



Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2019*



Impressum

Herausgeber

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

Redaktion und fachliche Bearbeitung

Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet V 1.4, und BMWi

Stand

August 2019

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

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.



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

DEUTSCHLAND
MACHT'S
EFFIZIENT.

Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2019*

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
Verzeichnis der Informationsboxen	6
Abkürzungsverzeichnis	7
Einheiten und Umrechnungsfaktoren	7
1. Zusammenfassung	8
2. Von der Strom- zur Wärmewende	10
3. Entwicklung der Energieverbräuche und anderer Kenndaten	17
3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern.....	17
3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern.....	20
3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen.....	23
3.4 Verbrennungsbedingte CO ₂ -Emissionen im Energiebereich.....	24
3.5 Primär- und Endenergieproduktivität.....	26
3.6 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie.....	29
3.7 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	32
3.8 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte.....	35
3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr.....	38
3.10 Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs.....	41
3.11 Netto-Stromverbrauch und -produktivität.....	45
3.12 Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren.....	46
3.13 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie.....	49
3.14 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	51

3.15 Netto-Stromverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte	53
3.16 Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung	55
3.17 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch – sektorübergreifend	58
3.18 Gebäuderelevante CO ₂ -Emissionen – sektorübergreifend	60
3.19 Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme im Sektor private Haushalte (witterungsbereinigt)	62
4. Wirtschaftliche Impulse und Umwelteffekte	63
4.1 Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz	63
4.2 Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	64
4.3 Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz	66
4.4 Eingesparte Importkosten für Primärenergie	68
4.5 Vermiedene Emissionen und Umweltschäden	70
5. Primär- und Endenergieverbrauch in der Europäischen Union	71
Glossar	76
Quellen- und Literaturverzeichnis	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hypothetischer Primärenergieverbrauch bei gleichbleibender Energieproduktivität	11
Abbildung 2:	Energieflussbild 2017 für die Bundesrepublik Deutschland, in Petajoule	12
Abbildung 3:	Anteile der Anwendungsbereiche von Wärme am Endenergieverbrauch 2017	14
Abbildung 4:	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern	17
Abbildung 5:	Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2017	19
Abbildung 6:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren	20
Abbildung 7:	Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch in Deutschland 1990, 2008 und 2017	21
Abbildung 8:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern	22
Abbildung 9:	Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2017	22
Abbildung 10:	Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch 2008 und 2017	23
Abbildung 11:	Entwicklung der verbrennungsbedingten CO ₂ -Emissionen im Energiebereich 1990 – 2017	24
Abbildung 12:	Primärenergieverbrauch und -produktivität	26
Abbildung 13:	Endenergieverbrauch und -produktivität	27
Abbildung 14:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie	29
Abbildung 15:	Endenergiemix der Industrie 1990, 2008 und 2017	30
Abbildung 16:	Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	31
Abbildung 17:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	32
Abbildung 18:	Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008 und 2017	33
Abbildung 19:	Endenergieverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	33
Abbildung 20:	Endenergieverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte	35
Abbildung 21:	Endenergiemix der privaten Haushalte 1990, 2008 und 2017	36
Abbildung 22:	Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	37
Abbildung 23:	Endenergieverbrauch – Verkehr (gemäß Inlandsabsatz)	38
Abbildung 24:	Anteile der Verkehrsträger am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2017	39
Abbildung 25:	Energieintensität – Personen- und Güterverkehr (Energieverbräuche pro Verkehrsleistung inklusive Tank-Delta)	40
Abbildung 26:	Endenergiemix des Verkehrs (gemäß Inlandsabsatz) 1990, 2008 und 2017	40
Abbildung 27:	Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren	41
Abbildung 28:	Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	43
Abbildung 29:	Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2017	44

Abbildung 30: Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft	45
Abbildung 31: Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs nach Sektoren	46
Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008 und 2017	47
Abbildung 33: Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	48
Abbildung 34: Stromverbrauch und -produktivität – Industrie	49
Abbildung 35: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	50
Abbildung 36: Stromverbrauch und -produktivität – Sektor GHD	51
Abbildung 37: Netto-Stromverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	52
Abbildung 38: Stromverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte	53
Abbildung 39: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	54
Abbildung 40: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Sektoren	55
Abbildung 41: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017	57
Abbildung 42: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2017	57
Abbildung 43: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	58
Abbildung 44: Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2017	59
Abbildung 44: CO ₂ -Emissionen – gebäuderelevant	60
Abbildung 46: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs	61
Abbildung 47: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte (witterungsbereinigt)	62
Abbildung 48: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand im Zeitraum 2010 bis 2017	63
Abbildung 49: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand im Zeitraum 2010 bis 2017	65
Abbildung 50: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017	67
Abbildung 51: Entwicklung von Rohstoffpreisen und Primärenergieverbrauch	69
Abbildung 52: Primärenergieverbrauch in der EU nach Energieträgern 2008 und 2017	71
Abbildung 53: Endenergieverbrauch in der EU nach Energieträgern 2008 und 2017	72
Abbildung 53: Europäischer Vergleich der Primärenergieproduktivität (in Mio. EUR/PJ)	74
Abbildung 54: Europäischer Vergleich der Endenergieproduktivität (in Mio. EUR/PJ)	75

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	15
Tabelle 6: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017 in Mrd. EUR	64
Tabelle 7: Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017 in Personen	65
Tabelle 8: Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen im Zeitraum 2015 bis 2017	66
Tabelle 9: Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017 in Mrd. EUR	68
Tabelle 10: Primärenergieimporte	69

Verzeichnis der Informationsboxen

Informationsbox 1: Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Sektor Industrie	13
Informationsbox 2: Quantitative Ziele der Energiepolitik	15
Informationsbox 3: Energieverbrauch anschaulich gemacht	16
Informationsbox 4: Rebound-Effekt	28
Informationsbox 5: Sektoraler Wandel: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors	34
Informationsbox 6: Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs	42
Informationsbox 7: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung	56

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 bis zum Jahr 2017 gegenüber 2008 bzw. 2016 zusammen.

Gegenüber dem Jahr 2008 hat sich der Primärenergieverbrauch im Jahr 2017 um 785 Petajoule (PJ) oder 5,5 Prozent 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 Effizienz-

steigerungen, beispielsweise in fossilen Kraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung oder durch Kraft-Wärme-Kopplung, zurückzuführen. Ebenso trugen Energieeffizienzmaßnahmen und strukturelle Veränderungen in den Endverbrauchssektoren zu Minderungen bei, die die Verbrauchssteigerungen aufgrund des Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums der letzten Jahre teilweise abmildern konnten. So stieg der Endenergieverbrauch zwischen 2008 und 2017 um 170 PJ oder 1,9 Prozent. Der Netto-Stromverbrauch hat sich im selben Zeitraum hingegen um 5 Terawattstunden (TWh) oder 0,9 Prozent (bzw. 17 PJ) reduziert.

Die Primärenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft stieg zwischen 2008 und 2017 um 18,1 Prozent auf 216 Euro je Gigajoule (GJ). Die Endenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft lag im Jahr 2017 bei 314 Euro je GJ. Dies ist eine Steigerung um 9,6 Prozent gegenüber 2008.

