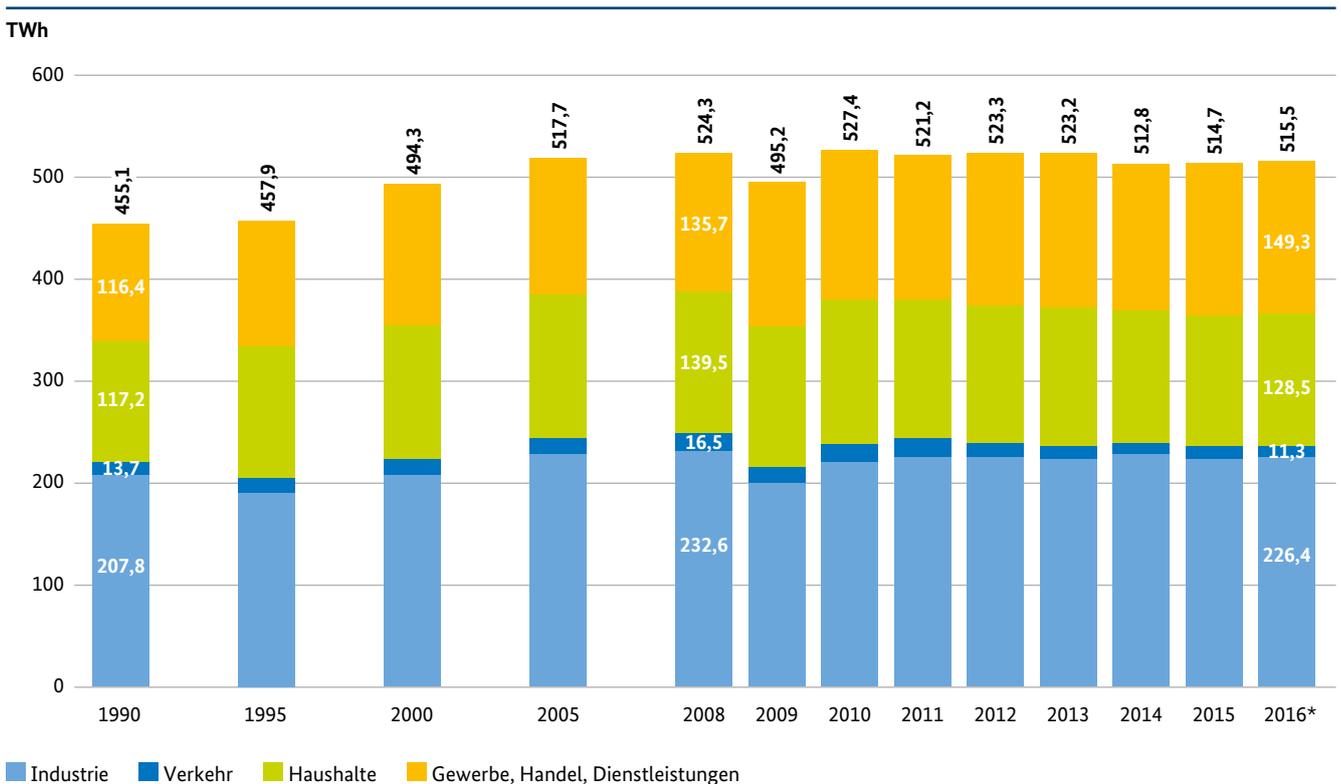
Bis zum Jahr 2016 stieg der Stromverbrauch um 60,4 TWh oder 13,3 Prozent gegenüber 1990. In diesem Zeitraum lagen die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der Stromproduktivität bei 1 Prozent, des Bruttoinlandspro-

dukts bei 1,4 Prozent und des Stromverbrauchs bei 0,5 Prozent. Gegenüber 2015 stieg der Stromverbrauch Deutschlands 2016 leicht an.

3.12 Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren

Der größte Teil des Stroms wurde 2016 zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt (210 TWh, ca. 40,4 Prozent). Größter Stromverbraucher ist die Industrie mit 226 TWh (43,9 Prozent).

Abbildung 30: Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs nach Sektoren



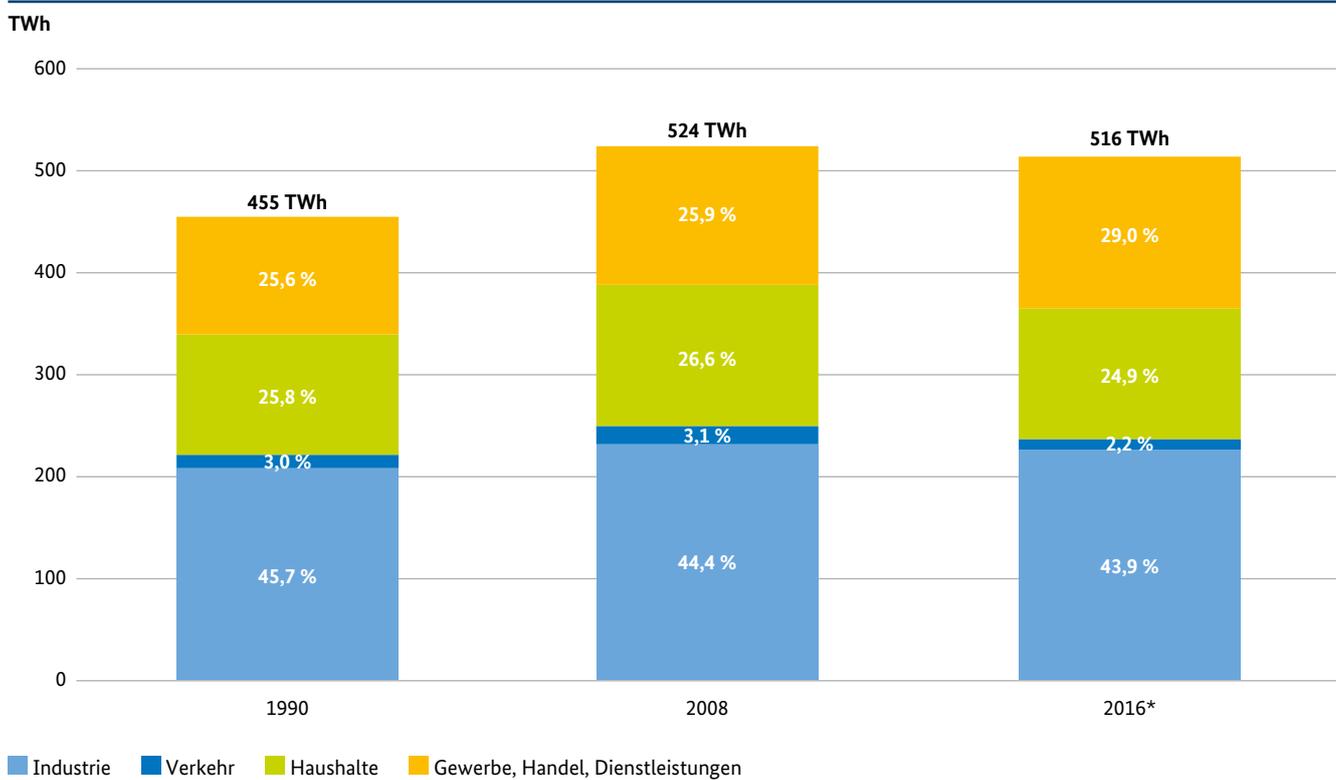
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

Den größten Anteil am Stromverbrauch hatte 2016 die Industrie mit 43,9 Prozent (226 TWh). Die privaten Haushalte waren für rund 29 Prozent (149 TWh) des deutschen Strombedarfs verantwortlich. 24,9 Prozent (129 TWh) des

Stroms wurden im GHD-Sektor verbraucht. Der Verkehrssektor benötigte nur geringe Mengen an Strom. 11 TWh entsprachen rund 2,2 Prozent des gesamten Stromverbrauchs (516 TWh) im Jahr 2016.

Abbildung 31: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008 und 2016



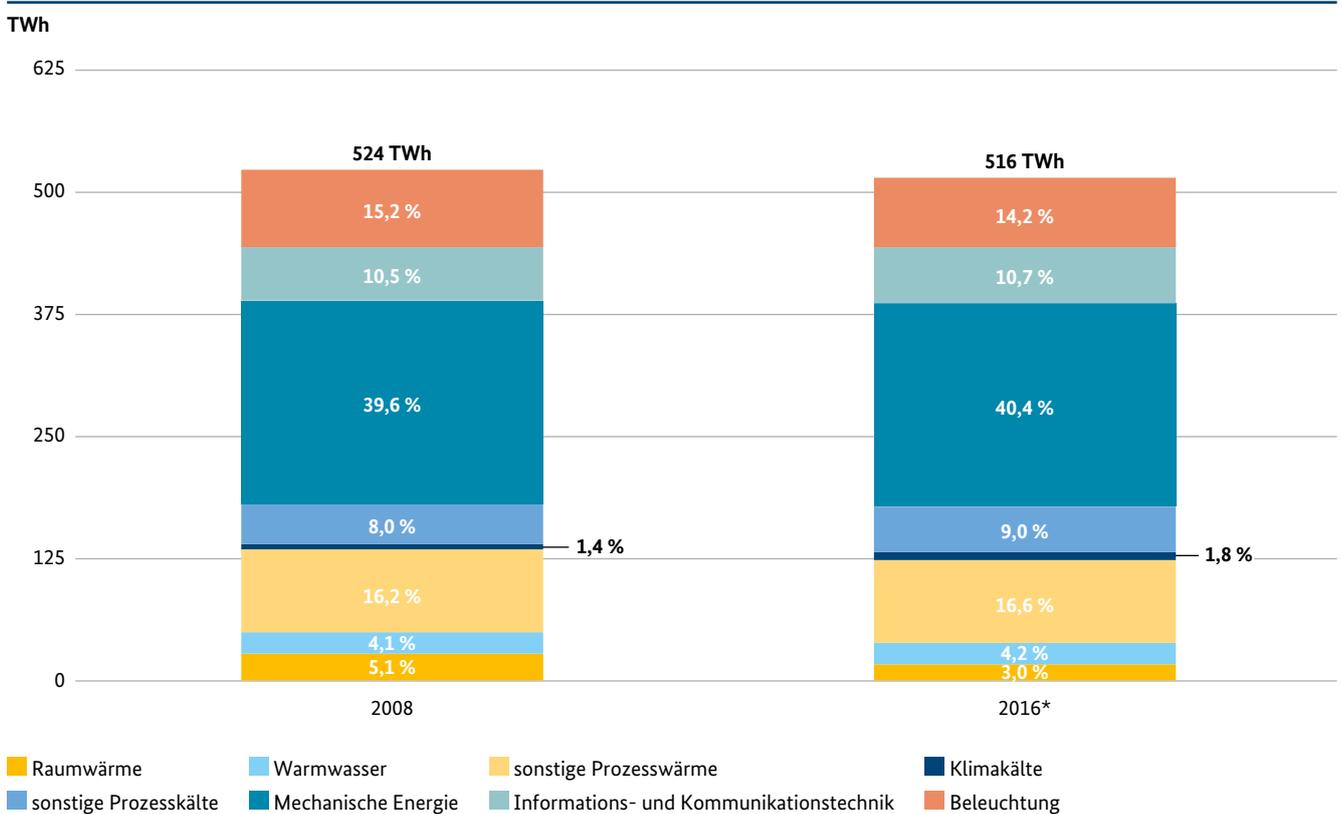
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017

Seit 2008 verzeichneten die privaten Haushalte mit 11 TWh den stärksten absoluten Rückgang (-7,9 Prozent). Die Industrie verbrauchte im Jahr 2016 6,2 TWh (-2,7 Prozent) weniger Strom als in 2008, gefolgt vom Verkehrssektor mit

einer Abnahme von 5,3 TWh (31,8 Prozent). Demgegenüber steigerte der Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor im gleichen Zeitraum den Stromverbrauch um 13,7 TWh (+10,1 Prozent).

Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

Der größte Teil des Stroms wurde 2016 zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt (208 TWh, ca. 40,4 Prozent). Für Prozesswärme wurden 86 TWh (16,6 Prozent) und für Beleuchtung 73 TWh (14,2 Prozent) eingesetzt.

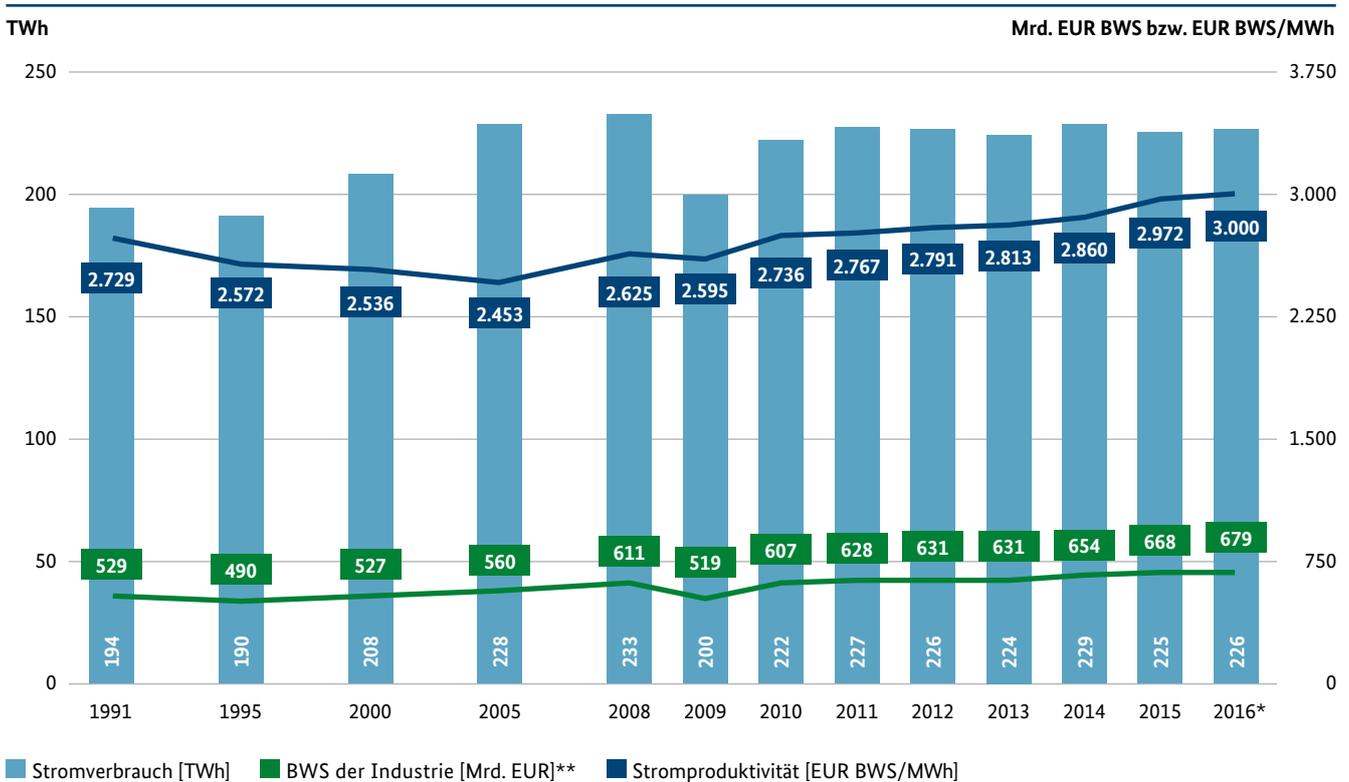
Zwischen 2008 und 2016 ist ein Rückgang des Stromeinsatzes für Raumwärme um 11 TWh bzw. 41,5 Prozent zu verzeichnen. Dies kann auf den Abbau von Nachtspeicherheizungen zurückgeführt werden, der sich momentan noch stärker auswirkt als der Zubau von Wärmepumpen, die mit

Strom betrieben werden. Zudem ging der Beleuchtungsstromverbrauch im gleichen Zeitraum um 7 TWh bzw. 8,3 Prozent zurück, was auch auf effizientere Beleuchtungstechniken zurückzuführen ist. Hingegen stieg der Verbrauch im Anwendungsbereich sonstige Prozesskälte (bspw. Kühlen von Anlagen, Gefrieren von Lebensmitteln etc.) um 4 TWh bzw. 10,5 Prozent.

3.13 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie

Im Sektor Industrie ist die Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung des Sektors) im Zeitraum von 1991 bis 2016 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 0,4 Prozent bzw. insgesamt um 9,9 Prozent gestiegen.

Abbildung 33: Stromverbrauch und -produktivität – Industrie



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018

Im Sektor Industrie sank der Stromverbrauch nach der Wiedervereinigung bis Mitte der 1990er Jahre um über 8 Prozent. Dies ist hauptsächlich auf den Rückgang der Industrie in den neuen Bundesländern zwischen 1990 und 1993 zurückzuführen (Martens 2010). Anschließend stieg der Stromverbrauch bei wachsender Bruttowertschöpfung bis zum Krisenjahr 2009. Seit 2010 ist die Stromnachfrage der Industrie auf relativ konstantem Niveau. Im Jahr 2016 ist der Stromverbrauch im Vergleich zum Vorjahr nur minimal gestiegen.

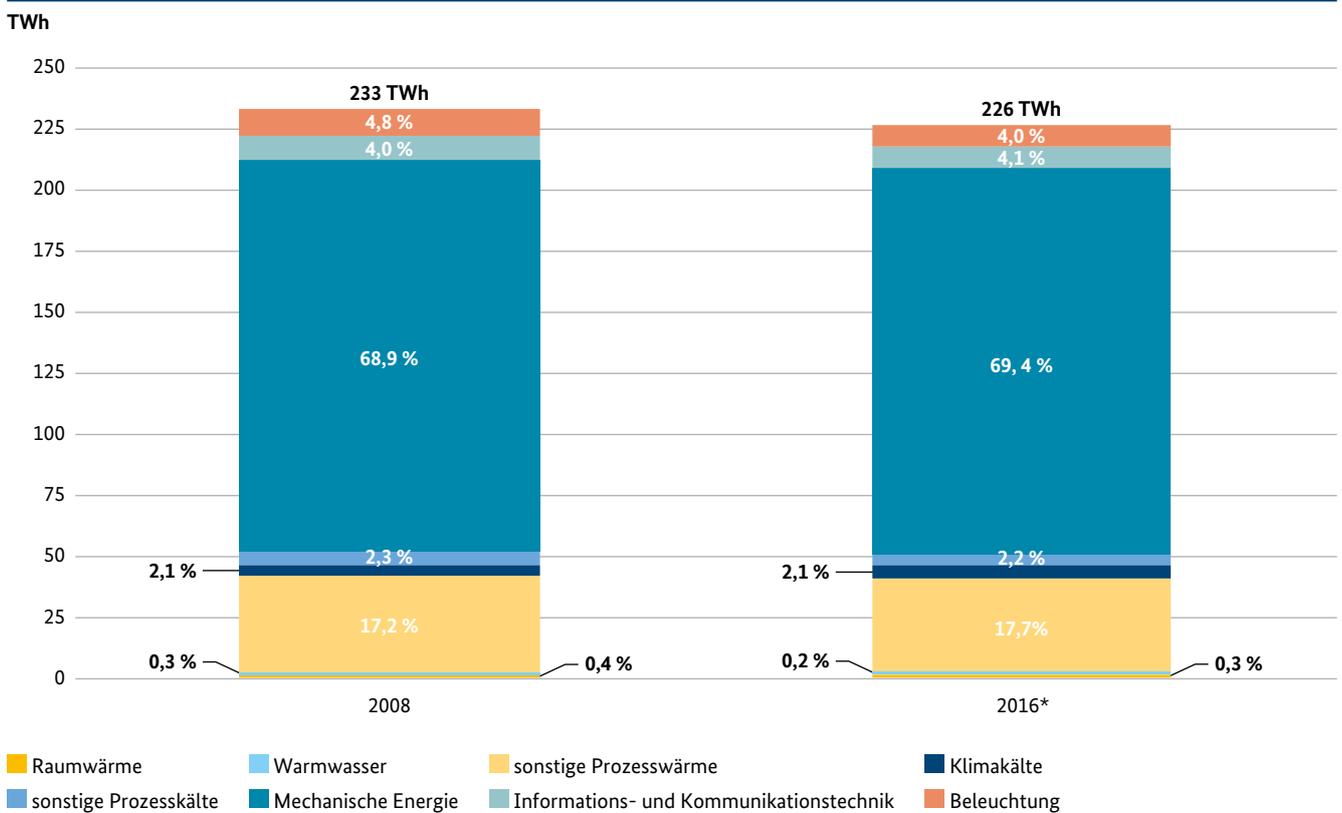
Im Zeitraum von 1991 bis 2016 lagen in der Industrie die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der Stromproduktivität bei 0,4 Prozent, die der Bruttowertschöpfung bei 1 Prozent und die des Stromverbrauchs bei 0,6 Prozent.