Tabelle 1: Energieverbrauch und Energieproduktivität insgesamt

	1990	2008	2016	2017*	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2016*
Primärenergieverbrauch in PJ	14.906	14.380	13.491	13.594	-5,5 %	0,8 %
Endenergieverbrauch in PJ	9.472	9.159	9.071	9.329	1,9 %	2,8 %
Netto-Stromverbrauch in TWh	455	524	518	520	-0,9 %	0,4 %
Primärenergieproduktivität in EUR BIP/GJ**	130	183	213	216	18,1 %	1,4 %
Endenergieproduktivität in EUR BIP/GJ**	205	287	316	314	9,6 %	-0,7 %
Netto-Stromproduktivität in EUR BIP/MWh**	4.262	5.010	5.546	5.643	12,6 %	1,7 %

* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Im Bereich der Endverbrauchssektoren konnten die privaten Haushalte im Zeitraum von 2008 bis 2017 einen Beitrag (-129 PJ) oder -5 Prozent) zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs leisten. Dagegen stiegen der Endenergieverbrauch des Verkehrs um 185 PJ oder 7,2 Prozent und der

der Industrie um 114 PJ oder 4,4 Prozent an. Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) war der Endenergieverbrauch nach einem Anstieg im Jahr 2017 schließlich wieder genauso hoch wie im Jahr 2008.

Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren in PJ

	1990	2008	2016	2017*	Veränderung ggü. 2008	Veränderung* ggü. 2016
Industrie	2.977	2.587	2.609	2.700	4,4 %	3,5 %
Verkehr	2.379	2.571	2.690	2.755	7,2 %	2,4 %
Private Haushalte	2.383	2.558	2.376	2.430	-5,0 %	2,2 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	1.733	1.443	1.396	1.443	0,0 %	3,4 %
Gesamt	9.472	9.159	9.071	9.329	1,9 %	2,8 %

* vorläufige Angaben

Im Bereich der Anwendungen reduzierte sich der Endenergieverbrauch von 2008 bis 2017 für die Raumwärme (-242 PJ oder -8,7 Prozent), die Beleuchtung (-46 PJ oder -15,2 Prozent) sowie die Informations- und Kommunikationstechnik (-1 PJ oder -0,4 Prozent). Dagegen stieg der

Endenergieverbrauch für mechanische Energie (+247 PJ oder +7,4 Prozent), Prozesswärme (+134 PJ oder +7 Prozent) und Prozesskälte (+36 PJ oder +23,4 Prozent). Ebenso wurde vermehrt Endenergie für Warmwasser (+29 PJ oder +6,7 Prozent) und Klimakälte (+13 PJ oder +48 Prozent) nachgefragt.

Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungen in PJ

	2008	2016	2017*	Veränderung ggü. 2008	Veränderung* ggü. 2016
Raumwärme	2.772	2.466	2.530	-8,7 %	2,6 %
Warmwasser	428	419	456	6,7 %	9,0 %
Prozesswärme	1.925	1.975	2.059	7,0 %	4,3 %
Klimakälte	26	38	39	48,0 %	3,4 %
Prozesskälte	153	187	189	23,4 %	1,1 %
Mechanische Energie	3.343	3.504	3.590	7,4 %	2,4 %
Informations- und Kommunikationstechnik	211	207	210	-0,4 %	1,7 %
Beleuchtung	300	276	254	-15,2 %	-7,7 %
Gesamt	9.159	9.071	9.329	1,9 %	2,8 %

* vorläufige Angaben

Zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand wurden im Jahr 2017 rund 46,3 Milliarden Euro investiert. Diese Investitionen erzeugten wiederum eine entsprechende Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen. Die Umsätze durch energetische Sanierungen im Gebäudebestand lagen im selben Jahr bei 79 Milliarden Euro. Die getätigten Investitionen sind in Deutschland auch mit nennenswer-

ten positiven Beschäftigungswirkungen verbunden. Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung belief sich auf rund 573.100 Beschäftigte im Jahr 2017. 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	2017	Veränderung ggü. 2010
Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand (in Mrd. Euro)	36,1	46,3	+28,1 %
Umsätze durch energetische Sanierung im Gebäudebestand (in Mrd. Euro)	62,9	79,0	+25,6 %
Beschäftigte durch energetische Gebäudesanierung im Bestand (in 1.000 Pers.)	521,9	573,1	+9,8 %

2. Von der Strom- zur Wärmewende

Deutschland verbrauchte im Jahr 2017 rund 13.594 PJ Primärenergie.¹ Dies waren im Vergleich zum Vorjahr 0,8 Prozent mehr. Im Jahr 2018 hingegen sank der Primärenergieverbrauch nach erster Schätzung um 3,5 Prozent auf rd. 12.963 PJ (AGEB 2019). Damit haben sich Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch weiter entkoppelt. Die jüngste Entwicklung ist allerdings eine Momentaufnahme, die zu einem stabilen Trend gemacht werden muss, denn die bisher erreichten jährlichen Reduktionen von durchschnittlich 0,6 Prozent seit 2008 reichen nicht aus, um das Einsparziel bis 2020 (minus 20 Prozent im Vergleich zu 2008) zu erreichen. Insgesamt bleibt der Handlungsbedarf somit sehr hoch, um das Einsparziel so schnell wie möglich zu erfüllen (BMWi 2019b).

Energie ist in unserer Gesellschaft und für die Wirtschaft unabdingbar. Nicht nur für das Heizen von Gebäuden, auch für die Produktion von Wirtschafts- und Konsumgütern und im Verkehr verbraucht Deutschland täglich durchschnittlich rd. 37 PJ oder 10 TWh Energie (AGEB 2018a). Auch wenn aus physikalischer Sicht Energie nicht verbraucht, sondern nur umgewandelt werden kann, ist sie doch ein knappes Gut. Energieeinsparung und effiziente Nutzung sind daher geboten. 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. Ein ineffizienter Umgang mit Energie verursacht unnötige Kosten für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft, den es deshalb zu vermeiden gilt.

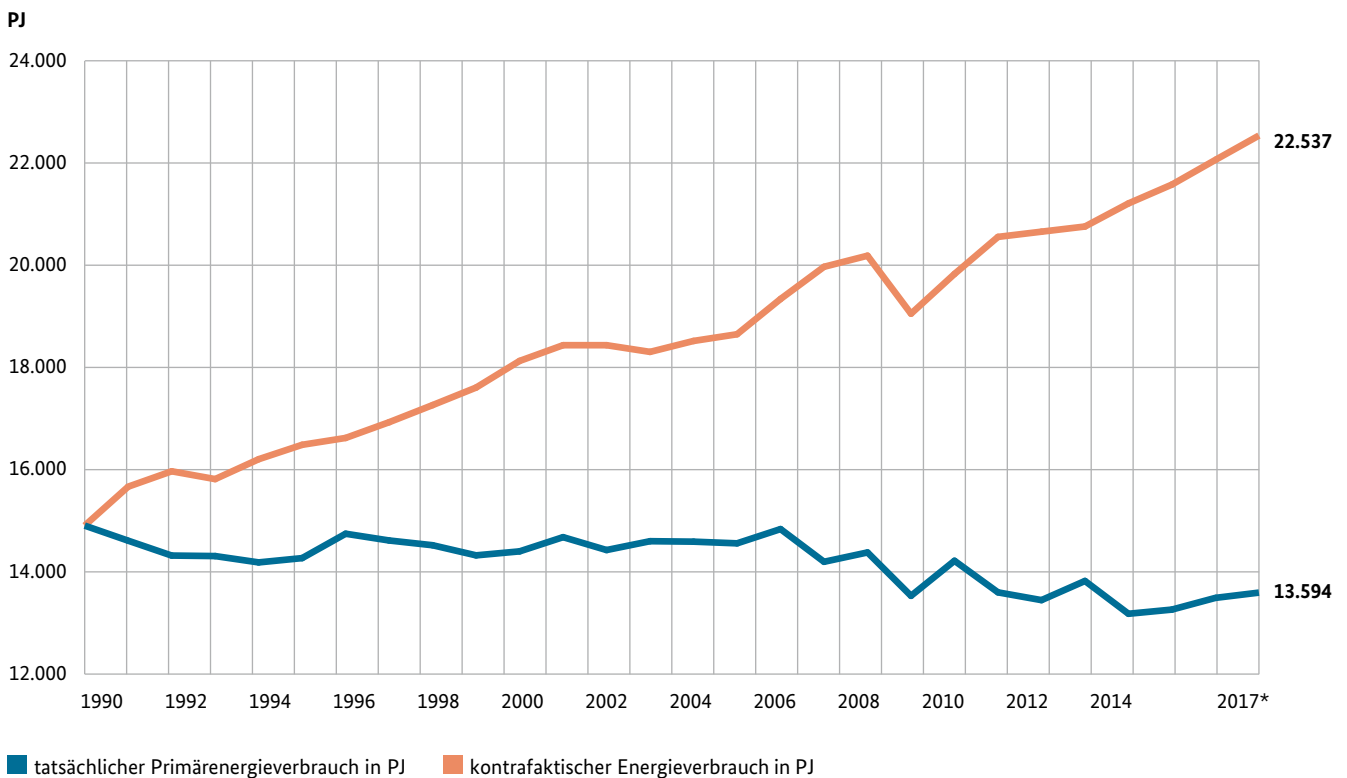
Deutschlands Energieversorgung beruht heute zum größten Teil noch auf fossilen Energieträgern, die zum überwiegenden Teil importiert werden müssen. Der fossile Energieverbrauch ist gekoppelt an zahlreiche Begleitumstände: Tiefe Eingriffe in die Natur am Ort der Rohstoffförderung, weite Transportwege, die teilweise durch geopolitische Spannungsgebiete verlaufen, und auf lange Sicht möglicherweise langfristig steigende Kosten der Beschaffung aufgrund der Endlichkeit der Ressourcen. Darüber hinaus zählen fossile Energien zu den Hauptverursachern

des Klimawandels. Die damit verbundenen Umweltbelastungen und Auswirkungen haben Folgen für die Gesundheit der Menschen und sind darüber hinaus mit entsprechend hohen Kosten verbunden, die Wirtschaft und Gesellschaft heute schon stemmen müssen.

Neben Energieeinsparung und rationeller Nutzung von Energie sollen deshalb erneuerbare Energien ausgebaut werden, um fossile Energieträger zu ersetzen. Ziel ist eine weitgehend treibhausgasneutrale und schadstofffreie Energieversorgung. In der laufenden Legislaturperiode wurde deshalb die Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung (sogenannte Kohlekommission) mit Vertretern aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft gegründet. Die Kommission sollte zur Unterstützung des Strukturwandels einen Instrumentenmix entwickeln, der wirtschaftliche Entwicklung, Strukturwandel, Sozialverträglichkeit und Klimaschutz zusammenbringt. Im Januar 2019 stellte sie ihren Abschlussbericht vor. Hierin machte sie Vorschläge, wie die Dekarbonisierung im Strombereich bis zum Jahr 2038 erreicht werden könnte (Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ 2019). Demnach sollen bis 2022 mindestens 12,5 GW Kohlekraftwerksleistung im Vergleich zu Ende 2017 vom Markt genommen werden, bis 2030 weitere 13,1 GW und bis Ende 2038 die verbleibenden 17 GW. Zeitgleich sollen in den betroffenen Regionen Entwicklungskonzepte für einen ökonomischen und sozial verträglichen Strukturwandel umgesetzt werden. Damit wurden auf der Erzeugungsseite die Grundsteine für eine weitgehend CO₂-freie Energieversorgung gelegt.

Die Herausforderungen der Energiewende betreffen jedoch nicht nur die Erzeugungsseite. Entscheidend für das Gelingen der Energiewende und die Erreichung der Klima- und Energieziele sind ein effizienter Umgang mit Energie und ein absoluter Rückgang des Energieverbrauchs. Dahingehend wurde im März als Kabinettsausschuss das Klimakabinett gebildet, das die verantwortlichen Ressorts der Bereiche Energie, Verkehr, Gebäude, Industrie und Landwirtschaft umfasst. Ziel ist dabei die Vorbereitung einer rechtlich verbindlichen Umsetzung der Klimaschutzziele für Deutschland. Energieeffizienz ist dabei ein entscheidender Hebel, um die Energiewende erfolgreich zu gestalten.

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 2017 bei rd. 9.329 PJ (vgl. Abb. 2).

Abbildung 1: Hypothetischer Primärenergieverbrauch bei gleichbleibender Energieproduktivität

* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 09/2018

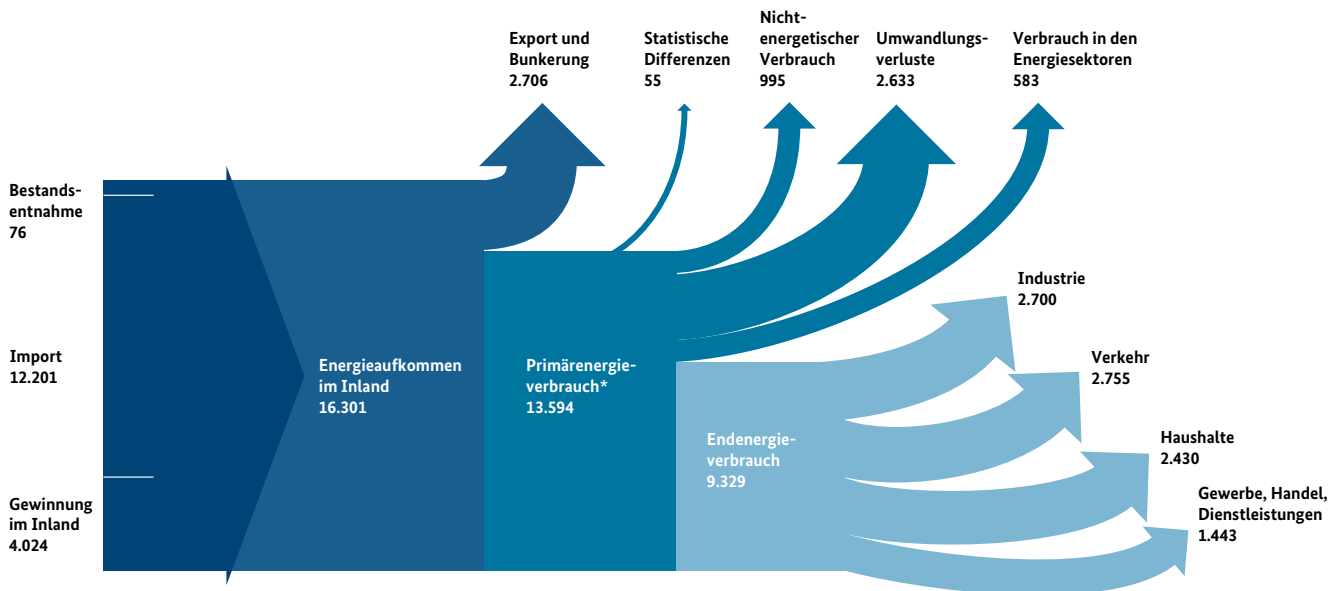
Zudem ist nur durch eine kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz ein stetiges Wirtschaftswachstum mit Klimaschutz vereinbar. Im Energiekonzept von 2010 wurde das ambitionierte Ziel formuliert, Deutschland zu einer der weltweit energieeffizientesten Volkswirtschaften zu formen und bis 2050 den Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 zu halbieren. Dieses Ziel ist und bleibt Grundlage für die Energieeffizienzpolitik der Bundesregierung (CDU, CSU und SPD 2018). Aus diesem Grund plant die Bundesregierung auch eine sektorübergreifende und ambitionierte Effizienzstrategie.

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 Energie-

verbrauch, seit 1990 konstant geblieben, anstatt wie in der Realität deutlich zu steigen, so hätte dies zu einem deutlich höheren Energieverbrauch geführt.