Strom war mit 31,6 Prozent Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie weiterhin der zweitwichtigste Energieträger nach Gas (35 Prozent).

Bei den Anwendungsbereichen dominierte der Einsatz für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen mit 157,2 TWh (69,4 Prozent). Gegenüber 2008 hat sich der Stromverbrauch der einzelnen Anwendungen

im Jahr 2016 kaum verändert. Eine Ausnahme ist der Rückgang des Energiebedarfs für Beleuchtung durch den Einsatz effizienter Lampen um 7,5 TWh (18,8 Prozent).

Abbildung 34: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



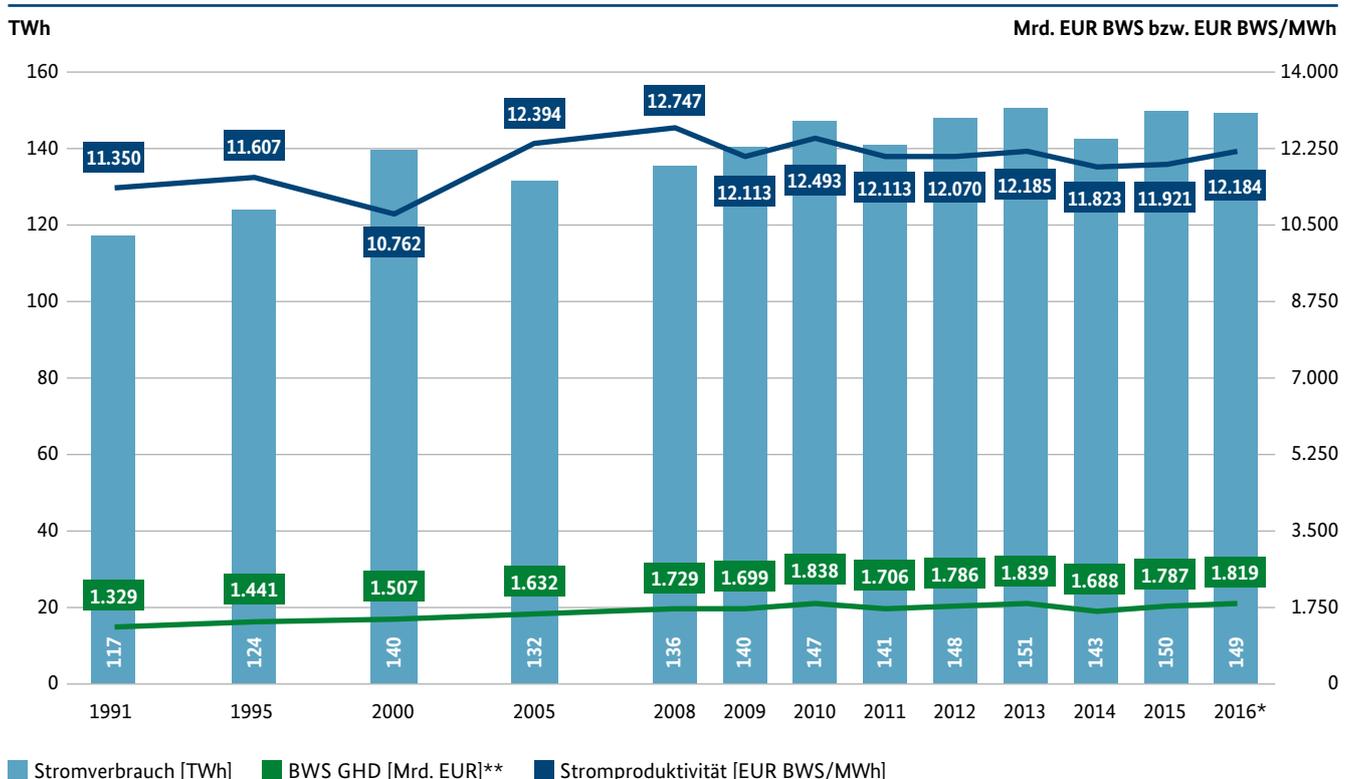
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

3.14 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ist die Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung des Sektors) im Zeitraum von 1991 bis 2016 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 0,3 Prozent bzw. insgesamt um 7,3 Prozent gestiegen.

Abbildung 35: Stromverbrauch und -produktivität – GHD



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 09/2017; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2018

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen stieg der Stromverbrauch seit 1991 um 27,5 Prozent auf 149,3 TWh. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Stromverbrauch im Jahr 2016 minimal zurückgegangen.

Im Zeitraum von 1991 bis 2016 lagen im Sektor GHD die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der Strom-

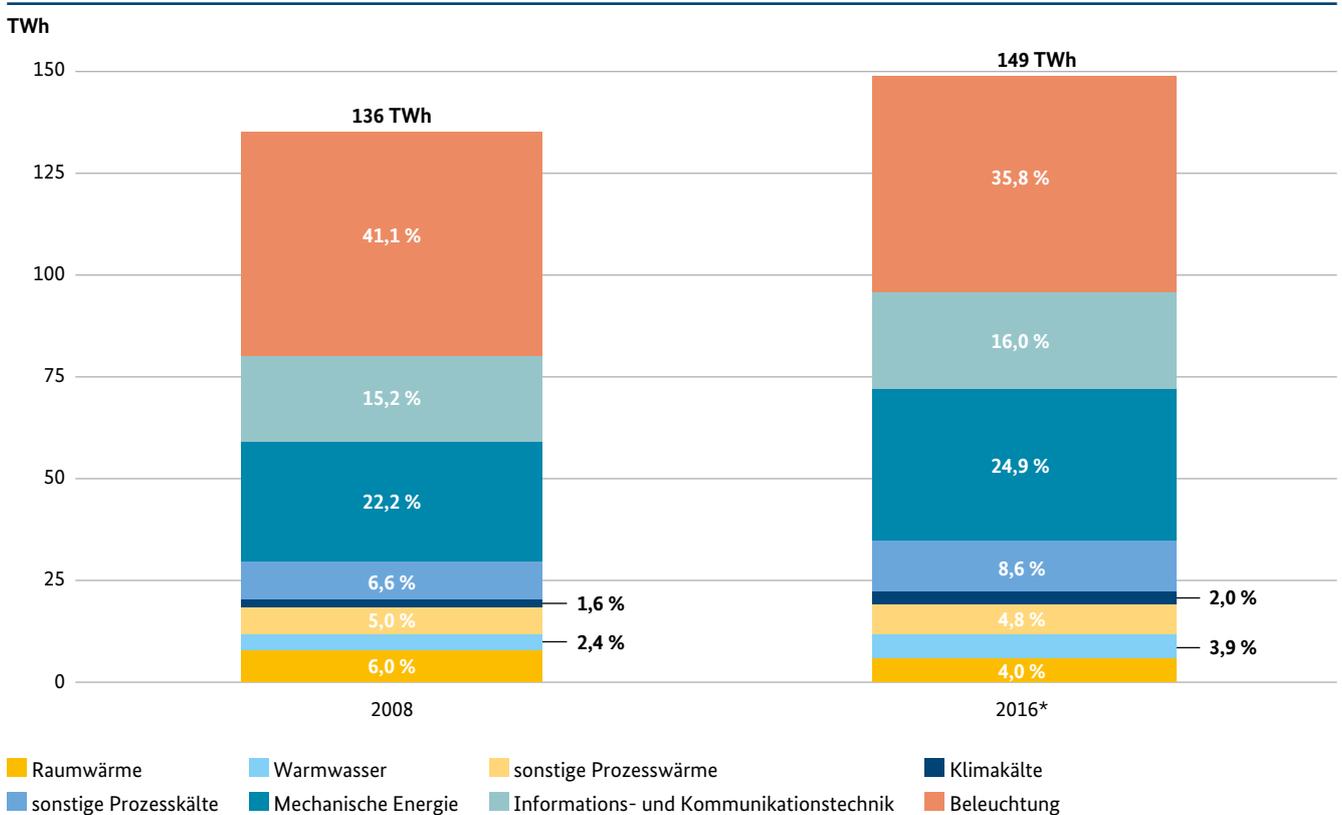
produktivität bei 0,3 Prozent, der Bruttowertschöpfung bei 1,2 Prozent und des Stromverbrauchs bei 0,9 Prozent.

Insgesamt war Strom mit einem Anteil von 36,3 Prozent am Endenergieverbrauch des Sektors GHD der wichtigste Energieträger.

Der Anwendungsbereich Beleuchtung hatte im Jahr 2016 mit 53 TWh (35,8 Prozent) den größten Anteil. Zudem kam der Stromverbrauch im Anwendungsbereich mechanische Energie mit 37 TWh auf einen Anteil von 24,9 Prozent sowie der Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik mit 24 TWh auf 16 Prozent. Relativ geringe Strom-

verbräuche entfielen auf die Anwendungen Prozesskälte (8,6 Prozent bzw. 13 TWh), Prozesswärme (4,8 Prozent bzw. 7 TWh), Raumwärme (4 Prozent bzw. 6 TWh) und Klimakälte (2 Prozent bzw. 3 TWh).

Abbildung 36: Netto-Stromverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



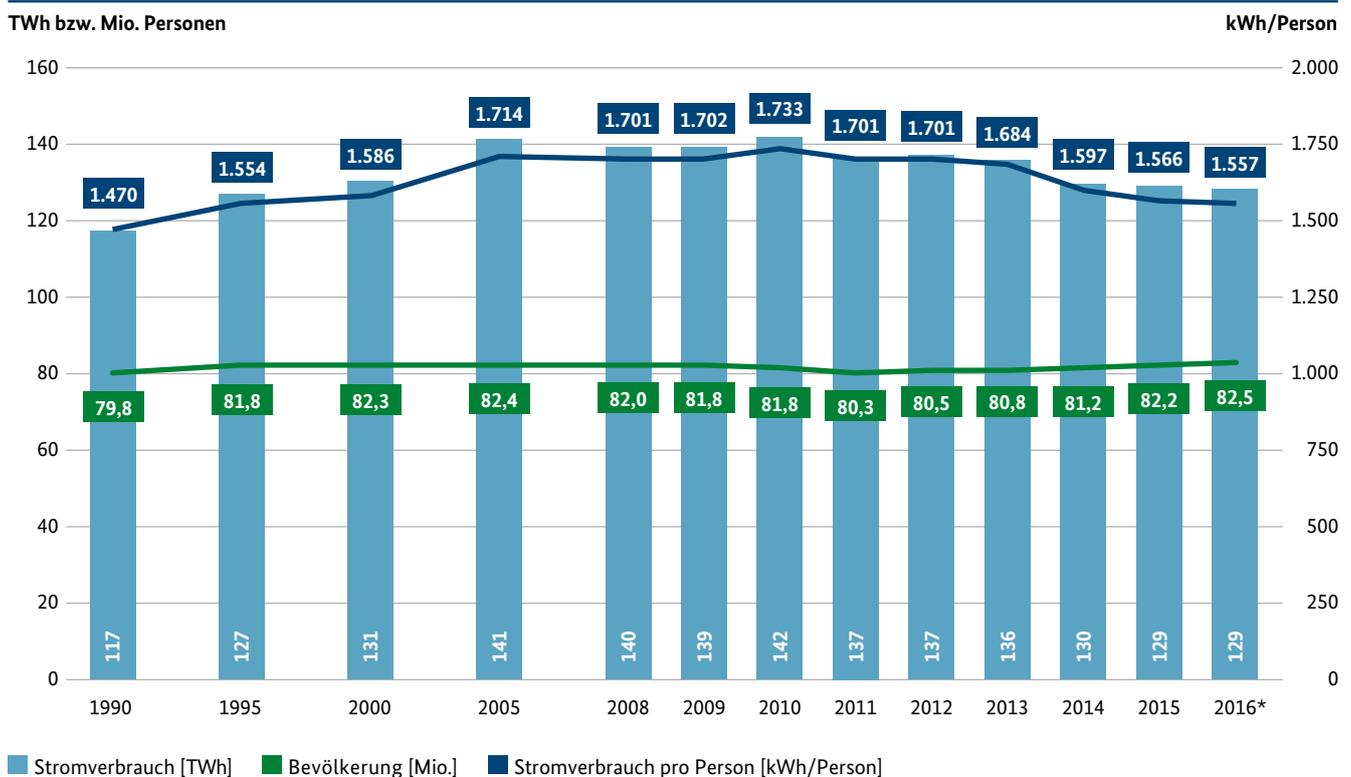
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

3.15 Netto-Stromverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte

Im Sektor private Haushalte ist die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) im Zeitraum von 1990 bis 2016 mit einer jahresdurchschnittlichen Wachstumsrate von 0,2 Prozent gestiegen.

Abbildung 37: Stromverbrauch und -intensität – private Haushalte



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017

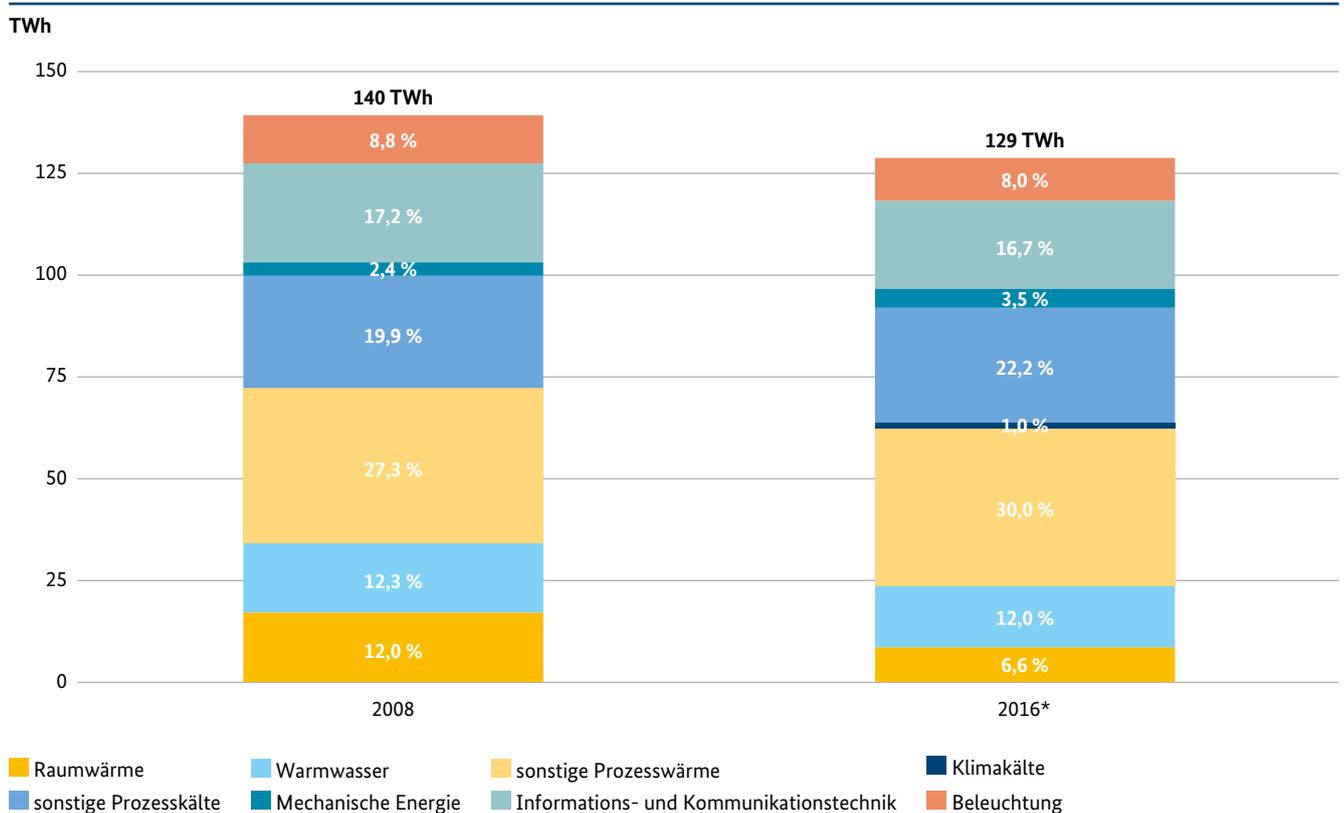
In den privaten Haushalten stieg der Stromverbrauch seit 1990 um 9,6 Prozent auf 128,5 TWh bzw. 1.557 kWh pro Person. Seit dem Jahr 2010 ist jedoch ein tendenzieller Verbrauchsrückgang um 13,2 TWh oder 9,3 Prozent zu verzeichnen. Im Vergleich zum Vorjahr blieb der Stromverbrauch in 2016 konstant.

Im Zeitraum von 1990 bis 2016 lagen im Sektor private Haushalte die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten

der Bevölkerung bei 0,1 Prozent und des Stromverbrauchs bei 0,3 Prozent. Die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) wuchs damit jährlich im Durchschnitt um 0,2 Prozent in diesem Zeitraum.

Insgesamt rangiert Strom im Jahr 2016 mit einem Anteil von 19,3 Prozent am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Gas (39,9 Prozent) und knapp hinter Heizöl (19,4 Prozent) an dritter Stelle des EEV.