Energieeffizient zu sein bedeutet, auch bei steigender Wertschöpfung weniger Energie zu verbrauchen, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger produzieren zu können, geringere Energiekosten zu haben, die Energieinfrastrukturen kosteneffizient und energiewendetauglich weiterzuentwickeln, weniger Energie importieren zu müssen sowie erneuerbare Energien besser integrieren zu können. In einfachen Worten: Die deutsche Volkswirtschaft ist umso wettbewerbs- und zukunftsfähiger, je energieeffizienter sie ist. Auch deswegen ist die Energieeffizienz eine der tragenden Säulen der Energiewende.

Abbildung 2: Energieflussbild 2017 für die Bundesrepublik Deutschland, in Petajoule



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 13,1%.
Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt
29,3 Petajoule (PJ) = 1 Mio. t SKE

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) 07/2018

Hierzu verdeutlicht das Energieflussbild (s. Abbildung 2) für die Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2017 (AGEB 2018b) Herkunft und Einsatz von Energie.²

Energieeffizienz stärkt die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen, denn der Energieverbrauch ist in weiten Teilen der industriellen Produktion ein relevanter Kostenfaktor. Effiziente Produktionsverfahren und zertifizierte Energiemanagementsysteme sind deshalb schon heute

von entscheidender Bedeutung, um die Produktionskosten zu reduzieren und im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Energieeffizienzmaßnahmen können Unternehmen auch direkt zusätzliche Kapazitäten und Einnahmequellen erschließen, indem durch innovative und effiziente Produkte neue Märkte und Exportchancen eröffnet werden. Energieeffizienz in Unternehmen wird deshalb durch die Bundesregierung mittels spezieller Förderprogramme adressiert (siehe Informationsbox 1).

2 Ausgangspunkt der Analyse ist die Primärenergie, also der rechnerisch nutzbare Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers wie Braunkohle, Erdgas oder Sonnenenergie, bevor 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. 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. Somit belaufen sich die gesamten Verluste im Zuge der beiden Umwandlungsbereiche auf rund zwei Drittel.

Informationsbox 1: Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Sektor Industrie

Um Energieeffizienz im Sektor Industrie stärker zu fördern und den Zugang zu Förderprogrammen zu erleichtern, wurden im vergangenen Jahr relevante Förderprogramme für mehr Energieeffizienz in Unternehmen im Rahmen der Förderstrategie „Energieeffizienz und Wärme aus erneuerbaren Energien“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) neu ausgerichtet und adressatenorientierter gestaltet.

Das neue, technologieoffene und branchenübergreifende Förderpaket „Energieeffizienz in der Wirtschaft“ bündelt sechs bisherige Förderprogramme in zwei Richtlinien. Die Richtlinie „Energieeffizienz und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien in der Wirtschaft – Kredit und Zuschuss“ startete am 1. Januar 2019 mit Fördersätzen von grundsätzlich 30 Prozent (bzw. 40 Prozent für kleine und mittelständische Unternehmen). Unternehmen können zwischen einem direkten Investitionszuschuss und einem zinsgünstigen Kredit mit Teilschulderlass (Tilgungszuschuss) wählen. Damit wird den unterschiedlichen Finanzierungsbedürfnissen von Unternehmen Rechnung getragen. Die zweite Richtlinie „Energieeffizienz und Prozesswärme aus erneuerbaren Energien in der Wirtschaft – Wettbewerb“ ist am 1. April in Kraft getreten und ersetzt das ehemalige Programm „STEP Up!“. Im Wettbewerbsprogramm entscheiden Antragsteller im vorgegebenen Rahmen selbst über die Höhe der Förderung. Die Förderquote kann bis zu 50 Prozent betragen. Die Förderung erhalten die Projekte, welche die höchste jährliche CO₂-Einsparung pro beantragtem Euro Förderung aufweisen (Fördereffizienz).

Neben einer Förderung von Einzelmaßnahmen im Bereich hocheffizienter Querschnittstechnologien, Technologien zur Prozesswärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien sowie Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und Energiemanagement-Software, sollen mit der Neuausrichtung der Förderprogramme insbesondere Investitionen in komplexere und stärker auf eine systemische, energiebezogene Optimierung der Produktionsprozesse ausgerichtete Maßnahmen wirksamer gefördert werden. Gleichzeitig sollen mit dem Wettbewerbsprogramm marktwirtschaftliche Fördermechanismen etabliert werden. Das Förderpaket richtet sich an Unternehmen aller Branchen und Größen, Stadtwerke und Energiedienstleister.

Für das gesamte Förderpaket stehen für den Zeitraum 2019 bis 2023 rund 900 Mio. Euro zur Verfügung. Damit sollen etwa 25.000 Effizienzmaßnahmen angereizt und dadurch die Menge an Treibhausgasemissionen um insgesamt 4 Mio. t CO₂ pro Jahr reduziert werden.

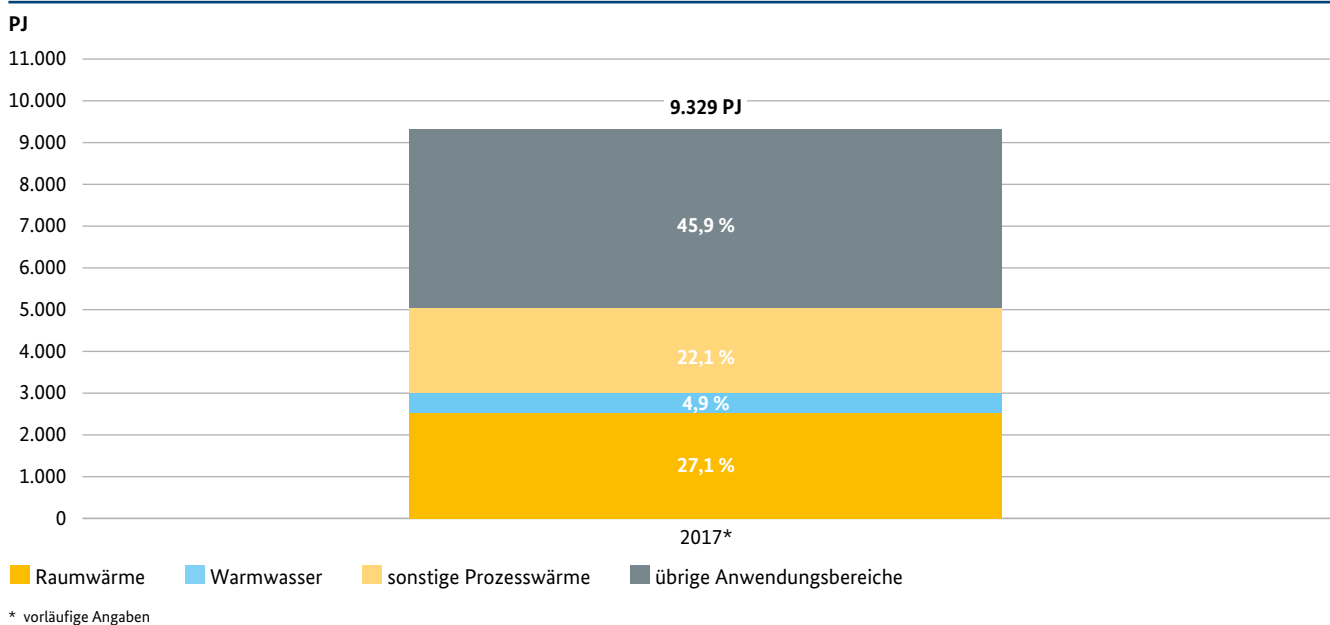
Besonders im Wärmebereich bestehen große Chancen wie auch Herausforderungen. Der Wärmebereich hat einen Anteil von rd. 54,1 Prozent am Endenergieverbrauch (s. Abbildung 3). Hiervon entfallen allein rd. 27,1 Prozentpunkte auf den Endenergieverbrauch für Raumwärme sowie rd. 22,1 Prozentpunkte auf die sonstige Prozesswärme (Industrie-prozesse, Kochen etc.).

Somit kommt der „Wärmewende“, d. h. der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden, Industrie, Handel und Gewerbe, eine wichtige Rolle zu und wird verstärkt in den Fokus der Anstrengungen rücken. Dies geschieht nicht nur, weil wesentliche Beiträge des Wärmesektors für die Erreichung der Energie- und Klimaziele unabdingbar sind. Die Wärmewende stellt gleichzeitig auch eine Chance für den Wirtschafts- und Industriestandort Deutschland dar, da sie die Möglichkeit birgt, Wertschöpfung dort zu

generieren, wo deutsche Unternehmen traditionell stark sind: bei technisch anspruchsvollen, systemisch klugen Lösungen, welche Energieeffizienz, die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien und Abwärme voranbringen. Das schafft Innovationen, neue Geschäftsmodelle sowie Arbeitsplätze in Zukunftsmärkten.

Hierbei gilt auch im Wärmebereich zunächst das Prinzip „Efficiency First!“. Das bedeutet, dass der Wärmebedarf durch die Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäude- und Industriesektor sowie bei Handel und Gewerbe deutlich gesenkt und der verbleibende Bedarf durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden soll. Denn selbst bei ambitionierten Ausbaupfaden für erneuerbare Energie im Wärmebereich wird es nicht möglich sein, den heutigen Wärmebedarf vollständig durch erneuerbare Energien zu decken. Hierfür hat die Bundesregierung bereits ein breites

Abbildung 3: Anteile der Anwendungsbereiche von Wärme am Endenergieverbrauch 2017



Portfolio an Maßnahmen aufgesetzt. Mit Blick auf die Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 wird es jedoch noch weiterer Maßnahmen bedürfen.

Auf Ebene der Europäischen Union (EU) wurde im Jahr 2018 das „Clean Energy Package“ verabschiedet. Im Mai 2018 trat die novellierte Gebäude-Richtlinie in Kraft. Im Dezember 2018 wurde die novellierte Energieeffizienz-Richtlinie verabschiedet. Insgesamt wurde auf EU-Ebene ein Energieeinsparziel in Höhe von 32,5 Prozent bis zum Jahr 2030 festgelegt sowie eine Überprüfung und potenzielle Verschärfung im Jahr 2023 (Europäische Kommission 2018a).

Zudem führt die neue Governance-Verordnung umfassende Berichtspflichten ein, nach der die Mitgliedstaaten für die Jahre 2021 bis 2030 in integrierten Nationalen Energie- und Klimaplänen darstellen sollen, wie sie ihre Energie- und Klimaziele bis 2030 erfüllen. Dies ist ein starkes

Signal der EU für Energieeffizienz, deren Steigerung es anhand nationaler Politikinstrumente und Maßnahmen auszugestalten gilt. Auch wird in der Verordnung das Prinzip „Efficiency First“ weiter gestärkt. So müssen Mitgliedstaaten im Vorfeld von Entscheidungen über Planung, Politiken und Investitionen im Energiebereich prüfen, ob durch kosteneffiziente, technisch, wirtschaftlich und ökologisch tragfähige Maßnahmen im Bereich der Energieeffizienz die beabsichtigten Maßnahmen für Planung, Politiken und Investitionen ganz oder zum Teil ersetzt werden könnten, ohne die Erreichung der Ziele der entsprechenden Entscheidungen zu gefährden (Europäische Kommission 2018b). Efficiency First kann damit 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.

Informationsbox 2: Quantitative Ziele der Energiepolitik

Die Senkung des Primär- und Endenergieverbrauchs, die Steigerung 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	-5,5 % 13.594 PJ	-20 % 11.504 PJ	-50 % 7.190 PJ
Endenergieproduktivität (ggü. 2008) BIP (2010) je GJ Endenergieverbrauch	287 €/GJ	314 €/GJ**	368 €/GJ	687 €/GJ
Bruttostromverbrauch (ggü. 2008)	619 TWh	-3,3 % 599 TWh	-10 % 557 TWh	-25 % 464 TWh
Endenergieverbrauch Verkehr (ggü. 2005)	2.586 PJ	+6,5 % 2.755 PJ*	-10 % 2.328 PJ	-40 % 1.552 PJ
Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	1.251 Mio. t	-27,5 % 907 Mio. t %	-40 % 751 Mio. t %	-80 % 250 Mio. t

* vorläufige bzw. geschätzte Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010; AGEb, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; AGEb, Strommix, Stand 12/2018; UBA, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2017, Stand 12/2018

Die vorliegende dritte 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 (s. Kapitel 3). Zu Beginn wird der Einsatz von 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 (s. Kapitel 4). Es wird aufgezeigt, welche Investitionen im Bereich der Energieeffizienz in den letzten Jahren getätigt wurden und wie sie sich auf die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt auswirken. Außerdem wird dargestellt, von welchen Energieimporten und Preis-

schwankungen Deutschland abhängig ist, die durch eine rationelle Energieverwendung verringert werden. 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 Petajoule als auch in Terawattstunden zum Download angeboten.

Dieser Broschüre liegen die Daten des Berichtsjahres 2017 zugrunde. Hierbei kommt es teilweise zu geringen Abweichungen zwischen dem verwendeten Datenstand der AGEb vom Herbst 2018 und dem auf aggregierter Ebene im Frühjahr 2019 korrigierten. Waren zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts bereits Daten des Berichtsjahres 2018 verfügbar, so werden diese dargestellt.

Informationsbox 3: 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 2017* betrug der Primärenergieverbrauch in Deutschland rd. 13.594 PJ. Dies entspricht in etwa dem Primärenergieverbrauch von Italien (rd. 6.568 PJ), Spanien (rd. 5.466 PJ) und Österreich (rd. 1.432 PJ) zusammen.
- Im Jahr 2017* betrug der Primärenergieverbrauch Deutschlands rund 91,2 Prozent des Jahres 1990 (rd. 14.906 PJ). Deutschland hat somit seinen Primärenergieverbrauch im Jahr 2017* gegenüber dem Jahr 1990 um rund 1.312 PJ oder 8,8 Prozent reduziert. Dieser Rückgang ist größtmäßig vergleichbar mit dem Primärenergieverbrauch Brandenburgs (rd. 664 PJ) und Sachsens (rd. 634 PJ) zusammen.
- Der Endenergieverbrauch in Deutschland lag 2017* bei 9.329 PJ. Das entspricht rd. 68,6 Prozent des Primärenergieverbrauchs im gleichen Jahr. 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 größtmäßig vergleichbar sind mit dem Primärenergieverbrauch von Bayern (rd. 1.937 PJ), Baden-Württemberg (rd. 1.452 PJ), Sachsen (rd. 634 PJ) und Thüringen (rd. 242 PJ) zusammen.
- In Deutschland lag der Bruttostromverbrauch im Jahr 2018* bei rd. 596 Terawattstunden (TWh). Die Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien lag im gleichen Jahr bei rd. 226 TWh. Um den Stromverbrauch bilanziell zu decken, bräuhete es somit eine Erzeugungssteigerung aus erneuerbaren Energien um gut 160 Prozent.