Abbildung 38: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

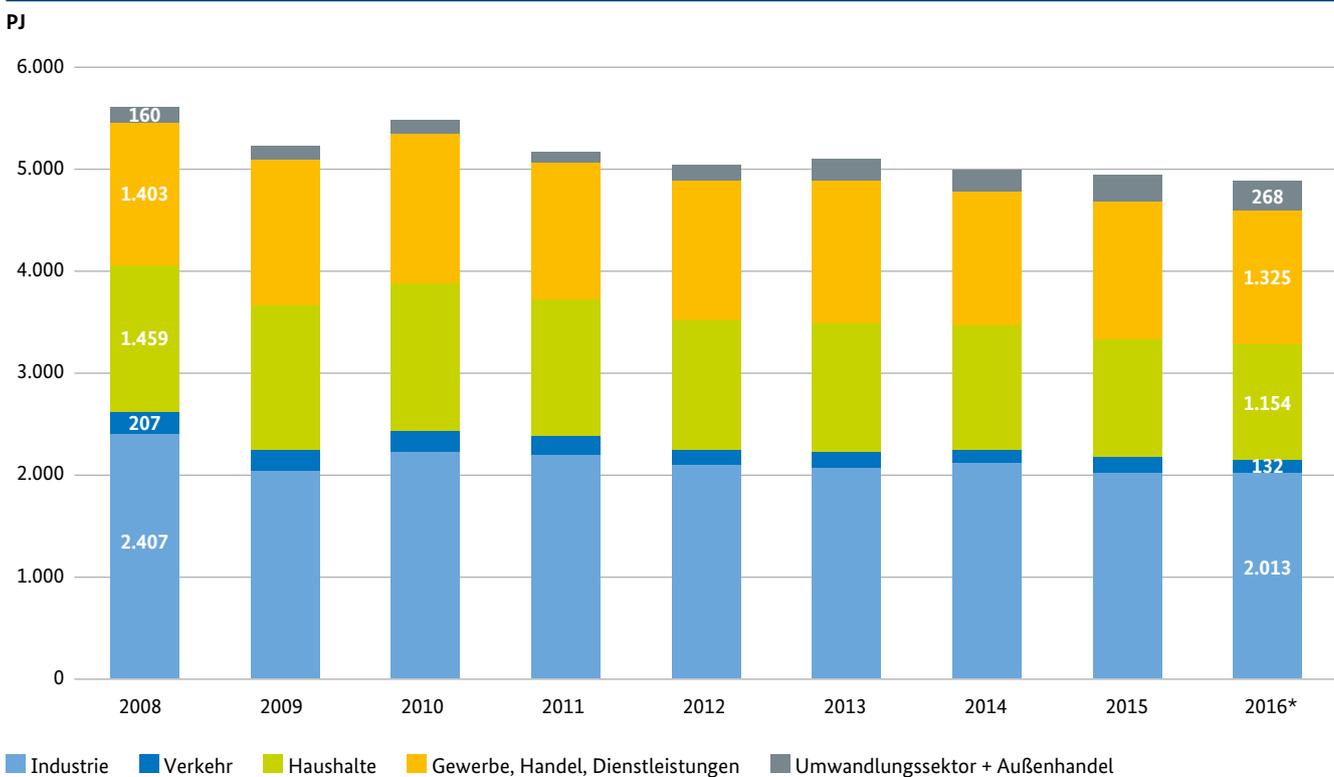
Hauptanwendungsbereiche waren 2016 die sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 39 TWh (30 Prozent), die sonstige Prozesskälte (Kühlen, Gefrieren etc.) mit 29 TWh (22,2 Prozent) und die Informations- und Kommunikationstechnik mit 21 TWh (16,7 Prozent). Im Bereich der Beleuchtung lag der Stromverbrauch bei 10 TWh (8 Prozent) und für Informations- und Kommunikationstechnik bei 21 TWh (16,7 Prozent). Der EEV Strom für Raumwärme

im Sektor private Haushalte lag 2016 bei 8 TWh (6,6 Prozent). Seit 2008 hat sich der Stromeinsatz für Raumwärme halbiert: -8,3 TWh bzw. -49,5 Prozent. Dies liegt am Rückgang der Nachtspeicherheizungen, der momentan noch stärkere Auswirkungen auf den Stromverbrauch hat als der Zubau elektrischer Wärmepumpen. Der Stromverbrauch für mechanische Energie lag 2016 bei 4 TWh (3,5 Prozent) und der für Klimakälte bei 1 TWh (1 Prozent).

3.16 Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung

Durch die Aufteilung der Verluste in den Kraftwerken und der Stromnetze ist es möglich, den Verbrauchssektoren den Umwandlungseinsatz für die Bereitstellung von Strom verursachergerecht zuzuweisen. Zwischen 2008 und 2016 wurde der Umwandlungseinsatz zur Stromerzeugung um 13,2 Prozent reduziert.

Abbildung 39: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung nach Sektoren



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGE, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017

Der Umwandlungseinsatz zur Stromerzeugung ist der Teil des Primärenergieverbrauchs, der in Wärme- und Kernkraftwerken sowie in Wasser-, Windkraft- und Photovoltaikanlagen genutzt wird, um den Sekundärenergie-träger Strom zu erzeugen.

Wird die in Informationsbox 9 beschriebene Methode genutzt, um eine verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes auf die Sektoren vorzunehmen, dann sind 2.013 PJ (41,2 Prozent) des Primär-

energieverbrauchs zur Stromerzeugung im Jahr 2016 auf Anwendungen in der Industrie zurückzuführen. Der GHD-Sektor verursachte 27,1 Prozent (1.325 PJ) des PEV der Kraftwerke. Die privaten Haushalte verantworteten 1.154 PJ (23,6 Prozent) des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung. Aufgrund der geringen Bedeutung des Energieträgers Strom für den Transportsektor belief sich der PEV der Kraftwerke, der auf den Verkehr zurückzuführen ist, nur auf 132 PJ (2,7 Prozent).

Deutschland exportierte in den letzten Jahren zunehmend mehr Strom, als es importierte. Dementsprechend stieg auch der Umwandlungseinsatz für Elektrizität, die außerhalb Deutschlands genutzt wird. Der Umwandlungseinsatz, der auf den Stromaußenhandel zurückzuführen ist,

zusammen mit dem Umwandlungseinsatz für den Strombedarf des Energiesektors ohne den Eigenverbrauch der Kraftwerke (bspw. der Stromverbrauch in der Mineralölverarbeitung), belief sich im Jahr 2016 auf 268 PJ (5,5 Prozent).

Informationsbox 9: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung

Der Indikator ist vergleichbar mit dem Indikator *Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs* (siehe auch Informationsbox 8: „Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs“), doch konzentriert er sich ausschließlich auf die Anwendungen, die im Zusammenhang mit dem Sekundärenergieträger Strom stehen.

Elektrischer Strom ist eine Form der Energie, die für zahlreiche Anwendungen genutzt werden kann (z. B. Informations- und Kommunikationstechnik, Beleuchtungsanwendungen, Klimaanlage). Durch die Energiewende und die angestrebte Sektorenkopplung wird Elektrizität in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen, da auch vermehrt Wärme und Mobilität durch Strom bereitgestellt und somit (fossile) Brennstoffe aus diesen Anwendungsbereichen verdrängt werden sollen.

Doch die Bereitstellung von Strom ist mit Verlusten im Umwandlungssektor verbunden. Thermische Kraftwerke können die gespeicherte Energie der fossilen Primärenergieträger nie vollständig in Elektrizität umwandeln. Große Mengen an Energie gehen z. B. durch Abwärme ungenutzt verloren. Erneuerbare Energien (Wasser- und Windkraft sowie Photovoltaikanlagen) wandeln dagegen definitionsgemäß hundert Prozent der eingesetzten Primärenergie in Strom um.

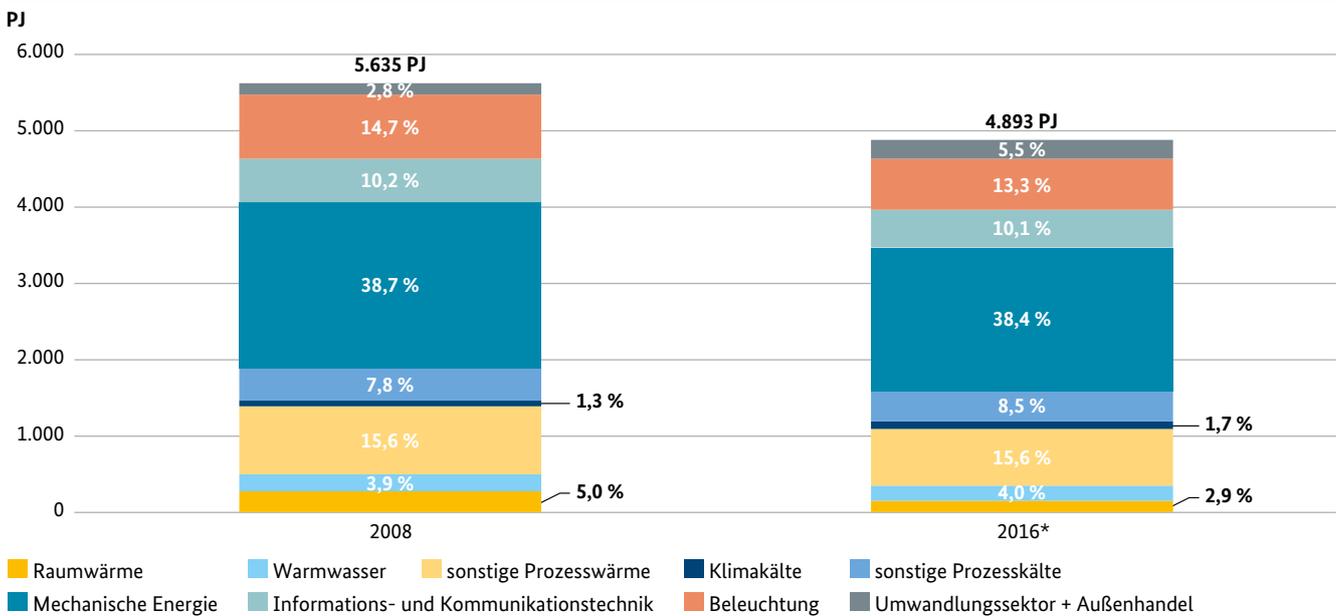
Der hier berechnete Indikator verteilt die Umwandlungsverluste, die im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch stehen, anteilmäßig auf die Anwendungen und auf die Endenergiesektoren. Dies geschieht mit Hilfe der Energiebilanz. Aus dieser geht hervor, wie hoch der Umwandlungseinsatz in den Kraftwerken ist, wie hoch deren Stromausstoß ist und wie viel Elektrizität im Umwandlungssektor selbst verbraucht wird. Außerdem werden die Leitungsverluste, die sich durch den Transport zum Verbraucher ergeben, anteilmäßig auf die Anwendungen und Endenergiesektoren verteilt.

Der Mehrwert des Indikators liegt darin, dass er den tatsächlichen Energieeinsatz für Strom-basierte Anwendungen in den Endenergiesektoren offenlegt. Vor dem Hintergrund der Sektorenkopplung wird der Indikator an Bedeutung gewinnen, da er zeigt, welcher Primärenergiebedarf notwendig ist, um zukünftig im größeren Umfang Wärme und Mobilität mit Hilfe von Strom bereitzustellen.

Im Bereich der Stromanwendungen verantwortete 2016 die mechanische Energie mit 38,4 Prozent (1.880 PJ) den größten Anteil am Umwandlungseinsatz der Kraftwerke. Die Prozesswärme verursachte 15,6 Prozent (766 PJ) des Umwandlungseinsatzes. Beleuchtungsanwendungen mit 13,3 Prozent (653 PJ), die Informations- und Kommunikationstechnik mit 10,1 Prozent (494 PJ) und die Prozesskälte mit 8,5 Prozent (414 PJ) waren ebenfalls für größere Teile des Primärenergieverbrauchs zur Stromerzeugung verantwortlich. Warmwasser (4 Prozent bzw. 195 PJ), Raumwärme (2,9 Prozent bzw. 141 PJ) und die Klimakälte (1,7 Prozent bzw. 81 PJ) verursachten geringere Anteile am Umwandlungseinsatz.

Seit 2008 reduzierte sich für fast alle Anwendungen der Umwandlungseinsatz in den Kraftwerken. Einzige Ausnahme ist die Klimakälte, die 2008 für 74 PJ des Umwandlungseinsatzes der Kraftwerke verantwortlich war. Dieser Einsatz hat sich von 2008 bis 2016 um 10,3 Prozent (8 PJ) erhöht. Ebenfalls an Bedeutung gewonnen hat der Umwandlungseinsatz, der im Zusammenhang mit dem Bedarf des Energiesektors (ohne Kraftwerke) und dem Strom-austausch mit dem Ausland steht. Vor allem der gestiegene Nettoexport an Strom hatte zur Folge, dass in diesem Bereich im Jahr 2016 108 PJ (67,8 Prozent) mehr Primärenergie zur Stromerzeugung genutzt wurde als im Jahr 2008.

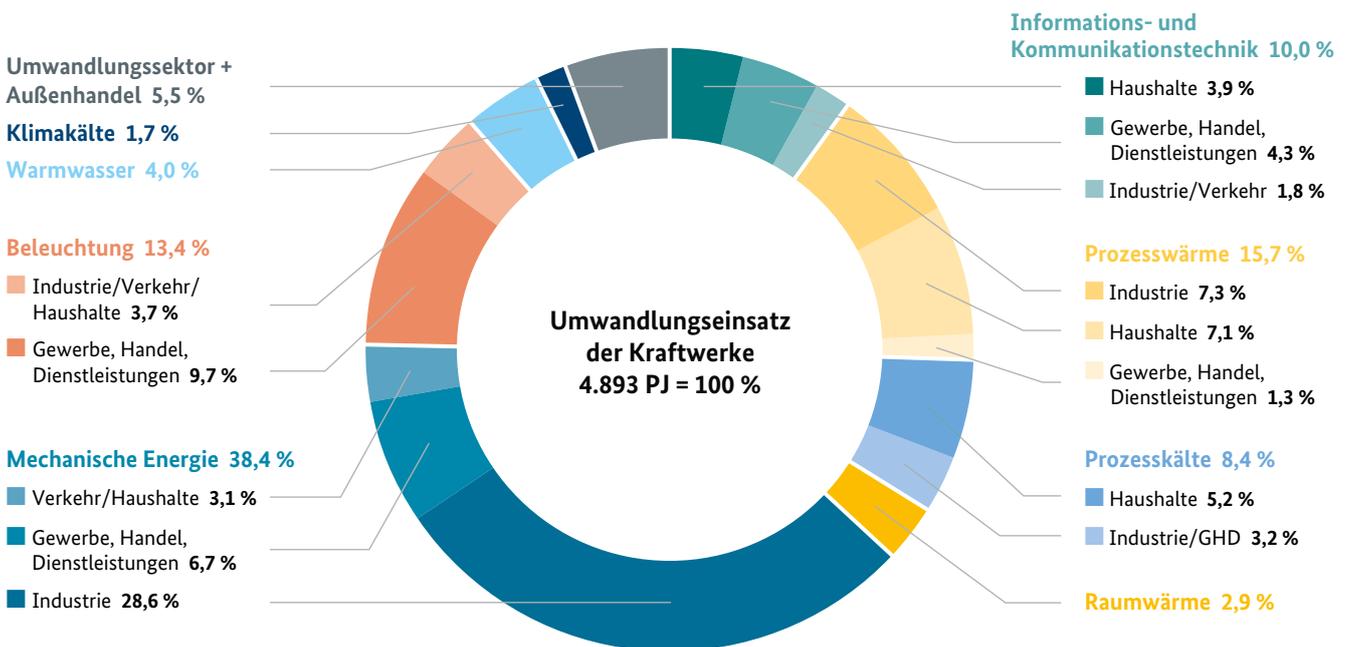
Abbildung 40: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung nach Anwendungen 2008 und 2016



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

Abbildung 41: Verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes der Kraftwerke 2016*



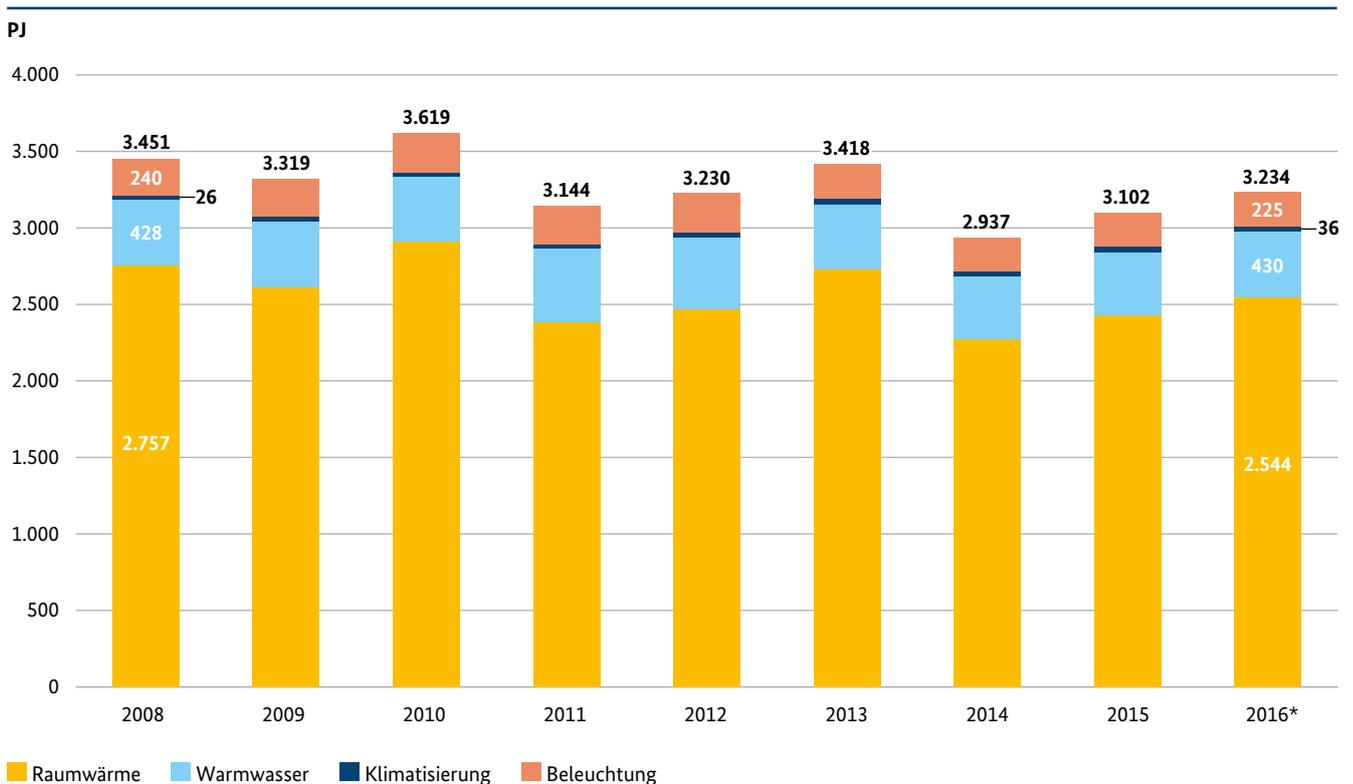
* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 08/2017; AGEB, Anwendungsbilanzen, 12/2017

3.17 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch – sektorübergreifend

Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch über alle Sektoren hatte im Jahr 2016 einen Anteil von 35,3 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch. Er betrug insgesamt 3.234 PJ und ist seit 2008 um 6,3 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 42: Endenergieverbrauch – gebäuderelevant



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch umfasst die Energieverbräuche in Wohn- und Nichtwohngebäuden in den Sektoren private Haushalte, Industrie sowie im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD). Hierbei werden gemäß Energieeinsparverordnung die Anwendungszwecke Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung betrachtet. Bei den Nichtwohngebäuden kommt zudem die (fest installierte) Beleuchtung hinzu. Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch über alle Sektoren hatte im Jahr 2016 einen Anteil von 35,3 Prozent am gesamten Endenergie-

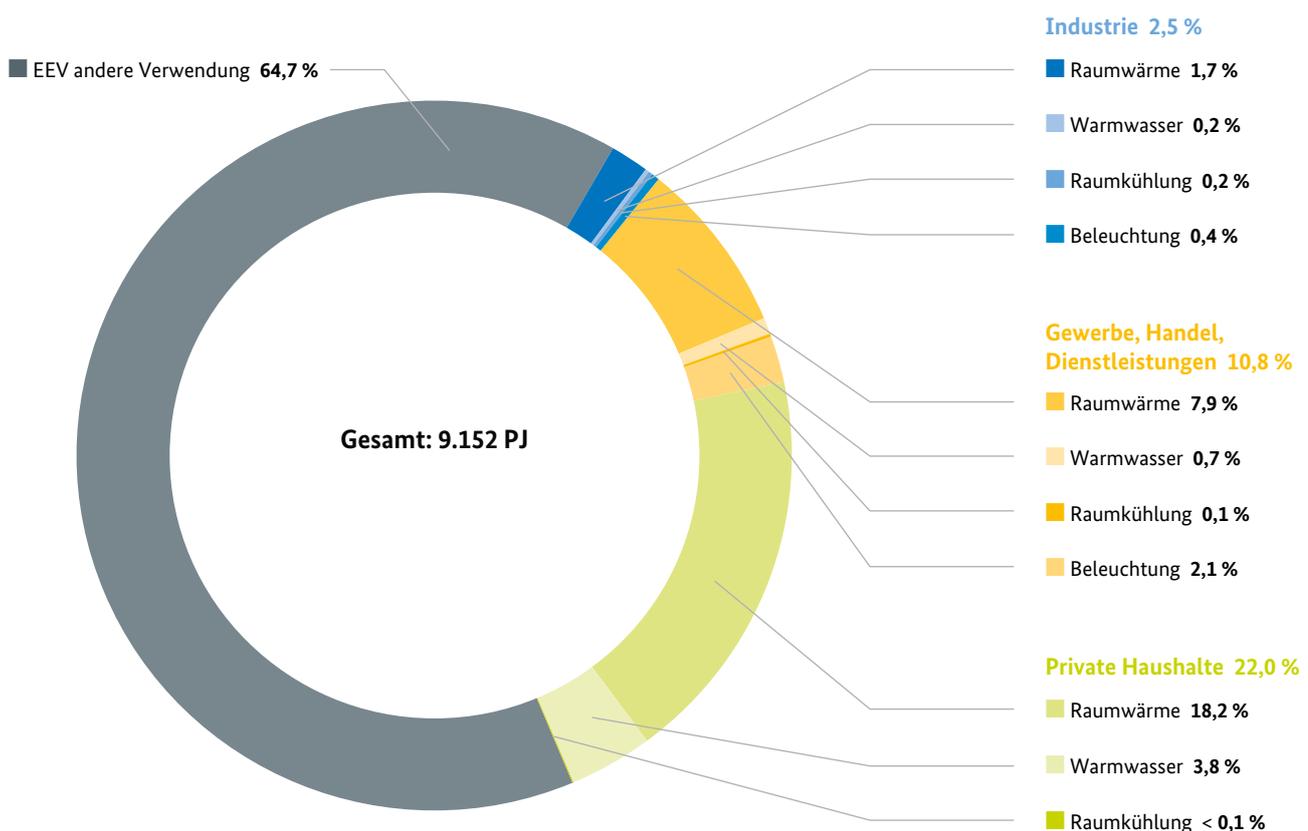
verbrauch. Seit dem Jahr 2008 ist ein Rückgang um 217 PJ (6,3 Prozent) auf 3.234 PJ im Jahr 2016 zu verzeichnen (nicht witterungsbereinigt). Im Jahr 2016 ist der gebäuderelevante Endenergieverbrauch im Vergleich zum Vorjahr allerdings wieder leicht um 4,3 Prozent angestiegen.

Bezogen auf alle Anwendungszwecke wurden hierbei 2.843,8 PJ (87,9 Prozent) Brennstoffe und 390,2 PJ (12,1 Prozent) Strom eingesetzt (siehe Abb. 45 im Kapitel 3.18).

Witterungsbedingte Schwankungen in den sehr kalten Jahren 2010 und 2013 führten zwischenzeitlich zu einem erhöhten Bedarf an Raumwärme. Von 2008 bis 2016 sank der Endenergiebedarf für Raumwärme um 213 PJ (-7,7 Prozent). Dies lag vor allem an den energetischen Sanierungen des Altbaubestands sowie am vermehrten Einbau effizienter Heizungssysteme. Auch der Energieeinsatz für Beleuchtung nahm um 16 PJ (-6,5 Prozent) aufgrund des vermehrten Einsatzes von Energiespar- und LED-Lampen leicht ab. Dagegen stieg der Endenergieverbrauch für Warmwasser um 2 PJ (0,4 Prozent) leicht an. Einen Anstieg um 9 PJ (+36,3 Prozent) gab es im Bereich Klimatisierung.

Hinsichtlich des gesamten Endenergieverbrauchs 2016 machte der gebäuderelevante EEV 35,3 Prozent aus. 22 Prozent entfielen auf den gebäuderelevanten EEV des Sektors der privaten Haushalte. 10,8 Prozent des EEV machten gebäuderelevante Anwendungen im GHD-Sektor und 2,5 Prozent des Industriesektors aus. Hinsichtlich der Energiewendeziele kommt dem Gebäudebereich damit eine wichtige Rolle zu. Im Energiekonzept wird deshalb eine deutliche Reduzierung des Primärenergiebedarfs bei Gebäuden um 80 Prozent angestrebt, wobei der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt werden soll.

Abbildung 43: Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2016*



Andere Verwendungszwecke in allen Sektoren 64,7 %

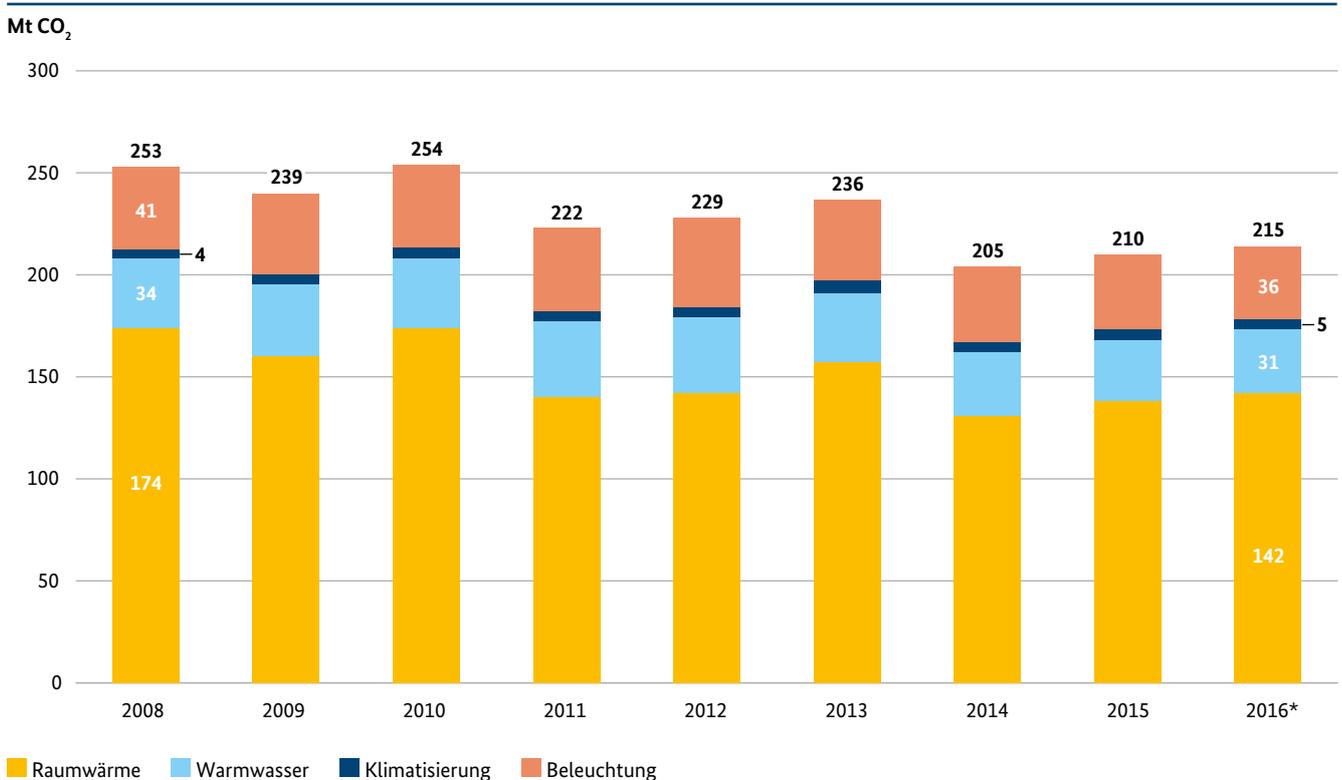
Insgesamt gebäuderelevant 35,3 %

* vorläufige Angaben

3.18 Gebäuderelevante CO₂-Emissionen – sektorübergreifend

Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, also die CO₂-Emissionen der Wohn- und Nichtwohngebäude in allen Sektoren, summierten sich im Jahr 2016 auf insgesamt 215 Megatonnen CO₂. Seit 2008 sind sie um etwa 15,2 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 44: CO₂-Emissionen – gebäuderelevant

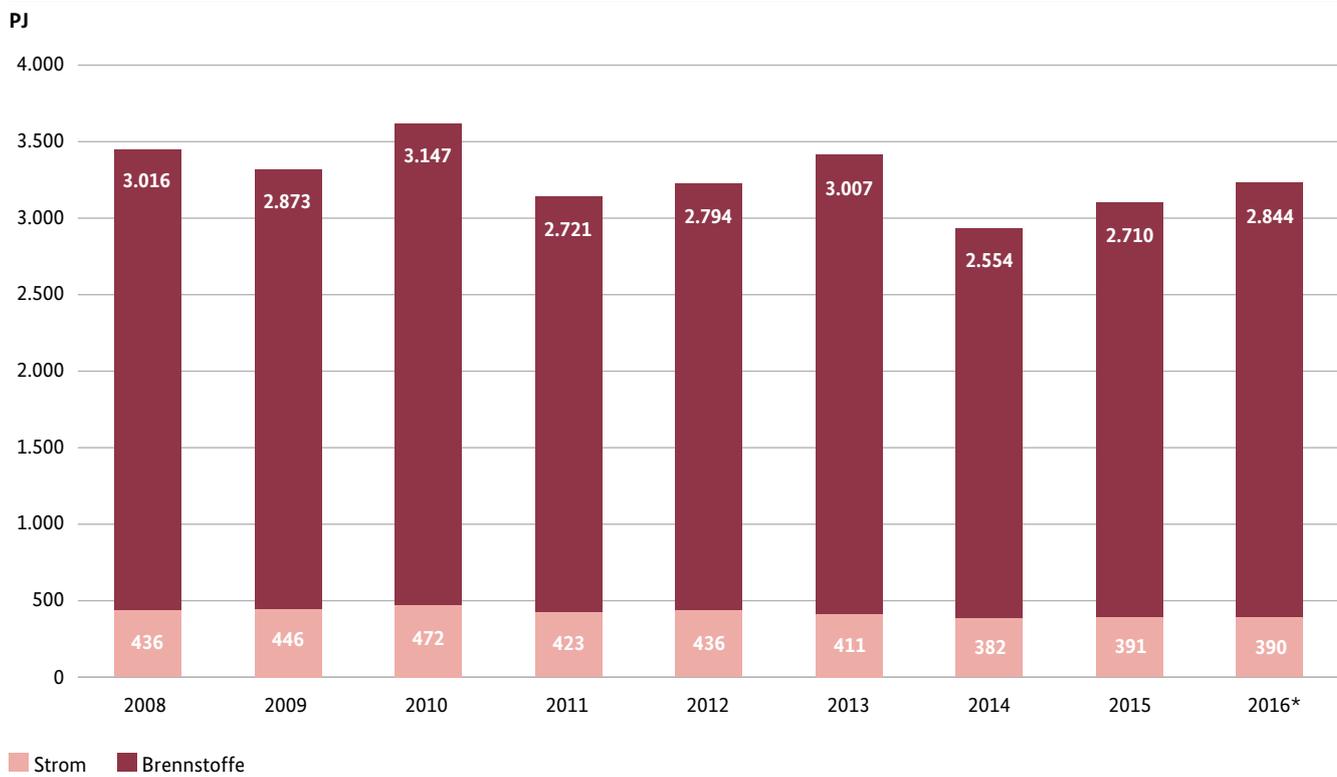


* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Berechnung des UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017; UBA, Emissionsbilanz, Stand 10/2017; UBA, CO₂-Emissionsfaktoren, Stand 09/2016

Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, die nach dem Verursacherprinzip ermittelt werden, summierten sich im Jahr 2016 auf insgesamt 215 Megatonnen CO₂. Dies entspricht rund 28,2 Prozent der energiebedingten CO₂-Emissionen. Seit 2008 sind sie um etwa 14,2 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt). Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen durch die Nutzung von Brennstoffen sanken gegen-

über 2008 um etwa 15,4 Prozent, während die CO₂-Emissionen durch Stromanwendungen um etwa 14,7 Prozent zurückgingen. Dies ist auf den Verbrauchsrückgang von Brennstoffen wie Mineralölprodukte und Kohle im Bereich der Raumwärme und des Warmwassers zurückzuführen sowie auf die CO₂-Einsparungen des Umwandlungssektors bei der Stromerzeugung.

Abbildung 45: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs

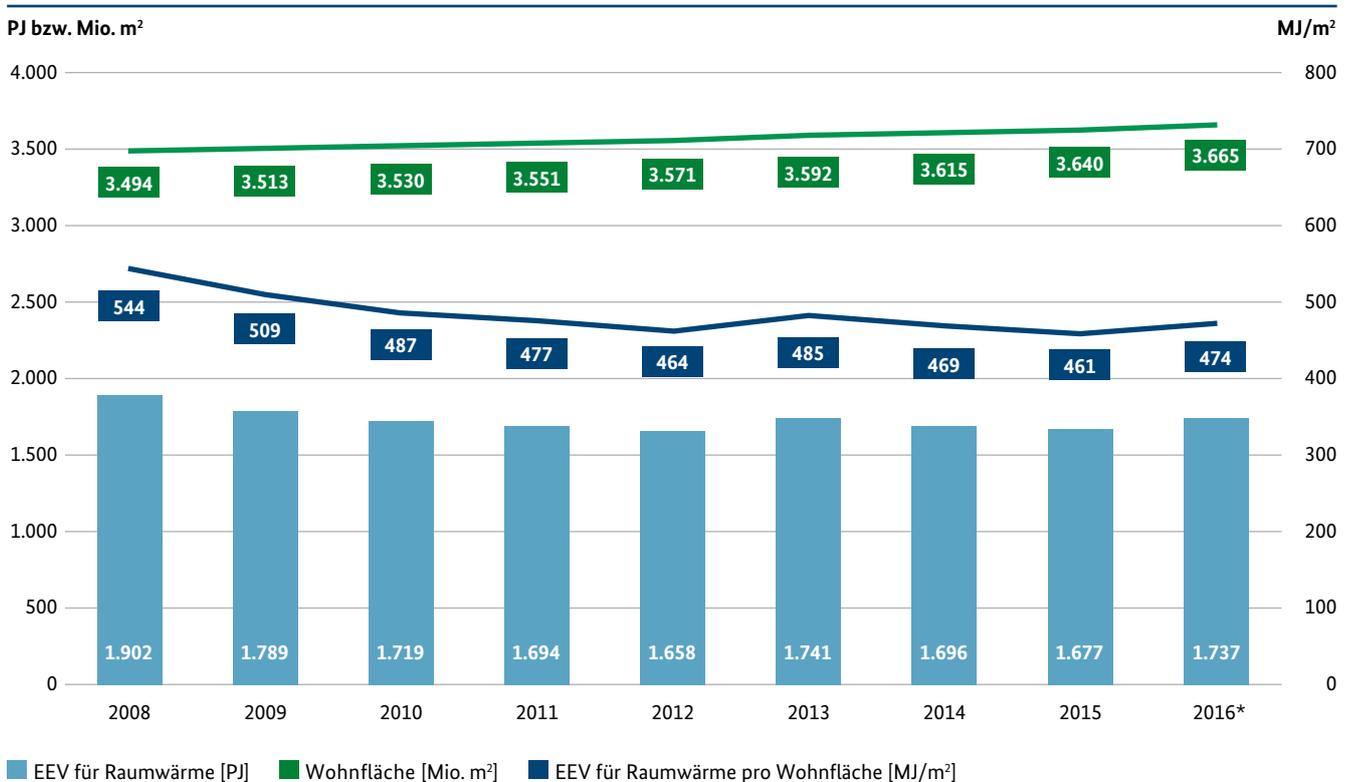
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 12/2017

3.19 Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme im Sektor private Haushalte (witterungsbereinigt)

Die Endenergieintensität (Raumwärme pro Wohnfläche) für Raumwärme im Sektor private Haushalte ist im Zeitraum von 2008 bis 2016 witterungsbereinigt um 12,9 Prozent gesunken.

Abbildung 46: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte (witterungsbereinigt)



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Projekt Temperaturbereinigung; BMWi, Energiedaten, 01/2018

Die Endenergieintensität gemessen an der Raumwärme pro Quadratmeter ist im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2016 witterungsbereinigt¹⁰ um 12,9 Prozent auf 474 MJ/m² gesunken. Dies spiegelt Effizienzverbesserungen in diesem Bereich wider, zumal die Wohnfläche im selben Zeitraum um 4,9 Prozent zunahm. Effektiv ging der Verbrauch somit um 166 PJ (8,7 Prozent) zurück. Hierzu trugen bessere energetische Standards bei Neubauten und die Sanierung

der Altbauten wesentlich bei. Der Trend zu mehr Haushalten und größeren Wohnflächen wirkt jedoch einer Senkung des absoluten EEV für Raumwärme entgegen. In 2016 ist der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch für Raumwärme im Vergleich zu 2015 leicht angestiegen. Dies könnte u. a. auf den Bevölkerungszuwachs in den letzten Jahren zurückzuführen sein.

10 Der Energieverbrauch wird witterungs- bzw. temperaturbereinigt, indem der tatsächliche Energieverbrauch, der durch die Außentemperatur beeinflusst ist, mit einem Korrekturfaktor multipliziert wird. Dieser Korrekturfaktor wird mit Hilfe von Gradtagzahlen, die für das aktuelle Jahr und für eine Vergleichsperiode ermittelt werden, gebildet.