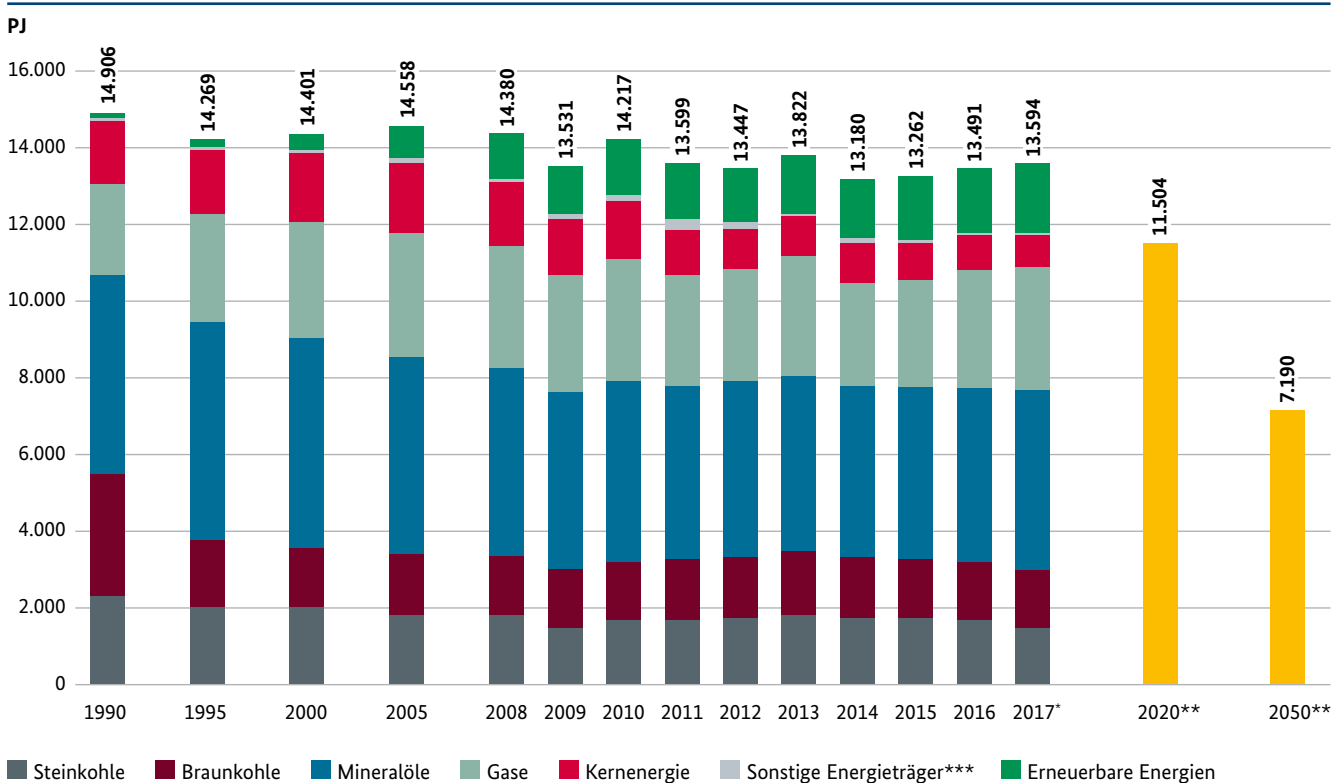
* vorläufige Angaben

3. Entwicklung der Energieverbräuche und anderer Kenndaten

3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Im Zeitraum von 1990 bis 2017 ging der Primärenergieverbrauch um 8,8 Prozent zurück. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Verbrauch im Jahr 2017 hingegen um 0,8 Prozent gestiegen. Gründe für diesen Anstieg waren vor allem die positive konjunkturelle Entwicklung sowie ein Bevölkerungsanstieg in den letzten Jahren.

Abbildung 4: 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: Nicht erneuerbare Abfälle, Abwärme, Strom- und Fernwärmeaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010

Der Primärenergieverbrauch (PEV) 2017 in Deutschland ging seit 1990 um 1.311 PJ oder 8,8 Prozent und seit 2008 um 785 PJ oder 5,5 Prozent zurück. Im Vergleich zum Vorjahr ist der PEV 2017 hingegen um 104 PJ oder 0,8 Prozent gestiegen. Gründe für diesen Anstieg waren vor allem die positive konjunkturelle Entwicklung sowie ein Bevölkerungsanstieg in den letzten Jahren.

Bis auf Erdgas ist der Einsatz aller konventionellen Primärenergieträger seit dem Jahr 1990 rückläufig. Die wichtigsten Energieträger sind derzeit Mineralöle mit einem Anteil von rund 34,6 Prozent, es folgen Gase (23,8 Prozent), erneuerbare Energien (13,1 Prozent), Braunkohle (11,1 Prozent), Steinkohle (10,9 Prozent), Kernenergie (6,1 Prozent) und sonstige Energieträger (0,3 Prozent).

Der Ausstieg aus der Kernenergie sowie die Verdrängung von Steinkohle sowohl durch Erdgas als auch erneuerbare Energien verändern den deutschen Primärenergiemix seit 1990 signifikant. Die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien, die per Definition³ 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, zurückzuführen. 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 auch maßgeblich auf Effizienzsteigerungen zurückzuführen. Diese konnten in den letzten Jahren den verbrauchssteigernden Effekten durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum allerdings nur teilweise entgegenwirken. Ebenso haben die Witterungsverhältnisse großen Einfluss. So ist der Verbrauchsanstieg in den Jahren 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).

Der Primärenergieträgermix im Jahr 2017 hat sich im Vergleich zum Vorjahr leicht verändert, wobei vor allem der Einsatz von Steinkohle (-206 PJ) und Kernenergie (-91 PJ) zurückging. Diese wurden vorwiegend substituiert von erneuerbaren Energieträgern (+105 PJ), die einen weiteren Zubau erfuhren und durch günstige Windverhältnisse begünstigt wurden, sowie Gasen (+174 PJ), die auch im Endverbrauch der Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), private Haushalte und Industrie verstärkt eingesetzt wurden. Zudem führte vor allem eine stärkere Nachfrage in den Sektoren Verkehr und Industrie zu einem Anstieg beim Einsatz von Mineralölen (+132 PJ).

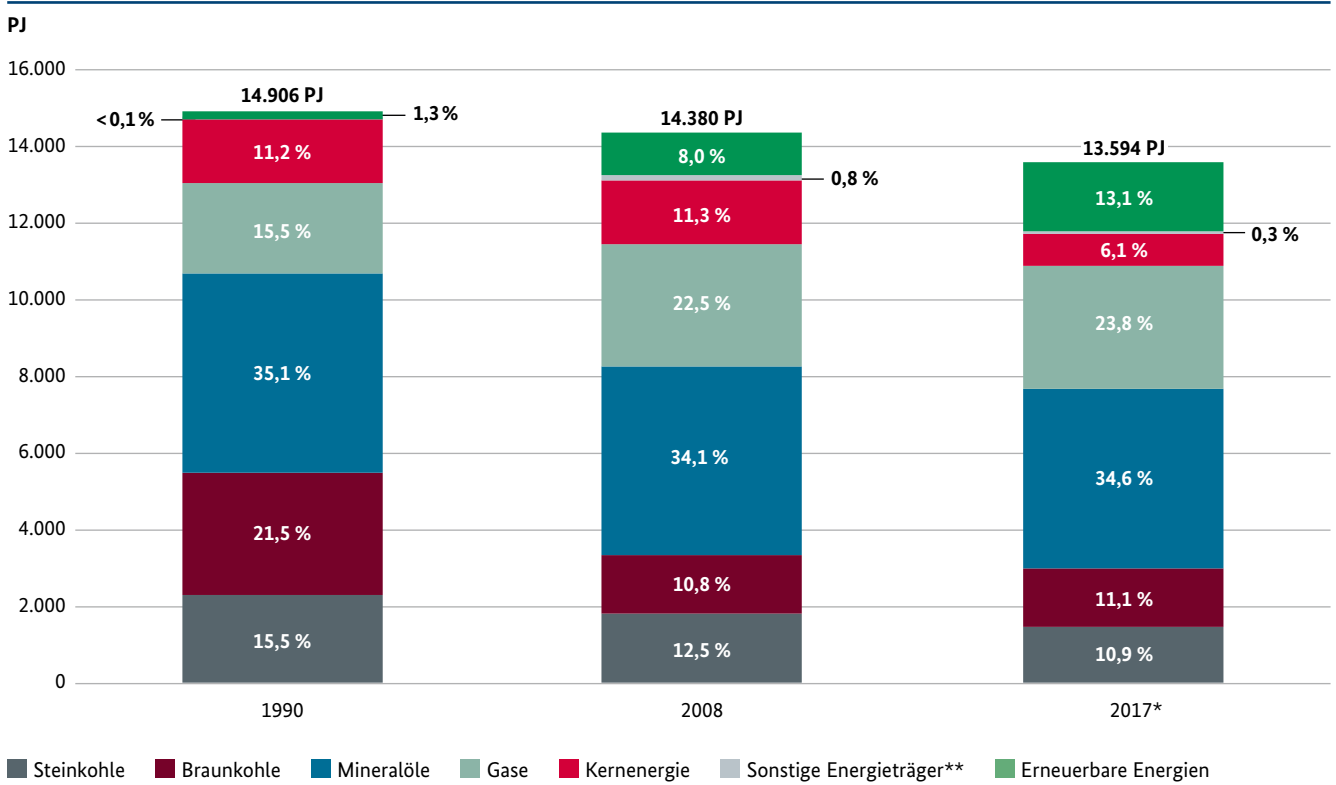
3 Wandel des Primärenergiemix: Die AG Energiebilanzen e. V. (AGEB) nutzt im Bereich der Brennstoffe (Steinkohle, Heizöl, Erdgas etc.) die erfassten Mengen und den unteren Heizwert der jeweiligen Energieträger, um den Energieverbrauch in Joule zu ermitteln, um somit die unterschiedlichen Energieträger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