4. Wirtschaftliche Impulse und Umwelteffekte

4.1 Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz

Von Energieeffizienzmaßnahmen gehen erhebliche gesamtwirtschaftliche Impulse aus. Energieeffizienzmaßnahmen führen in Deutschland insbesondere zu neuen Investitionen in den einzelnen Nachfragesektoren. Eine vollständige Abbildung der wirtschaftlichen Bedeutung der Energieeffizienz ist – wie auch in anderen Bereichen – schwierig, da detaillierte Daten zu Investitionen oftmals nur eingeschränkt vorliegen.¹¹

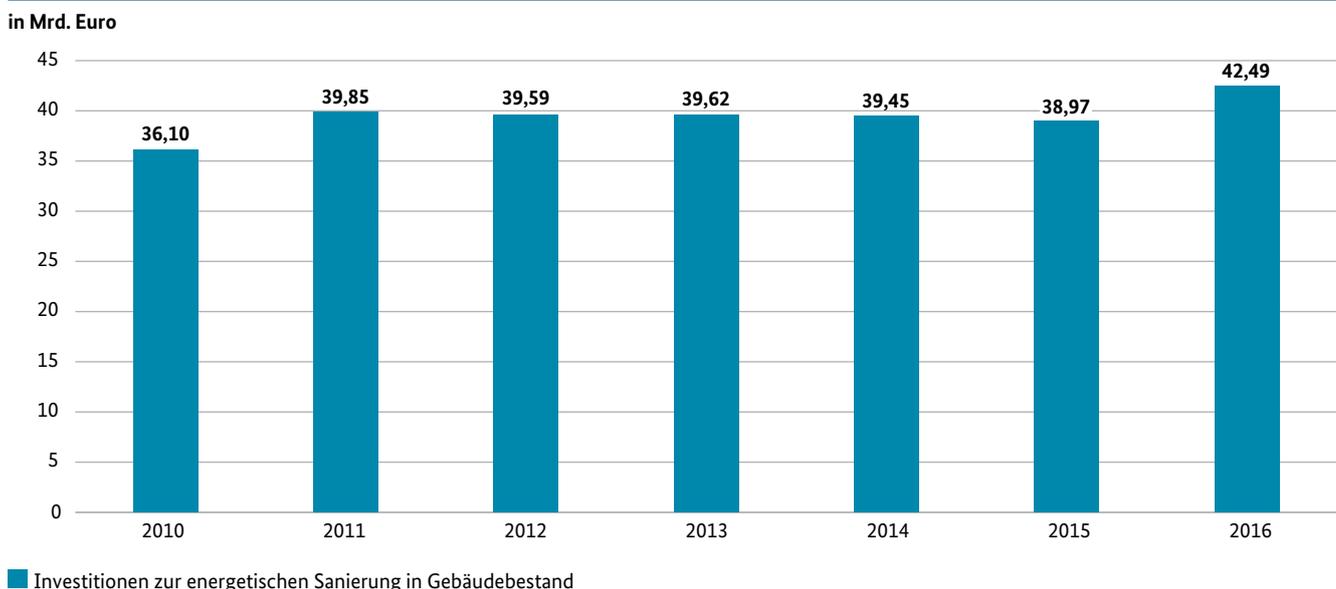
Um makroökonomische Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen quantifizieren zu können, werden hier deshalb ausgewählte, gut erfassbare Bereiche analysiert. Für diese Bereiche werden Investitionen, Umsätze und Beschäftigungseffekte, die auf Energieeffizienzmaßnahmen zurückzuführen sind, berechnet. Für zwei wichtige Bereiche lassen sich beispielsweise die Investitionen zur Steigerung der

Energieeffizienz genauer bestimmen: für die energetische Gebäudesanierung sowie die Steigerung der Energieeffizienz im Produzierenden Gewerbe (Blazejczak u. a. 2018).

Die Investitionen zur energetischen Gebäudesanierung beliefen sich im Zeitraum 2010 bis 2016 auf rund 40 Milliarden Euro jährlich. Dabei werden Maßnahmen zur Wärmedämmung (an Dach, Fassade etc.), der Austausch von Fenstern und Außentüren und die Erneuerung von Heizungen im Wohnungs- sowie im Nichtwohnungsbau erfasst.¹² Die Berechnungen basieren auf Daten der Bauvolumenrechnung des DIW Berlin (Gornig u. a. 2017).

Zusätzlich können auf Basis von Erhebungen des Statistischen Bundesamtes die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe für den Zeitraum 2006 bis 2014 angegeben werden (Destatis 2016).¹³ Diese Investitionen nehmen in der Tendenz zu, nur im Jahr 2014 waren sie mit rund 850 Millionen Euro leicht niedriger als 2013 (939 Millionen Euro).

Abbildung 47: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand 2010 bis 2016



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumenrechnung und Berechnungen des DIW Berlin; Investitionen zu Herstellungskosten, zu jeweiligen Preisen

11 Zur Methodik sowie Einschränkungen in der empirischen Basis siehe Blazejczak u. a. 2018.

12 Es wurde eine Bereinigung um Solarthermie- und Photovoltaikanlagen durchgeführt, da diese bereits im Bereich erneuerbare Energien erfasst werden.

13 Das Statistische Bundesamt erfasst Investitionen in Wärmetauscher, Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung, Wärmedämmung von Anlagen und Produktionsgebäuden, den Austausch der Heizungs- und Wärmetechnik durch umweltverträglichere oder alternative Techniken sowie effiziente Netze. Es werden die Wirtschaftszweige Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe, Energieversorgung sowie Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen erfasst.

Tabelle 6: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2016 in Mrd. EUR

	Investitionen zur energetischen Sanierung in Gebäudebestand	Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Produzierenden Gewerbe
2006	k. A.	0,13
2007	k. A.	0,37
2008	k. A.	0,59
2009	k. A.	0,57
2010	36,10	0,66
2011	39,85	0,65
2012	39,59	0,93
2013	39,62	0,94
2014	39,45	0,85
2015	38,97	k. A.
2016	42,49	k. A.

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung und Berechnungen des DIW Berlin sowie Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 09/2016; Investitionen zu Herstellungskosten, zu jeweiligen Preisen; k.A.: keine Angabe

4.2 Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

Die getätigten Investitionen sind in Deutschland mit nennenswerten positiven Beschäftigungswirkungen verbunden. Dabei spiegeln sich die bei den Investitionen in Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beobachteten Größenverhältnisse in den Beschäftigungswirkungen wider (Blazejczak u. a. 2018).

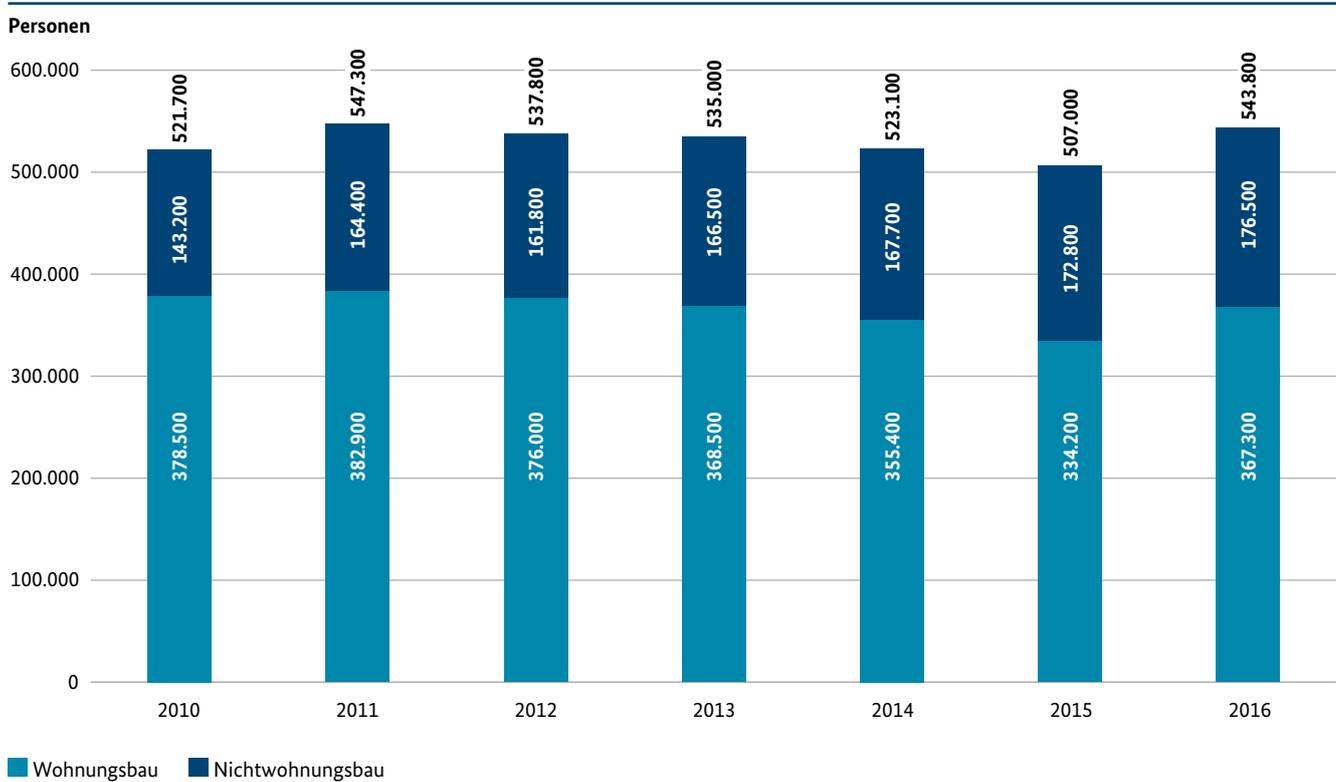
Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung schwankt im Zeitraum 2010 bis 2016 zwischen gut 500.000 und knapp 550.000 Personen.¹⁴ Im Jahr 2016 entfielen von den insgesamt fast 544.000 Personen 68 Prozent auf den Wohnungsbau (gut 367.000 Personen) und 32 Prozent auf den Nichtwohnungsbau (rund 177.000 Personen). Die Werte umfassen neben der direkten Beschäftigung auch die indirekte

Beschäftigung in den vorgelagerten Produktionsbereichen, beispielsweise für die Produktion von Dämmmaterial. Der Anteil der indirekten Beschäftigung an der insgesamt induzierten Beschäftigung beträgt im Jahr 2016 knapp 40 Prozent. Dies unterstreicht, dass die Berücksichtigung der indirekten Effekte ein umfassenderes Bild von der ökonomischen Bedeutung der energetischen Sanierung ermöglicht. Auf die Bauwirtschaft entfallen rund 290.000 Beschäftigte, das sind knapp 12 Prozent der dort arbeitenden Personen.¹⁵

Die Beschäftigung, die durch die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe ausgelöst wird, stieg im Zeitraum 2006 bis 2014 von 1.400 Personen auf 7.900 Personen. Den höchsten Wert erreichte sie im Jahr 2013 mit 9.000 Personen. Diese Werte enthalten ebenfalls neben der direkten Beschäftigung die indirekte Beschäftigung. Der Anteil der indirekten Beschäftigung betrug im Jahr 2014 rund 47 Prozent.

14 Bisher vorliegende Informationen zur Beschäftigung der energetischen Gebäudesanierung bezogen sich nur auf die Maßnahmen, die durch die Förderung der KfW angestoßen wurden. Hier ergab sich zuletzt ein deutlich niedrigeres Beschäftigungsvolumen (75.000 Personen in 2015). Die aus dem DIW-Bauvolumen abgeleiteten Maßnahmen umfassen alle energetischen Sanierungsmaßnahmen, auch nicht geförderte niederschwellige Maßnahmen im Bestand. Darüber hinaus werden sowohl der Wohnungs- als auch der Nichtwohnungsbau erfasst.

15 Die Beschäftigung wird mit einem nachfrageorientierten Schätzansatz ermittelt. Dabei bildet die Nachfrage nach Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz den Ausgangspunkt des Vorgehens. Zur Methode vgl. Blazejczak u. a. 2018.

Abbildung 48: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand im Zeitraum 2010 bis 2016

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung und Berechnungen des DIW Berlin

Tabelle 7: Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2016 in Personen

	Beschäftigung durch energetische Sanierung im Bestand	Beschäftigung durch Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe	Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen
2006	k. A.	1.400	k. A.
2007	k. A.	3.600	k. A.
2008	k. A.	5.000	k. A.
2009	k. A.	6.200	k. A.
2010	521.700	6.600	k. A.
2011	547.300	6.100	k. A.
2012	537.800	8.800	k. A.
2013	535.000	9.000	k. A.
2014	523.100	7.900	k. A.
2015	507.000	k. A.	43.500
2016	543.800	k. A.	k. A.

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 09/2016; Berechnungen des DIW; k. A.: keine Angabe

Energieeffizienzdienstleistungen – d. h. Dienstleistungen, die im Zusammenhang mit Maßnahmen stehen, die auf Verbesserungen der Energieeffizienz zielen – umfassen ein breites Spektrum von Aktivitäten entlang aller Umsetzungsstufen von Energieeffizienzprojekten, die von einer Vielzahl von wirtschaftlichen Akteuren in vielen verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft erbracht werden (Sprenger u. a. 2002, S. A-36 f. und BfEE 2017, S. 2). Oft stellen Energieeffizienzdienstleistungen dabei nur eine Teilaktivität der Anbieter dar. Im Jahr 2015 waren in den wichtigsten Geschäftsfeldern mit Energieeffizienzdienstleistungen mehr als 43.000 Personen beschäftigt. Allein auf das Energie-Contracting entfielen dabei knapp 30.000 Beschäftigte.¹⁶

Tabelle 8: Beschäftigung durch kommerzielle Energieeffizienzdienstleistungen im Jahr 2015

Geschäftsfeld	Beschäftigte Personen**
Information	2.200
Energieberatung*	10.200
Energie-Contracting*	29.600
Energie-Management	1.500
Zusammen	43.500

* Mittelwert (zwischen niedriger und hoher Schätzung)

** Gerundet auf nächste 100 Personen

Quelle: BfEE (2017) und Berechnungen des DIW Berlin

Die genannten Daten geben an, welche (Brutto-)Beschäftigungseffekte mit Energieeffizienzmaßnahmen verbun-

den sind. In einer Nettobetrachtung müssen von diesen Arbeitsplätzen die möglichen Arbeitsplatzverluste abgezogen werden, die sich ergeben können, wenn Investitionen unter Umständen aus anderen Wirtschaftszweigen in Energieeffizienz-relevante Bereiche umgelegt werden. Rein statistisch lassen sich diese Nettobeschäftigungswirkungen nicht ermitteln.¹⁷

4.3 Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz

Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen und die durch diese Investitionen ausgelösten Beschäftigungswirkungen sind wichtige Indikatoren für die wirtschaftliche Bedeutung der Energieeffizienz, können diese jedoch nicht umfassend abbilden. Beispielsweise geben sie keine Informationen über die zum Absatz bestimmte Produktion von Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz. Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz bilden daher eine wichtige Ergänzung der bisher dargestellten Indikatoren.¹⁸

Die Umsätze mit Gütern, die potenziell der Steigerung der Energieeffizienz dienen, betragen im Jahr 2016 20,6 Milliarden Euro. Der weit überwiegende Teil der Produktion entfällt auf das Teilssegment der **rationellen Energieverwendung** mit 18 Milliarden Euro, bei dem es sich im Wesentlichen um Güter handelt, die zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden beitragen. Das Teilssegment der **rationellen Energieumwandlung** wird maßgeblich geprägt durch Umsätze mit Gas- und Dampfturbinen, auf die im Jahr 2016 allein 2,3 Milliarden der insgesamt lediglich

- 16 Die Daten stützen sich auf eine Marktstudie der Bundesstelle für Energieeffizienz mit Fokus auf die Bereiche Energieberatung, Energie-Contracting, Energiemanagement sowie Informationsleistungen. Eine Reihe von Institutionen bieten Energieeffizienzdienstleistungen auch unentgeltlich an und wurden daher nicht erfasst. Dazu gehören insbesondere öffentliche Verwaltungen, Energieagenturen und Verbände. Auch die Energieeffizienzdienstleistungen, die im eigenen Unternehmen für eigene Zwecke erbracht werden, sowie diejenigen im Erziehungs- und Unterrichtswesen, bei den Finanz- und Versicherungsdienstleistungen sowie in der Forschung und Entwicklung gehen noch nicht in diese Zahl ein. Es ist jedoch ohne weitere Untersuchungen nicht möglich, belastbare Daten zur Beschäftigung in diesen Bereichen anzugeben. Die 43.500 Personen müssen daher als Untergrenze für die Beschäftigten in diesem Bereich angesehen werden.
- 17 Die Schätzung dieser Effekte erfordert Szenarienanalysen, die eine Entwicklung mit Energieeffizienzmaßnahmen einer hypothetischen Entwicklung ohne Energieeffizienzmaßnahmen gegenüberstellt. Die Differenz zwischen Anzahl der Arbeitsplätze in beiden Szenarien stellt den Nettoeffekt der Effizienzmaßnahme dar. Aktuelle Ergebnisse zu Nettobeschäftigungswirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen liegen derzeit nicht vor, hierzu sind weitere Forschungsarbeiten notwendig.
- 18 Die Ermittlung der Umsätze basiert auf einem angebotsorientierten bzw. güterwirtschaftlichen Ansatz. Für ausgewählte Güter können die entsprechenden Angaben der Produktionsstatistik entnommen werden. Als Nachteil des güterwirtschaftlichen Ansatzes wird in der Regel die Dual-use-Problematik der ausgewählten Waren angesehen. Nicht möglich ist die Abschätzung von indirekten Effekten, da für viele Güter nicht bestimmt werden kann, ob sie als Vorleistungen in andere Produkte eingehen oder der letzten Verwendung als Investitionsgüter, Güter des privaten Verbrauchs oder als Exportgüter zugeführt werden. Zur Methode siehe Blazejczak u. a. (2018) oder Gehrke und Schasse (2013).

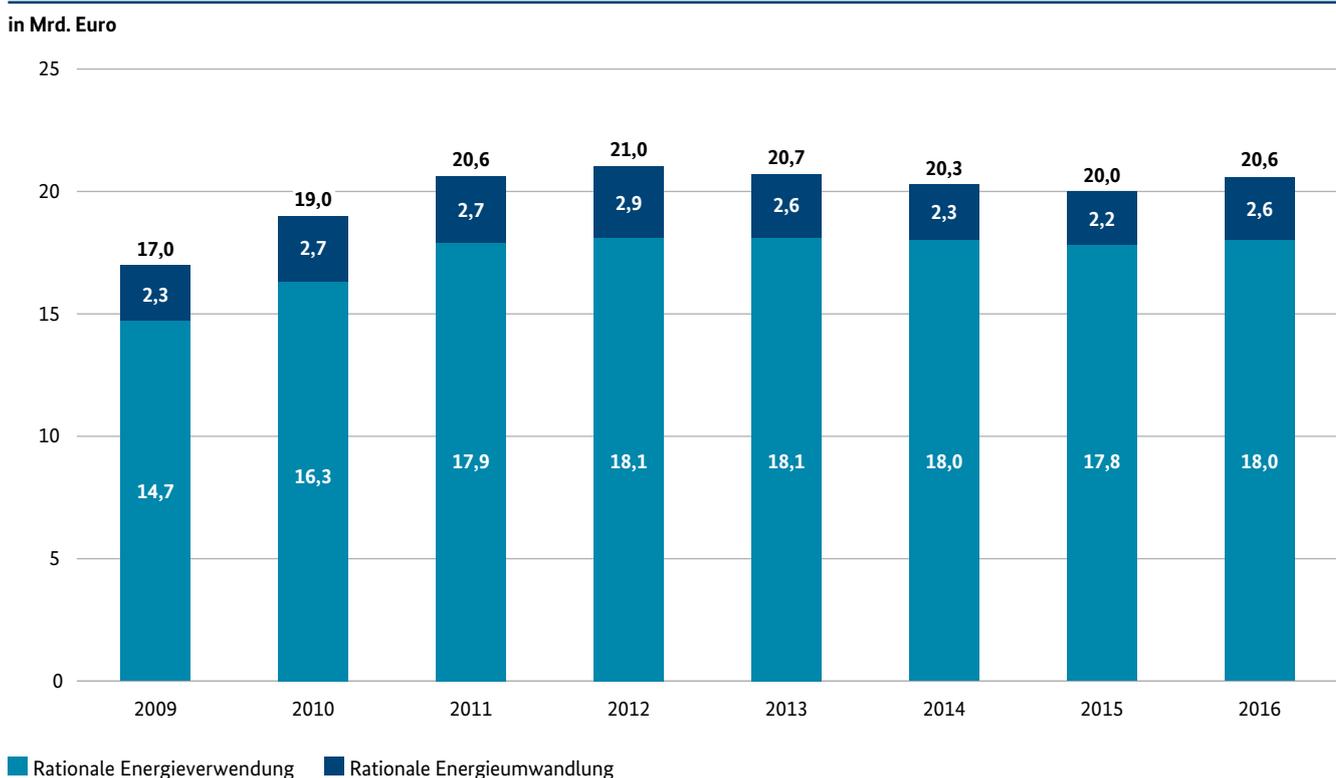
rund 2,6 Milliarden Euro dieses Teilssegments entfielen.¹⁹ In Abbildung 48 wird deutlich, dass Umsätze mit Gütern zur rationellen Energieverwendung eine weitaus größere Bedeutung haben.

Die Umsätze für die energetische Gebäudesanierung liegen im Zeitraum 2010 bis 2016 bei jährlich rund 70 Milliarden Euro und erreichen im Jahr 2016 73 Milliarden Euro. Sie liegen deutlich höher als die Investitionen, da in ihnen auch die zur Erstellung der Investitionen erforderlichen Vorleistungen (indirekte Produktionseffekte) enthalten

sind. Gleiches gilt für die Umsätze durch Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe, die im Jahr 2014 bei 1,2 Milliarden Euro lagen.

Mit Energieeffizienzdienstleistungen, die kommerziell über den Markt angeboten werden, wurden im Jahr 2015 gut 9 Milliarden Euro umgesetzt. Den Großteil daran hat das Energie-Contracting mit Umsätzen von 7,8 Milliarden Euro. Weitere wichtige Geschäftsfelder sind Informationsleistungen, höherschwellige Energieberatung sowie Energiemanagement.²⁰

Abbildung 49: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2009 bis 2016



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Produktionsstatistik; Berechnungen des CWS

19 Die Berechnungen basieren auf der gemeinsam von NIW und dem Statistischen Bundesamt entwickelten Liste potenzieller Umweltschutzgüter (Gehrke u. a. 2013).

20 Die Berechnungen stützen sich auf Ergebnisse einer Befragung der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE 2017).

Tabelle 9: Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2016 in Mrd. EUR

	Umsätze durch energetische Sanierung im Bestand (inkl. Wärmeisolation)	Umsätze durch Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe	Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz (ohne Wärmeisolation) nach NIW/Destatis-Liste	Umsätze mit kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen
2006	k.A.	0,20	k.A.	k.A.
2007	k.A.	0,54	k.A.	k.A.
2008	k.A.	0,78	k.A.	k.A.
2009	k.A.	0,86	3,28	k.A.
2010	62,94	0,97	3,64	k.A.
2011	70,08	0,96	3,67	k.A.
2012	68,55	1,35	3,85	k.A.
2013	68,30	1,37	3,55	k.A.
2014	67,83	1,23	3,30	k.A.
2015	67,00	k.A.	3,11	9,25
2016	73,06	k.A.	3,56	k.A.

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Berechnungen des DIW, Berlin und CWS, Hannover; k.A.: keine Angabe

4.4 Eingesparte Primärenergie erhöht die Versorgungssicherheit und senkt die Ausgaben für importierte Energieträger

Eine verbesserte Energieeffizienz und Reduzierungen im Energieverbrauch senken die Nachfrage nach Primärenergieträgern, die zur Energieerzeugung und -nutzung aus dem Ausland importiert werden müssen. Ohne die Erfolge im Bereich der Energieeffizienz wären in Deutschland die Ausgaben für diese Primärenergieimporte höher ausgefal-

len. 2016 hat Deutschland 11.757 PJ und damit 87 Prozent des Primärenergieverbrauchs importiert. Bei den fossilen Energieträgern liegt die Nettoimportquote noch höher.

Vermiedene Energieimporte im Zuge höherer Energieeffizienz und zusätzliche im Inland produzierte Energie aus erneuerbaren Energieträgern können private Haushalte und Unternehmen finanziell entlasten und Raum für anderweitige Konsum- und Investitionsausgaben schaffen. Die Höhe der Kostenentlastung hängt dabei auch von

Tabelle 10: Primärenergieimporte

	Netto-Importquote bezogen auf den Primärenergieverbrauch	Anteil am Primärenergieverbrauch 2016	Anteil an der Bruttostromerzeugung 2016
Steinkohle	94,1 %	12,3 %	17,2 %
Uran	100,0 %	6,9 %	13,0 %
Erdgas	91,2 %	22,5 %	12,5 %
Mineralöl	97,6 %	34,0 %	5,8 %

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 07/2017

den aktuellen Preisen der importierten Energieträger ab. Wenn Unternehmen auf kostengünstige, effizientere Anlagen umrüsten, schützen sie das Klima, und können langfristig Energiekosten sparen und mögliche wirtschaftliche Unsicherheiten, die von schwankenden Öl- und Gaspreisen ausgehen, reduzieren (BMUB 2017). Es ist davon auszugehen, dass die Einsparungen bei Energieimporten die bestehenden Überschüsse der Handels- und Leistungsbilanz Deutschlands nicht wesentlich verstärkt haben.

Die Sicherstellung der Versorgungssicherheit ist eines der zentralen Ziele der angestrebten Europäischen Energieunion.²¹ Energieeffizienz stärkt langfristige die Versorgungssicherheit in Europa, und kann auch kurzfristig zur Reduzierung des täglichen Spitzenlastbedarfs und damit zur Flexibilisierung der Energiesysteme beitragen.

Die Versorgungssicherheit wird anhand verschiedener Indikatoren gemessen. Je höher der Wert liegt, desto höher ist die Versorgungssicherheit. Die meisten EU-Mitgliedsstaaten zeichnen sich durch eine hohe Versorgungssicherheit aus. Für Gas liegt der deutsche Indikator zum Beispiel bei 180 Prozent, der britische bei 110 Prozent und Frankreichs Indikator bei 130 Prozent (Europäische Kommission 2014). Die gute Versorgungssicherheit ist zu einem großen Teil auf Effizienzgewinne zurückzuführen. Wenn es seit dem Jahr 2000 keine Verbesserung der Energieeffizienz in den drei größten europäischen Gasversorgungsunternehmen gegeben hätte, läge der deutsche N-1-Indikator bei nur 128 Prozent (ENTSOG 2017).

In den kommenden Jahren wird Deutschland voraussichtlich nicht nur bei den Energieträgern Uran und Erdöl, sondern auch bei Erdgas und Steinkohle fast vollständig auf Importe angewiesen sein (UBA 2017d). Um die Versorgungssicherheit zu erhöhen, müssen daher die Abhängigkeit von den importierten Energieträgern verringert und die Lieferländer und Transportstrukturen diversifiziert werden. Denn Energieimporte können je nach Herkunftsland mit Risiken verbunden sein. Diese umfassen sowohl den Ausfall eines Produzenten durch Katastrophen oder Krieg (Mengenrisiken) als auch Preisrisiken in Form von unerwarteten Preisanstiegen. Erneuerbare Energien können die Abhängigkeiten deutlich reduzieren (BMW 2017c).

4.5 Vermiedene Emissionen und Umweltschäden

Effizienzsteigerungen im Energiesektor als auch in den Endverbrauchssektoren tragen dazu bei, dass Gesundheits- und Umweltschäden, die durch die Verbrennung von vor allem fossilen Energien verursacht werden, vermieden werden. Im Rahmen der Diskussionen um Umweltschäden werden vor allem der Klimawandel und seine Folgen diskutiert. Wissenschaftler erwarten, dass Starkregenereignisse und Stürme auf der einen und Hitzerekorde und Trockenheit auf der anderen Seite stark zunehmen werden. Für Deutschland werden neben den beschriebenen Wetterveränderungen auch längere Phasen mit Pollenflug und eine Zunahme von durch Insekten übertragenen Krankheiten prognostiziert (UBA 2010). Anhaltende Warmwetterperioden können zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen und belasten vor allem ältere Personen und Kleinkinder und können zu Hitzetoten führen (UBA 2010). Überflutungen, Starkregen, Stürme und Dürreperioden haben auch wirtschaftliche Auswirkungen auf Vermögenswerte wie zum Beispiel Immobilien und die Landwirtschaft (Schaller und Weigel, 2007). Für Europa beobachtet die Münchner Rückversicherung einen signifikanten Anstieg der Schäden durch zum Beispiel schwere Gewitter und schwere Hagelschläge (Munich Re 2017). In einem Schwergewitter im Juli 2013 entstand durch Hagel ein Gesamtschaden von 4,6 Milliarden Euro in Deutschland (Munich Re 2017).

Treibhausgasemissionen gehen häufig mit der Emission anderer Partikel, wie zum Beispiel Stickstoffdioxid (NO_2), einher. Stickstoffdioxid führt als starkes Oxidationsmittel zu Entzündungsreaktionen in den Atemwegen und verstärkt die Reizwirkung anderer Luftschadstoffe zusätzlich (UBA 2013). In der Folge leiden mehr Menschen an Atemwegserkrankungen. Auch eine Zunahme der Herz-Kreislauf-Erkrankungen und der Sterblichkeit kann beobachtet werden. Als Vorläufersubstanz des Feinstaubes erhöht NO_2 die Herz-, Kreislauf- und Atemwegserkrankungen in der Bevölkerung und verkürzt die Lebenserwartung (UBA 2013). NO_2 ist auch eine Vorläufersubstanz für bodennahes Ozon, das die Schleimhäute, die Atemwege und Augen sowie Pflanzen und Ökosysteme schädigt (UBA 2013). Stickstoffmonoxid (NO) wird mit dem Blut weit im Körper verteilt und beeinflusst die Blutgefäßspannung. NO ist auch ein körpereigen gebildeter Botenstoff, so dass von außen zugeführte NO -Mengen in diese Regelungsmechanismen eingreifen und stören können (UBA 2013).

21 Siehe hierzu Europäische Kommission unter <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/building-energy-union>.

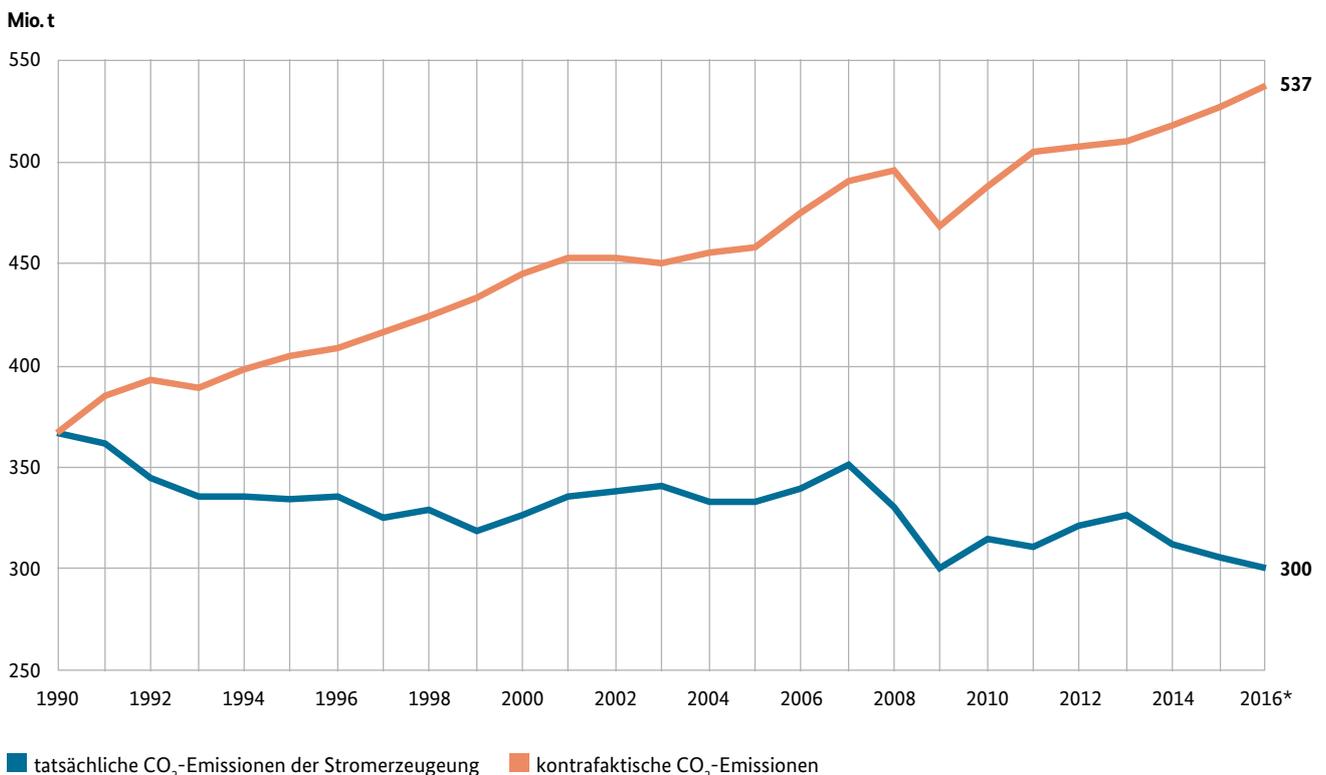
Durch Effizienzsteigerungen im Energie- als auch in den Verbrauchssektoren können diese Umweltschäden vermieden werden. Die Folgen des Klimawandels auf die natürliche Umwelt und den Menschen werden von verschiedenen Wissenschaftlern weltweit als Kosten abgebildet; in Deutschland gibt das Umweltbundesamt die Methodenkonvention heraus, in der die Klimakosten beziffert werden. Diese Konvention wird aktuell überarbeitet.²²

Nach bisherigen Schätzungen beläuft sich die Summe der vermiedenen Umweltschäden für 2016 auf rund 34 Milliarden Euro (UBA 2012). Neben der Steigerung der Energieeffizienz haben auch Veränderungen des Energiemix, der zunehmend aus Energieträgern mit geringeren CO₂-Emissionen zusammengesetzt ist, dazu beigetragen.

Abbildung 50 zeigt die eingesparten Emissionen der Stromerzeugung durch die gesteigerte Energieeffizienz in Deutschland. Wären seit 1990 keine Effizienzsteigerungen realisiert worden und wäre der CO₂-Ausstoß stattdessen der wirtschaftlichen Entwicklung gefolgt, hätte Deutschland für die Herstellung des Bruttoinlandsprodukts 2016 durch den dann höheren Stromverbrauch bei gleichem Energieträgermix wie 1990 211 Millionen Tonnen mehr emittiert.

Einerseits hat der Umwandlungssektor seinen Kohlendioxidausstoß durch Effizienzsteigerungen und einen veränderten Primärenergiemix reduziert. 1990 wurden 761 Gramm CO₂ pro erzeugte kWh Strom emittiert. 2016 lag dieser Emissionsfaktor bei 527 g/kWh. Andererseits nutzen die Endenergiesektoren den Strom effizienter (siehe oben).

Abbildung 50: Kontrafaktische CO₂-Emissionen der Stromerzeugung bei gleichbleibendem Emissionsfaktor



* vorläufige Angaben

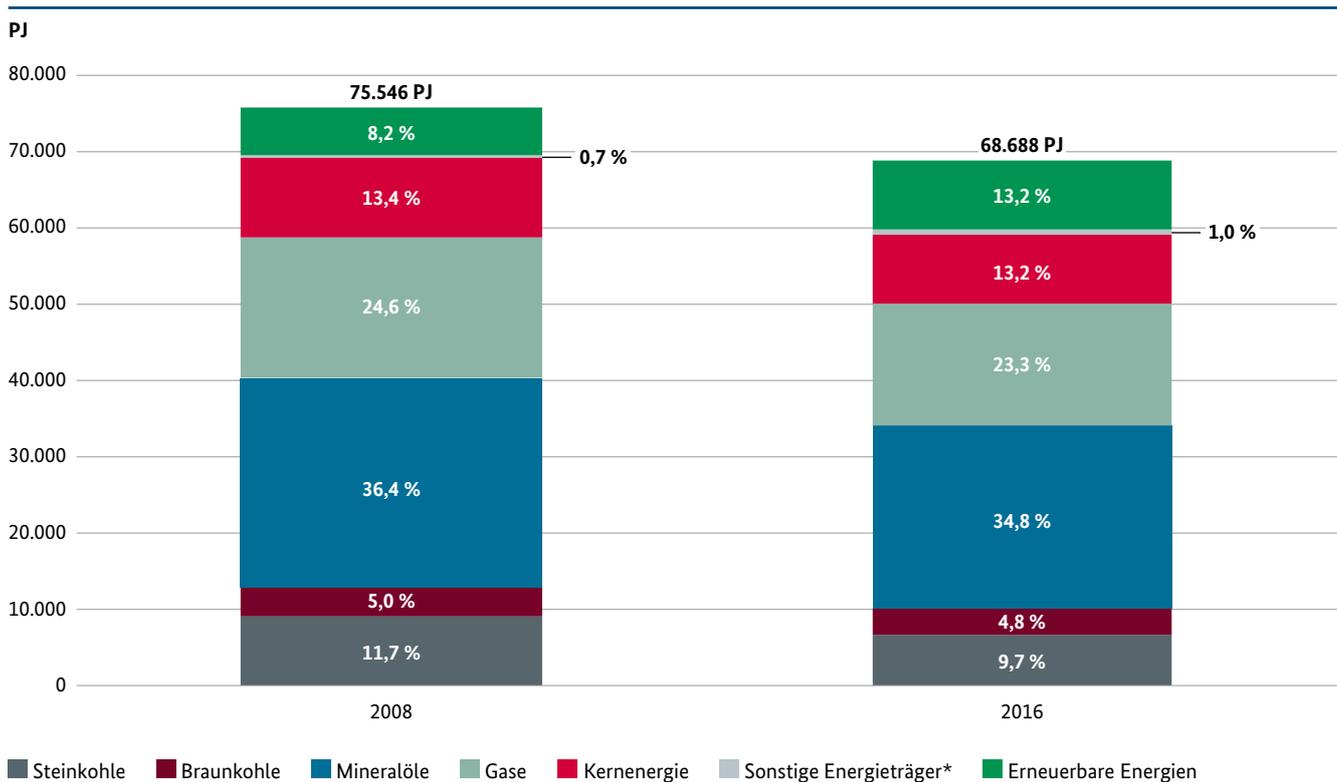
Quelle: UBA-Berechnung auf Basis UBA, Strommix, Stand 05/2017; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 08/2017

22 Die neueren wissenschaftlichen Ergebnisse zeigen, dass der Trend bei den Klimakosten nach oben geht. So hat z. B. der Weltklimarat IPCC in seinem 5. Sachstandsbericht einen Wert von 173,5 EUR/t CO₂ angegeben (für 1 Prozent Zeitpräferenzrate und Umrechnung US-Dollar 2014 in Euro 2016). Um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen, verwenden wir bis zur Veröffentlichung der Methodenkonvention 3.0 (voraussichtlich im 1. HJ 2018) den oberen Wert des in der Methodenkonvention 2.0 angegebenen Intervalls von 120 Euro im Jahr 2010. Fortgeschrieben auf das Jahr 2016 und preisbereinigt (Konsumentenpreisindex des Statistischen Bundesamts) ergibt das einen Wert von 159 EUR/t CO₂.