Abbildung 5: Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

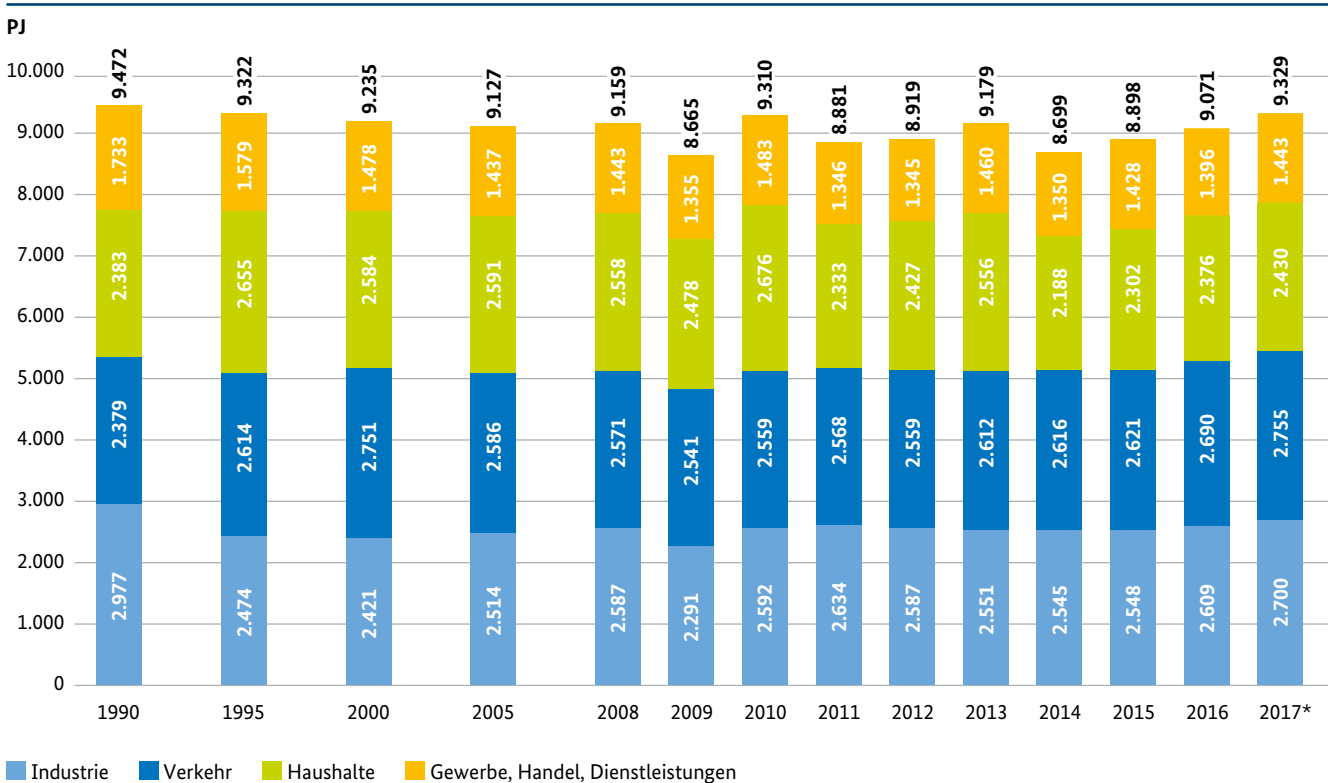
** Sonstige Energieträger: Nicht erneuerbare Abfälle, Abwärme, Strom- und Fernwärmeaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Endenergieverbrauch in Deutschland ist im Zeitraum 1990 bis 2017 um 1,5 Prozent gesunken. Im langjährigen Trend ist der Energieverbrauch im Verkehrssektor gestiegen, während er vor allem im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sank.

Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



* vorläufige Angaben

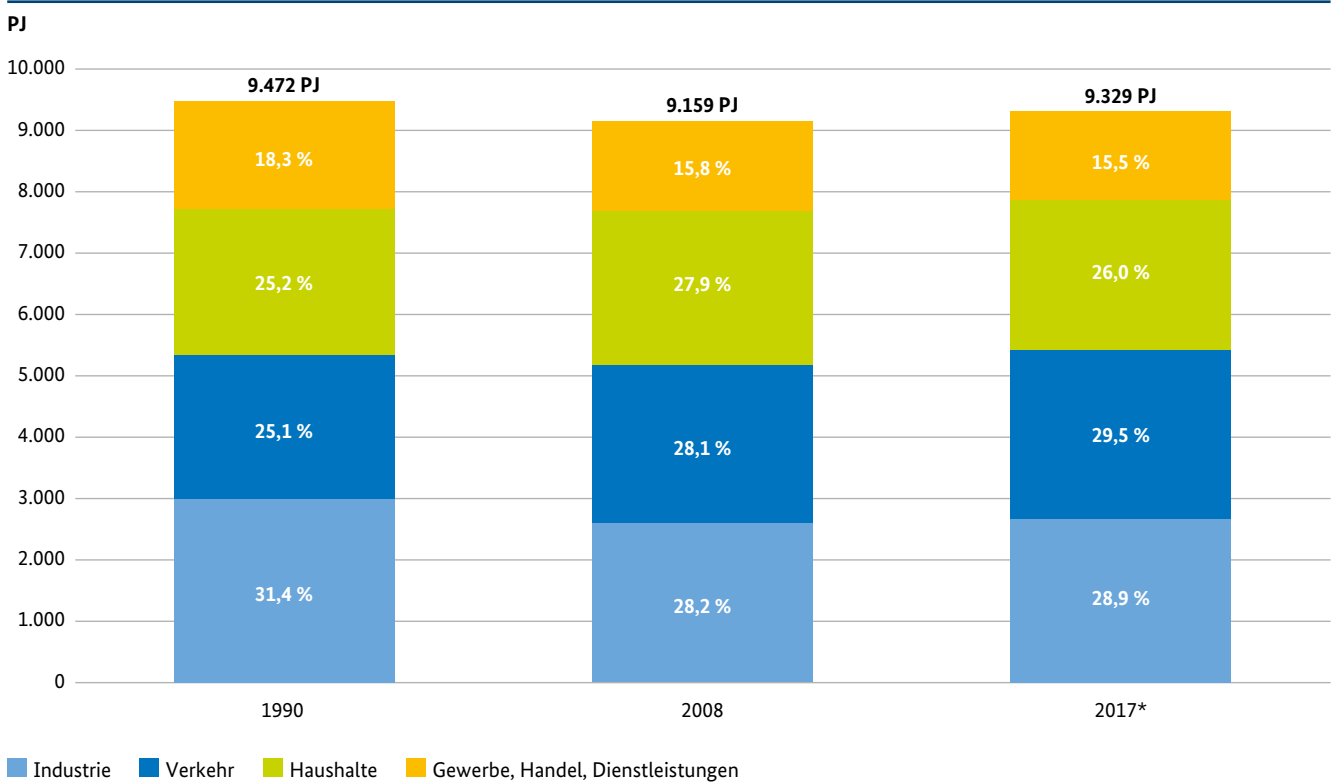
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