5. Primär- und Endenergieverbrauch in der Europäischen Union

Die EU-28 hat von 2008 bis 2016 den Primärenergieverbrauch um 6.858 PJ reduziert und die Primärenergieproduktivität um 15,8 Prozent gesteigert. Im selben Zeitraum ging der europäische Endenergieverbrauch um 3.007 PJ zurück und die Endenergieproduktivität der EU-28 stieg um 12,1 Prozent.

Abbildung 51: Primärenergieverbrauch der EU nach Energieträgern 2008 und 2016



* Sonstige Energieträger: Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme, Strom- und Fernwärmeaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Eurostat, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 02/2018

Der Primärenergieverbrauch²³ der Europäischen Union (EU) ist zwischen 2008 und 2016 um 6.858 PJ (9,1 Prozent) gesunken. Die Zahlen des Statistischen Amtes der Europäischen Union (Eurostat, Stand 02/2018) zeigen, dass Deutschland den Primärenergieverbrauch im selben Zeitraum nur um 5,9 Prozent reduzieren konnte. Der europäische Verbrauchsrückgang ist vor allem auf einen Rückgang der Energieintensität zurückzuführen, d.h. durch den allgemeinen technischen Fortschritt und gezielte Energieeffi-

zienmaßnahmen auf nationaler und europäischer Ebene (bspw. Ökodesign-Richtlinie, Gebäude-Richtlinie, Energieeffizienz-Richtlinie). Dies trägt dazu bei, dass heute weniger Primärenergie als in der Vergangenheit benötigt wird, um den gleichen wirtschaftlichen Ertrag zu realisieren. Im geringeren Umfang haben auch Effizienzgewinne im Umwandlungssektor zu Primärenergieeinsparungen beigetragen (Europäische Kommission 2017).

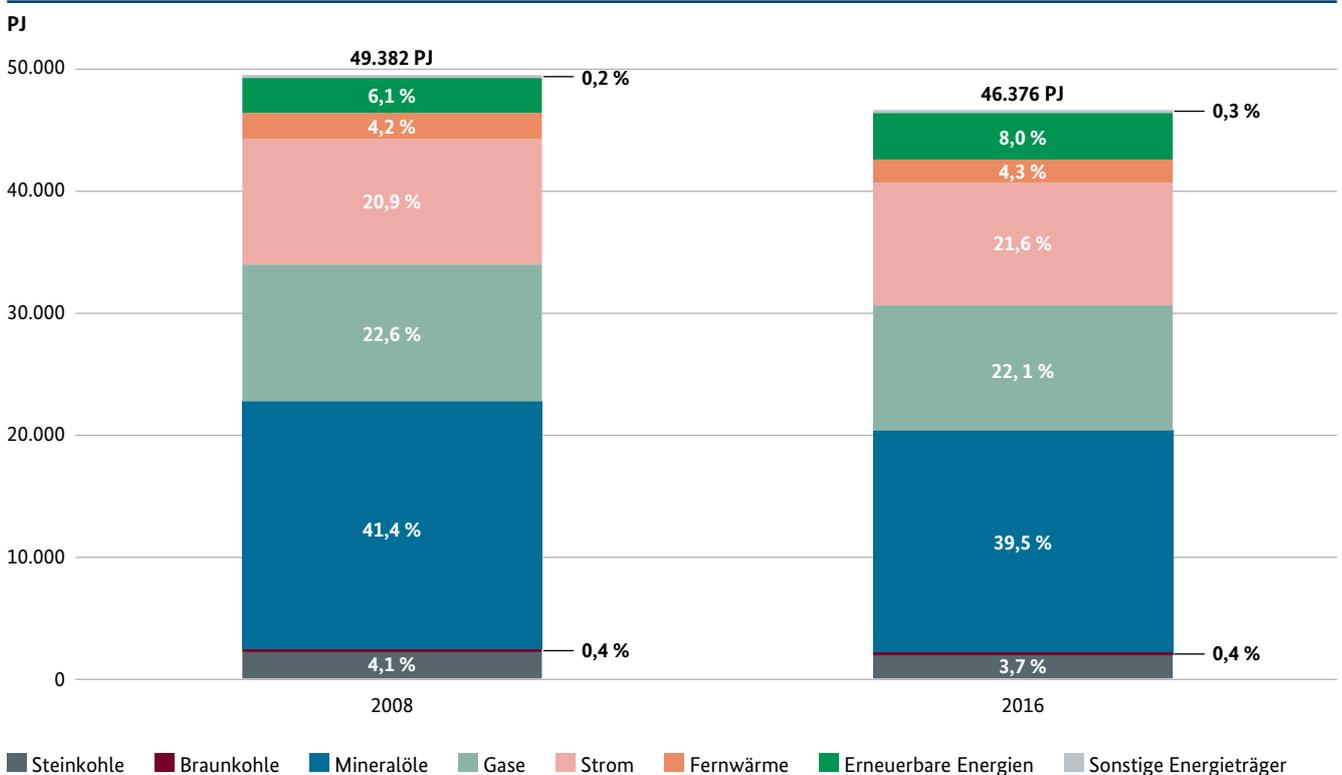
23 Die Ermittlung des Primärenergieverbrauchs durch Eurostat unterscheidet sich methodisch zu dem Vorgehen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanz (bzgl. nicht-energetischen Verbräuchen). Dementsprechend unterscheidet sich der von Eurostat ausgewiesene PEV für Deutschland im Jahr 2016 (13.283 PJ) um 168 PJ gegenüber dem ermittelten PEV der AGEB (13.451 PJ). Gleiches gilt für den Endenergieverbrauch. Der EEV Deutschlands der AGEB liegt mit 9.152 PJ rund 90 PJ über dem Wert von Eurostat für Deutschland (9.062 PJ).

Die wichtigsten Primärenergieträger der EU waren im Jahr 2016 mit einem Anteil von 34,8 Prozent Mineralöle (23.902 PJ), gefolgt von Gasen (23,3 Prozent bzw. 16.034 PJ) und Kernenergie (13,2 Prozent bzw. 9.073 PJ). Erneuerbare Energien kamen 2016 auf einen Anteil von 13,2 Prozent (9.069 PJ) und lagen damit vor der Steinkohle (9,7 Prozent bzw. 6.636 PJ) und der Braunkohle (4,8 Prozent bzw. 3.284 PJ). Deutschland war im Jahr 2016 für 43,3 Prozent des europäischen Braunkohleverbrauchs verantwortlich, der mit relativ hohen Umwandlungsverlusten verbunden ist. Die sonstigen Energieträger machten 0,9 Prozent (191 PJ) des Primärenergieverbrauchs der EU aus.

Gegenüber 2008 steigerte sich der Primärenergieverbrauch aus erneuerbaren Energien der EU-28 um 2.847 PJ (+45,8 Prozent) bis 2016. Dagegen reduzierte sich im gleichen Zeitraum die Nachfrage nach fossilen Primärenergieträgern

in der EU: Mineralöl -13,1 Prozent, Braunkohle -13,5 Prozent, Gase -13,7 Prozent und Steinkohle -25 Prozent. Die Kernenergie trug 2016 -10,4 Prozent weniger als 2008 zum Primärenergieverbrauch der EU bei. Davon sind 687 PJ auf Kernkraftwerke zurückzuführen, die in diesem Zeitraum in Deutschland vom Netz gingen. Zum Rückgang der Kernenergie haben aber bspw. auch Frankreich (-392 PJ) und Litauen (-109 PJ) beigetragen. In Ungarn und Großbritannien hat die Kernenergie dagegen an Bedeutung gewonnen. Dieser Wandel im Primärenergiemix der EU – weg von fossilen Brennstoffen und der Kernenergie, hin zu erneuerbaren Energien – führte aufgrund berechnungsmethodischer Vorgaben in der europäischen Energiebilanz ebenfalls zu einem sinkenden Primärenergieverbrauch (Eurostat 1998) (siehe auch Informationsbox 3: „Wandel des Primärenergiemix“).

Abbildung 52: Endenergieverbrauch der EU nach Energieträgern 2008 und 2016



Der Endenergieverbrauch der EU-28 reduzierte sich im Zeitraum 2008 bis 2016 um 3.007 PJ bzw. 6,1 Prozent auf 46.376 PJ. Die europäische Energiebilanz weist für Deutschland im gleichen Zeitraum eine Reduzierung um lediglich 0,5 Prozent aus. Wie im Bereich des Primärenergieverbrauchs wirkten sich vor allem der Rückgang der Energieintensität durch den technischen Fortschritt und Energieeffizienzmaßnahmen positiv auf den europäischen Endenergieverbrauch aus. Darüber hinaus wirkten strukturelle Veränderungen in der Wirtschaft verbrauchssenkend, da die energieintensiven Wirtschaftszweige in der EU an Bedeutung verlieren und energieeffizientere Wirtschaftssektoren einen höheren Beitrag zum BIP leisten. Auch die milderen Winter der vergangenen Jahre trugen zu dem Rückgang bei (Europäische Kommission 2017).

Im Endenergiemix der EU-28 dominieren Mineralölprodukte mit 39,5 Prozent (18.302 PJ) aufgrund ihrer Bedeutung im Verkehrssektor. Erdgas (22,1 Prozent bzw. 10.269 PJ) und Strom (21,6 Prozent bzw. 10.023 PJ), erneuerbare Energien (8 Prozent bzw. 3.724 PJ), die Fernwärme (4,3 Prozent bzw. 2.007 PJ) und die Steinkohle (3,7 Prozent bzw. 1.728 PJ) ergänzen den Endenergiemix. Die Braunkohle (0,4 Prozent bzw. 158 PJ) und sonstige Energieträger (0,3 Prozent bzw. 158 PJ) haben geringe Anteile am Endenergieverbrauch.

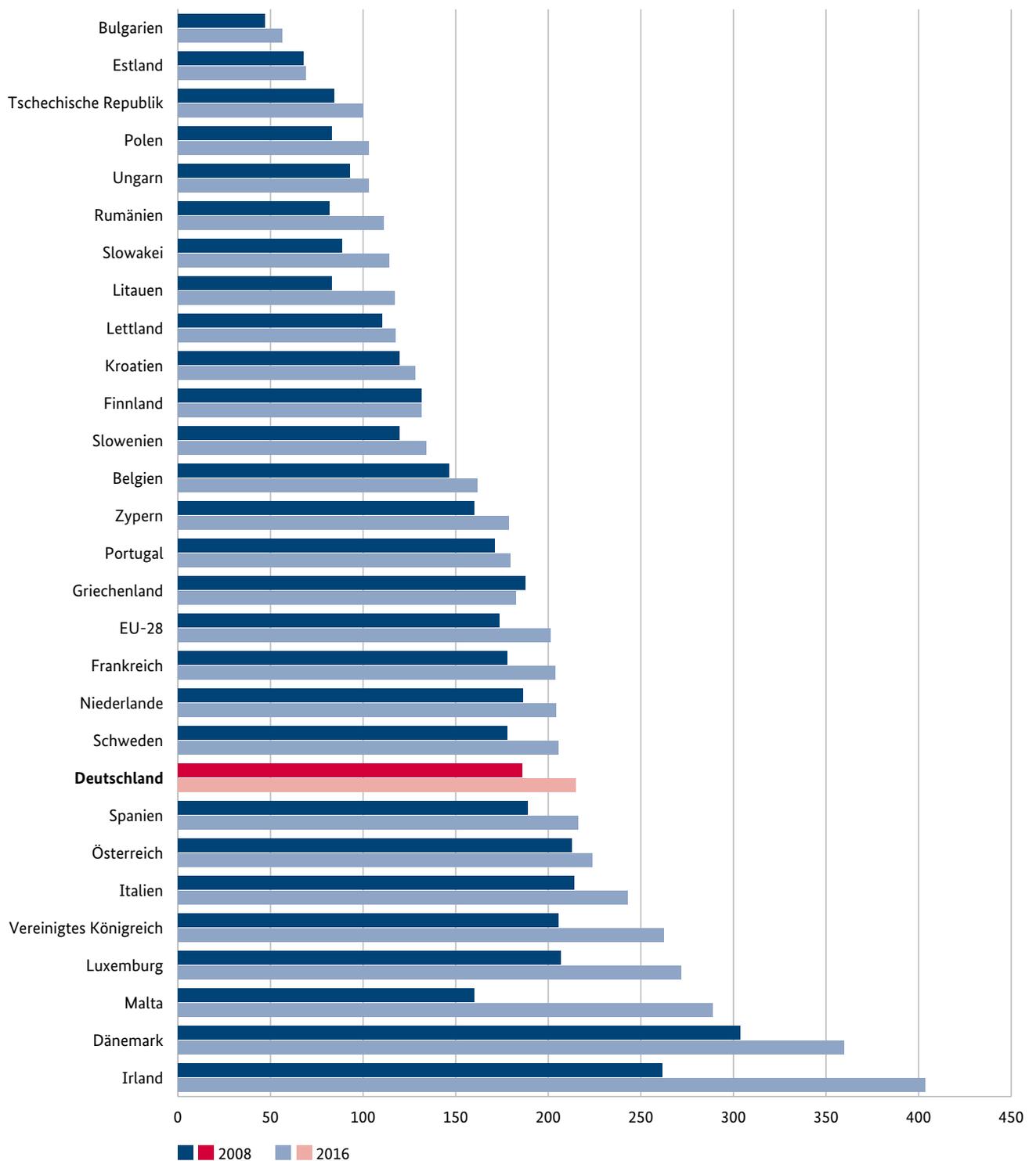
Die EU-28 konnte von 2008 bis 2016 vor allem die Nachfrage nach fossilen Endenergieträgern reduzieren: Braunkohle -15,9 Prozent, Steinkohle -14,8 Prozent, Mineralöl -10,5 Prozent und Gase -8 Prozent. Außerdem wurde der Bedarf an den Sekundärenergieträgern wie Fernwärme (-4,2 Prozent) und Strom (-2,8 Prozent) gesenkt. Dagegen stieg die Nachfrage nach erneuerbaren Energien um 22,6 Prozent. Ebenfalls stark gewachsen, aber von einem sehr geringen Niveau kommend, sind die sonstigen Energieträger (+65,4 Prozent) wie z. B. nicht erneuerbare Industrie- und Haushaltsabfälle.

Die Zahlen von Eurostat zeigen, dass in Deutschland die Primärenergieproduktivität im Jahr 2016 gegenüber 2008 um 15,5 Prozent gesteigert werden konnte. Diese Verbesserung ist vergleichbar mit der Entwicklung der Primärenergieproduktivität der EU-28 (+15,8 Prozent).

Im Bereich der Endenergie ist eine ähnliche Entwicklung feststellbar. Zwischen 2008 und 2016 ist die europäische Endenergieproduktivität um 12,1 Prozent gestiegen. Die Differenz zur Primärenergieproduktivität ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor zurückzuführen, die im Indikator Endenergieproduktivität nicht berücksichtigt werden.

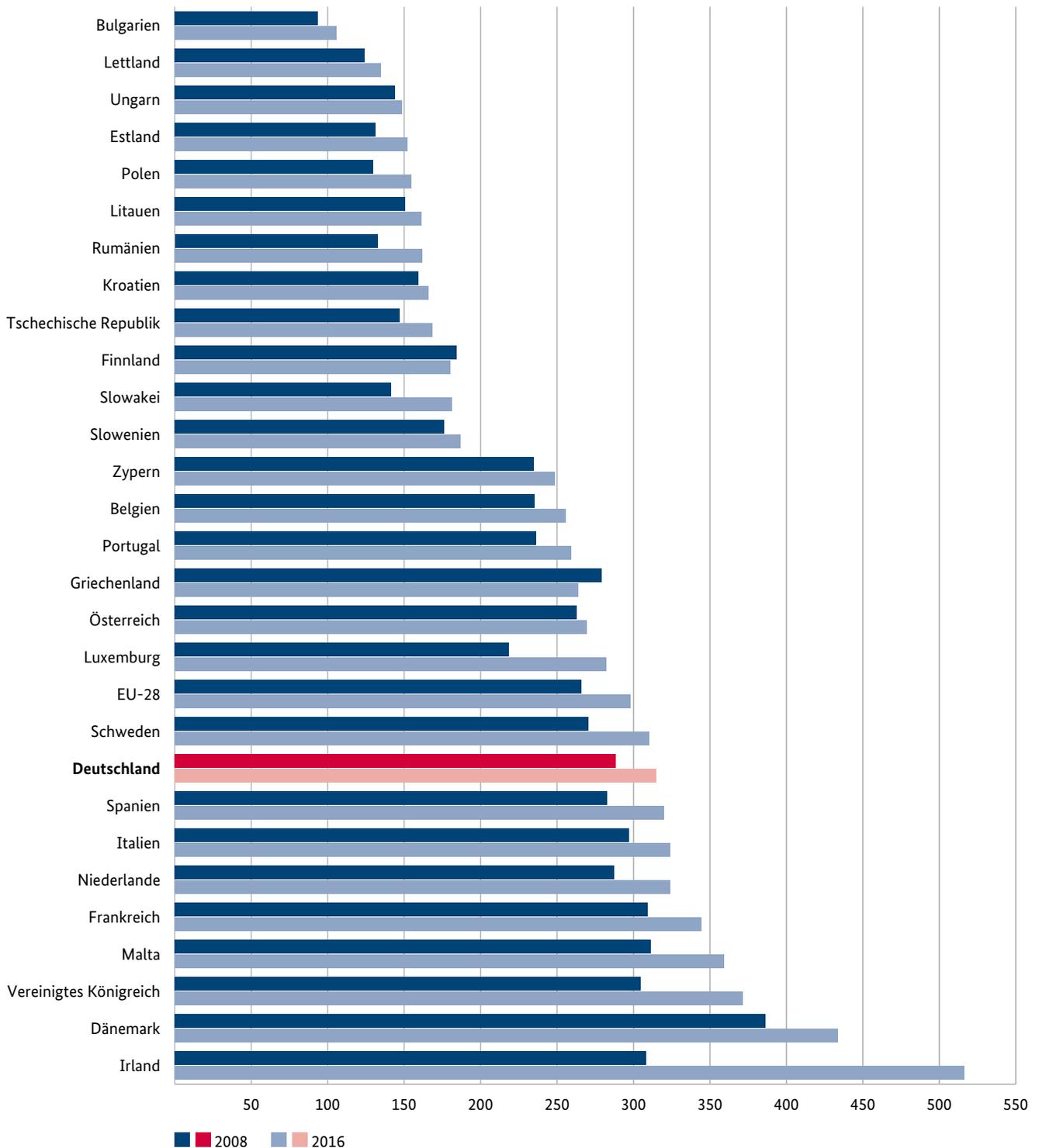
In Deutschland konnte die Endenergieproduktivität gemäß Eurostat um lediglich 9,3 Prozent zwischen 2008 und 2016 gesteigert werden. Die unterdurchschnittliche Entwicklung der deutschen Endenergieproduktivität im Vergleich zum europäischen Mittel lässt sich unter anderem auf die unterschiedliche wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland zurückführen. So ist das preisbereinigte BIP der Bundesrepublik zwischen 2008 und 2016 um 6,3 Prozent gestiegen. Die Wirtschaftsleistung der EU stieg dagegen nur um 3,2 Prozent. Die schwächere Konjunktur der EU hat dazu geführt, dass die europäische Industrie einen Rückgang ihrer Umsätze um 0,2 Prozent gegenüber 2008 zu verzeichnen hatte. Die deutsche Industrie konnte ihre Umsätze im gleichen Zeitraum dagegen um 4,1 Prozent steigern (Eurostat 2018). Somit wirkte sich die höhere Energienachfrage des deutschen Industriesektors verhältnismäßig stark auf die deutsche Endenergieproduktivität im Vergleich zum europäischen Mittel aus.

Abbildung 53: Europäischer Vergleich der Primärenergieproduktivität (in Mio. EUR/PJ)*



* berechnet mit BIP in Preisen von 2010

Abbildung 54: Europäischer Vergleich der Endenergieproduktivität (in Mio. EUR/PJ)*



* berechnet mit BIP in Preisen von 2010

Glossar

- Bruttoinlandsprodukt (BIP)** Das Bruttoinlandsprodukt misst den Wert der im Inland erwirtschafteten Leistung in einer bestimmten Periode (Quartal, Jahr).
- BIP preisbereinigt, verkettet** Das preisbereinigte BIP wird durch das Herausrechnen von Preiseinflüssen ermittelt. Dies geschieht durch das Konstanthalten von Preisen eines bestimmten Basisjahres in der fortlaufenden volkswirtschaftlichen Rechnung. Ein Kettenindex ergibt sich aus der Multiplikation von Teilindizes, die sich jeweils auf das Vorjahr beziehen und somit ein jährlich wechselndes Wägungsschema haben. Er wird auf ein Referenzjahr bezogen und gibt für das jeweilige Berichtsjahr an, wie sich das preisbereinigte Wirtschaftswachstum seit dem Referenzjahr entwickelt hat.
- Bruttowertschöpfung** Die Bruttowertschöpfung wird durch Abzug der Vorleistungen von den Produktionswerten errechnet; sie umfasst also nur den im Produktionsprozess geschaffenen Mehrwert. Die Bruttowertschöpfung ist bewertet zu Herstellungspreisen, das heißt ohne die auf die Güter zu zahlenden Steuern (Gütersteuern), aber einschließlich der empfangenen Gütersubventionen.
- Beim Übergang von der Bruttowertschöpfung (zu Herstellungspreisen) zum Bruttoinlandsprodukt sind die Nettogütersteuern (Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen) hinzuzufügen, um zu einer Bewertung des Bruttoinlandsprodukts zu Marktpreisen zu gelangen.
- Effizienz** Effizienz ist das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. Energieeffizienz ist das Verhältnis zwischen einer Dienstleistung oder einem anderen Nutzen (bspw. BWS oder BIP) zur eingesetzten Energie. Die Energieeffizienz wird gesteigert, wenn der Nutzen gleich bleibt, aber der dazu benötigte Energieaufwand verringert wird oder wenn bei gleichbleibendem Energieeinsatz der Nutzen gesteigert wird.
- Endenergieverbrauch** Als Endenergieverbrauch (EEV) wird die Verwendung von Energieträgern ausgewiesen, die nach Abzug von Umwandlungs- und Leitungsverlusten, des Eigenverbrauchs des Umwandlungssektors sowie des nicht-energetischen Verbrauchs von der eingesetzten Primärenergie übrig bleibt und unmittelbar zur Erzeugung von Nutzenergie dient. Der EEV setzt sich zusammen aus den Energieeinsätzen der Sektoren Industrie; Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD); Verkehr und (private) Haushalte.
- Energieintensität** Die Energieintensität ist der Kehrwert der Energieproduktivität. Sie ist ein Maß dafür, wie viel Energie eingesetzt wird pro Bezugseinheit wie bspw. Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung, Person oder Wohnfläche. Sie wird auch als spezifischer Energieverbrauch bezeichnet.
- Energieproduktivität** Die Energieproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung, etwa gemessen als Bruttoinlandsprodukt, pro Einheit eingesetzter Energie erzeugt werden. Sie kann als Indikator für den effizienten Umgang einer Volkswirtschaft mit Energieressourcen dienen. Dabei bezieht sie sich entweder auf den Primärenergieverbrauch oder Endenergieverbrauch. Die Bewertung der Effizienzsteigerung ist davon abhängig, welche dieser Bezugsgrößen verwendet wird. Die Primärenergieproduktivität lässt vor allem Rückschlüsse zu, wie effizient im Umwandlungssektor, also in Kraftwerken und Raffinerien, Primärenergieträger in nutzbare Energieformen wie Wärme bzw. Energieträger wie Strom und Kraftstoffe umgewandelt werden. Der Indikator Endenergieproduktivität ist eher für die Bewertung von Effizienzsteigerungen auf der Energieanwendungsebene geeignet.
- Erneuerbare Wärme** Erneuerbare Wärme ist eine Bezeichnung für thermische Energie, die aus erneuerbaren Energien wie Geo- und Solarthermie sowie Biomasse gewonnen wird. Anwendungsbereiche der erneuerbaren Wärme sind Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme sowie Klimatisierung und Prozesskälte.

Kontrafaktisch	Ein kontrafaktisches Modell ist dadurch gekennzeichnet, dass es bewusst der Wirklichkeit bzw. einzelnen Phänomenen der Realität widerspricht, um strukturelle Aussagen zur variierten Größe machen zu können.
Nicht-energetischer Verbrauch	Energieträger dienen nicht nur der Energieerzeugung, sondern sie finden teilweise als Rohstoffe in der Industrie oder im Bausektor Verwendung. Der nicht-energetische Verbrauch bilanziert Energieträger nach dem Umwandlungssektor und dem Transport, die nicht durch die Verbrauchssektoren energetisch genutzt werden.
Primärenergieverbrauch	Der Begriff Primärenergieverbrauch (PEV) bezeichnet den Energiegehalt aller im Inland eingesetzten Energieträger. Er umfasst sogenannte Primärenergieträger, wie zum Beispiel Braun- und Steinkohlen, Mineralöl oder Erdgas, die entweder direkt genutzt oder in sogenannte Sekundärenergieträger wie Kohlebriketts, Kraftstoffe, Strom oder Fernwärme umgewandelt werden.
Prozesswärme	In Abgrenzung zu Raumwärme und Warmwasserbereitung bezeichnet Prozesswärme bereitgestellte Wärme, die zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten verwendet oder zur Erbringung einer Dienstleistung mit Prozesswärmebedarf genutzt wird.
Rebound-Effekt	Ein Rebound-Effekt liegt vor, wenn die Effizienzsteigerung eine vermehrte Nachfrage bzw. Nutzung bewirkt und dadurch die tatsächliche Einsparung gemindert wird. Aus ökonomischer Sicht lässt er sich dadurch erklären, dass die Nutzungskosten für Produkte sinken. Aber auch psychologische und regulatorische Faktoren, die das individuelle Verhalten beeinflussen, können dazu führen, dass die erwarteten Effizienzpotenziale nicht ausgeschöpft werden.
Verursacher- und Quellenprinzip	Das Verursacher- oder das Quellenprinzip kommen zum Einsatz, wenn das Entstehen von energiebedingten Emissionen offengelegt werden soll. Das Konzept der gebäuderelevanten Emissionen folgt dem Verursacherprinzip. Demnach werden alle Emissionen dem Gebäudesektor zugerechnet, die durch den Betrieb des Gebäudes entstehen. Dahingegen folgt das Konzept der direkten Emissionen dem Quellenprinzip, das heißt, es werden die Emissionen am jeweiligen Ort der Entstehung (Quelle) erfasst. Im Gebäudefall bedeutet das, dass lediglich die Emissionen aus der Erzeugung von Wärme im Gebäude (zum Beispiel durch Gas- und Ölheizungen) bilanziert werden. Bei Anwendung des Quellenprinzips werden dagegen die indirekten Emissionen, die bei der Erzeugung von Fernwärme oder auch von Strom für den Betrieb von Klimaanlage und Wärmepumpen entstehen, dem Energiesektor zugeordnet. Da sich Effizienzmaßnahmen typischerweise an die Verursacher von Emissionen richten, werden im Kontext der Effizienzpolitik häufig die gebäuderelevanten Emissionen und Energieverbräuche entsprechend dem Verursacherprinzip zugrunde gelegt (zum Beispiel in der Energieeffizienzstrategie Gebäude). Dagegen folgt die Klimaberichterstattung internationalen Standards, die das Quellenprinzip erfordern, weswegen im Kontext der Klimapolitik häufig die direkten Emissionen und Energieverbräuche die Basis bilden (zum Beispiel im Klimaschutzplan 2050).
Wirkungsgrad	<p>Der Wirkungsgrad einer technischen Einrichtung oder eines Kraftwerks ist eine dimensionslose Größe und beschreibt in der Regel das Verhältnis der Nutzenergie zur zugeführten Energie. Der theoretisch mögliche Wertebereich reicht von 0 bis 1 bzw. 0 bis 100 Prozent. Der höchste Wert (1 bzw. 100 Prozent) kann in der Praxis bei Maschinen nicht erreicht werden, weil bei allen Vorgängen Wärme- oder Reibungsverluste auftreten.</p> <p>Bei Kraftwerken beschreibt der Wirkungsgrad die Leistung des Kraftwerks im Vergleich zum Heizwert des verwendeten Brennstoffs (elektrischer Gesamtwirkungsgrad). Der Wirkungsgrad gibt in Prozent an, wie viel im Brennstoff enthaltene Energie in Strom umgewandelt wird. Der Rest geht als Umwandlungsverluste oder als Abwärme verloren.</p>

Quellen- und Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (1998): *Primärenergieverbrauch nach der Substitutionsmethode, Stand 09/1998*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=pev-s.xls

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2015): *Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, Stand 11/2015*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=vorwort.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2017a): *Energieflussbild (vereinfacht in PJ) 2016, Stand 07/2017*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_energieflussbild-kurz_de-2016-pj_20170803.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2017b): *Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2016, Stand 09/2017*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ausw_24juli2017_ov.xlsx

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2017c): *Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland, Stand 12/2017*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_-_zusammenfassender_bericht_fu__r_die_endenergiesektoren_2013_-_2016.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2017d): *Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2017*

<https://ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2016.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2017f): *Projekt Temperaturbereinigung, Stand 11/2017 (unveröffentlicht)*

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018a): *Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern (Strommix), Stand 02/2018*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20171221_brd_stromerzeugung1990-2017.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018b): *Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2017, Stand 02/2018*

https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_jahresbericht2017_20180315-02_dt.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018c): *Energiebilanz 2016, Stand 03/2018 (unveröffentlicht)*

Blazejczak, J.; Edler, D.; Gehrke, B.; Gornig, M.; Schasse, U. unter Mitarbeit von Kaiser, C. (2018): *Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Investitionen, Umsätze und Beschäftigung in ausgewählten Bereichen; Bericht zum Forschungsprojekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des Umweltbundesamtes; Reihe UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG (im Erscheinen)*

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2014): *Mehr aus Energie machen.*

Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz, Stand 12/2014

http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/nationaler-aktionsplan-energieeffizienz-nape.pdf?__blob=publicationFile&v=6

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2016a): *Grünbuch Energieeffizienz.*

Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Stand 08/2016

<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/gruenbuch-energieeffizienz,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2016b): *Einfuhr und Ausfuhr von Mineralölerzeugnissen*

<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiedaten-und-analysen/Energiedaten/energetraeger.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2016c): *Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Die Energie der Zukunft, Stand 12/2016*

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fuenfter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile&v=38

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2017b): *Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) 2017 der Bundesrepublik Deutschland, Stand 03/2017*

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/nationaler-aktionsplan-energieeffizienz-neeap.pdf?__blob=publicationFile&v=24

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2017c): *Erneuerbare Energien in Zahlen*

Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2016

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2018a): *Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende. Energie der Zukunft (unveröffentlicht)*

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2017b): *Energiedaten. Gesamtausgabe, Stand 01/2018*

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls.xls?__blob=publicationFile&v=73

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2017): *Klimaschutz in Zahlen, Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Ausgabe 2017*

http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2017_bf.pdf

Bundesregierung (BReg) (2010): *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Stand 09/2010*

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiah77_0cPaAhXCb1AKHfDXAKUQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fm.bundesregierung.de%2FContent%2FDE%2F_Anlagen%2F2017%2F11%2F2017-11-14-beschluss-kabinett-umwelt.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D1&usq=AOvVaw1bFkvP6G67wnA1c3y_5B3J

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (2017): *Untersuchung des Marktes für Energieaudits, Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen, Projekt 06/15. Eschborn, Stand 03/2017*
http://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/markterhebung2017.pdf;jsessionid=1EF08FC2B0428D3E35EED80B48C56E13.1_cid387?__blob=publicationFile&v=3

European Network of Transmission System Operators for Gas (ENTSO-G) (2017), Ten-Year Network Development Plan 2017: Main Report, ENTSOG, Brussels
www.entsog.eu/public/uploads/files/publications/TYNDP/2017/entsog_tyndp_2017_main_170428_web_xs.pdf

European Commission (2014): *Report on the Implementation of Regulation (EU) 994/2010 and its Contribution to Solidarity and Preparedness for Gas Disruptions in the EU, European Commission, Brussels*
<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/SWD%202014%20325%20Implementation%20of%20the%20Gas%20SoS%20Regulation%20en.pdf>

Europäische Kommission (2017): *Energieeffizienzziele für 2020 und bei der Durchführung der Richtlinie zur Energieeffizienz gemäß Artikel 24 Absatz 3 der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz, COM(2017) 687 final, Stand 11/2017*
https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjSoPi1obzZAhXBb1AKHUUiCYcQFggwMAE&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Ftransparency%2Fregdoc%2Frep%2F1%2F2017%2FDE%2FCOM-2017-687-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF&usg=AOvVaw18HVw2NO_qf5kUO38aVWu7

Gehrke, B.; Schasse, U; Leidmann, M. (2013): *Umweltschutzgüter – wie abgrenzen? Methodik und Liste der Umweltschutzgüter 2013; Methodenbericht zum Forschungsprojekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des Umweltbundesamtes, Reihe UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG, Stand 01/2013*
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschutzgueter-wie-abgrenzen-methodik-liste>

Gornig, Martin; Görzig, Bernd; Michelsen, Claus und Steinke, Hella (2017): *Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe, Berechnungen für das Jahr 2016, BBSR-Online-Publikation, 15/2017*

International Energy Agency (2017): *Energy Efficiency 2017, Market Report Series*
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/market-report-series-energy-efficiency-2017-.html>

Martens, Bernd (2010): *Wirtschaftlicher Zusammenbruch und Neuanfang nach 1990, Stand 03/2010*
<http://www.bpb.de/geschichte/deutsche-einheit/lange-wege-der-deutschen-einheit/47133/zusammenbruch?p=all>

Munich Re (Hrsg.) (2017a): *Klimawandel und die Folgen. Was wissen wir, was vermuten wir?, Stand 10/2017*
<https://www.munichre.com/topics-online/de/2017/10/climate-change>

Schaller, Michaela; Weigel, Hans-Joachim (2007): *Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 316, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft*

Sprenger, R.-U.; Hofmann, H.; Köwener, D.; Rave, T.; Wackerbauer, J.; Wittek, S., (2002):

Umweltorientierte Dienstleistungen als wachsender Beschäftigungssektor. Bestandsaufnahme und Perspektiven unter besonderer Berücksichtigung des privaten Dienstleistungsgewerbes. Berichte des Umweltbundesamtes, Stand 02/2002

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat): *Energy Statistics Methodology, Stand 1998*

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat): *Bruttoinlandsprodukt, Stand 10/2017*

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat): *Bruttoinlandsverbrauch, Stand 06/2017*

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat): *Energetischer Endverbrauch, Stand 10/2017*

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat): *Umsatz der Industrie – jährliche Daten, Stand 01/2018*

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2016): *Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 09/2016*

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017a): *Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 08/2017*

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017b): *Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 09/2017*

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018): *Fachserie 18, Reihe 1.1, Stand 01/2018*

Umweltbundesamt (2010): *Klimawandel und Gesundheit: Welche Probleme verursachen Wärme liebende Schadorganismen? Abschlussbericht, Internationales UBA/BMU-Fachgespräch: 09. und 10. November 2009, Berlin-Dahlem, Stand 03/2010*

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3925.pdf>

Umweltbundesamt (2012): *Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten. Ökonomische Bewertung von Umweltschäden*

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_methodenkonvention_2.0_-_2012_gesamt.pdf

Umweltbundesamt (2013): *Wie wirken sich Stickstoffoxide auf die menschliche Gesundheit aus?, Stand 09/2013*

<https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-wirken-sich-stickstoffoxide-auf-die-menschliche>

Umweltbundesamt (UBA) (2016): *CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe, Stand 06/2016*

Umweltbundesamt (UBA) (2017a): *Daten und Rechenmodell TREMOD, Version 5.72, Stand 09/2017*

Umweltbundesamt (UBA) (2017b): *Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2016, Stand 10/2017*

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissionsbilanz-erneuerbarer-energietraeger-2013>

Umweltbundesamt (UBA) (2018a): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2016, Stand 01/2018

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2017_12_18_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v1.0.xlsx

Umweltbundesamt (UBA) (2018b): Klimabilanz 2017. Emissionen gehen leicht zurück, Pressemitteilung Nr. 8, Stand 03/2018

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/pm-2018-08_thg-nahzeitprognose_2017.pdf

Umweltbundesamt (UBA) (2017d): Primärenergiegewinnung und -importe, Stand 02/2017

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe>

Umweltbundesamt (UBA) (2017e): Entwicklung des spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2016, Stand 04/2017

www.machts-effizient.de

www.bmwi.de