Der Endenergieverbrauch⁴ (EEV) in Deutschland ist von 1990 bis 2017 um 144 PJ oder 1,5 Prozent gesunken. Im Vergleich zum Vorjahr ist er im Jahr 2017 jedoch um 257 PJ oder 2,8 Prozent angestiegen. Gründe hierfür sind wie beim Primärenergieverbrauch vor allem das anhaltende Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum.

End- oder Sekundärenergie entsteht durch Umwandlung von Primärenergie in eine Form, die der Endverbraucher nutzen kann, z.B. Strom, Fernwärme oder Heizöl.⁵ Wie beim Primärenergieverbrauch, beeinflussen die effiziente Nutzung von Energie, wirtschaftliche Veränderungen und Änderungen im (Konsum-)Verhalten auch den Endenergie-

4 Der Endenergieverbrauch ergibt sich aus dem Primärenergieverbrauch abzüglich der Umwandlungsverluste, des Eigenverbrauchs des Umwandlungssektors, der Fackel- und Leitungsverluste sowie des nicht-energetischen Verbrauchs.

5 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, Kokereisgas usw.) zu Energieträgergruppen zusammengefasst. Die Aggregationen entsprechen denen der Auswertungstabellen der Energiebilanz (AGEB 2018b).

Abbildung 7: Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch in Deutschland 1990, 2008 und 2017

* vorläufige Angaben

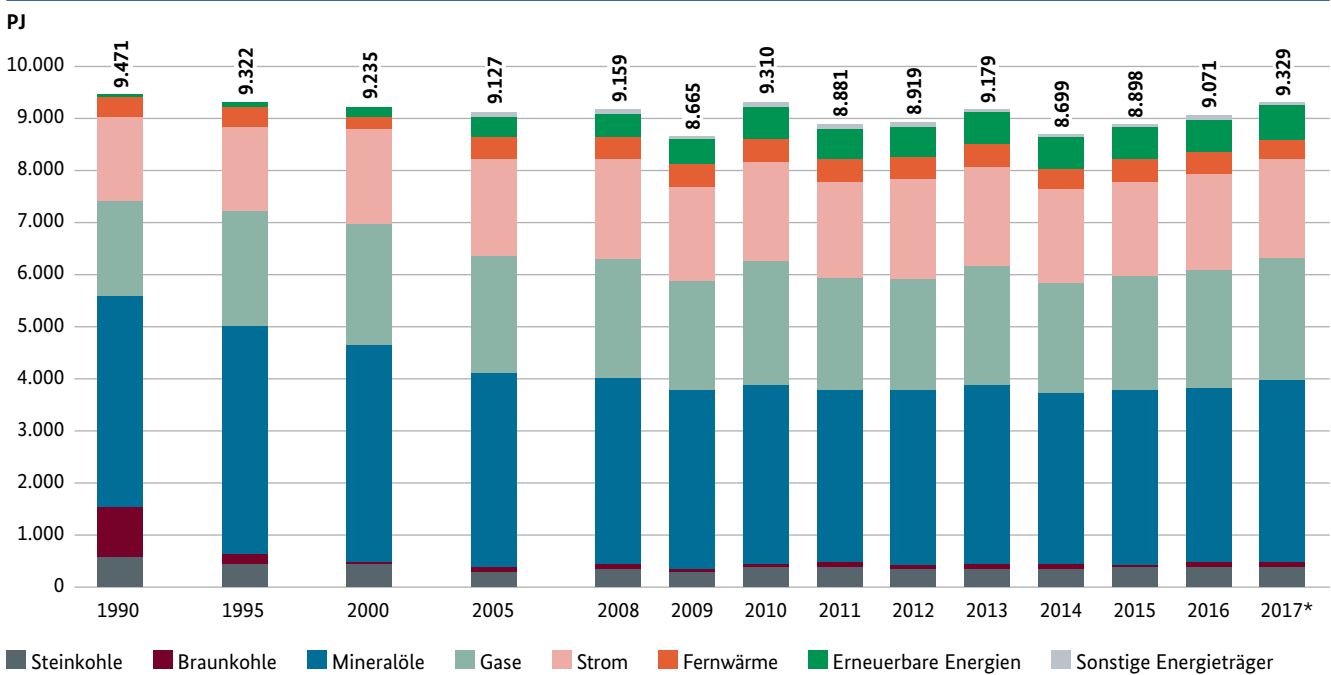
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

verbrauch. Auch Witterungsänderungen, die sich auf den Bedarf an Wärmeenergie auswirken, haben großen Einfluss auf die Verbrauchsentwicklung. So war der hohe EEV der Jahre 2010 und 2013 den sehr niedrigen Temperaturen während der Heizperiode geschuldet. Im Jahr 2014 verbrauchten die privaten Haushalte aufgrund der milden Witterung hingegen 19,2 Prozent weniger Erdgas gegenüber dem Vorjahr. Die kühleren Wintermonate 2015 ließen den Verbrauch jedoch wieder um 10,2 Prozent steigen. Die Jahre 2016 und 2017 wichen dagegen nur wenig vom langjährigen Mittel ab.

Im Jahr 2017 lagen die sektoralen Anteile am EEV des Verkehrs bei rd. 29,5 Prozent (2.755 PJ), der Industrie bei 28,9 Prozent (2.700 PJ), der privaten Haushalte bei 26 Prozent (2.430 PJ) und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) bei 15,5 Prozent (1.443 PJ). Im Vergleich zum Vorjahr stieg der Energieverbrauch in allen Sektoren, d.h. Industrie um 91 PJ oder 3,5 Prozent, Verkehr um 66 PJ oder 2,4 Prozent, private Haushalte um 53 PJ oder 2,2 Prozent sowie GHD um 47 PJ oder 3,4 Prozent.

In 2017 waren Mineralölprodukte mit einem Anteil von 37,5 Prozent (3.496 PJ) die mit Abstand wichtigsten Endenergieträger. Gase deckten 25,4 Prozent (2.367 PJ) des Endenergieverbrauchs ab. Der Anteil des Stroms belief sich auf 20,1 Prozent (1.871 PJ). Erneuerbare Energien mit 6,8 Prozent (637 PJ), Fernwärme mit 4,4 Prozent (411 PJ) und Steinkohlenprodukte mit 4,1 Prozent (382 PJ) hatten ebenfalls bedeutende Anteile am EEV. Braunkohlenprodukte (1 Prozent bzw. 90 PJ) und sonstige Energieträger (0,8 Prozent bzw. 74 PJ) ergänzten den Endenergiemix im Jahr 2017. Im Vergleich zum Vorjahr stieg vor allem der Verbrauch von Gasen (um 139 PJ oder 6,2 Prozent), die in den Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), private Haushalte und Industrie verstärkt eingesetzt wurden, sowie Mineralölprodukten (um 105 PJ oder 3,1 Prozent), für die es in den Sektoren Verkehr und Industrie eine stärkere Nachfrage gab.

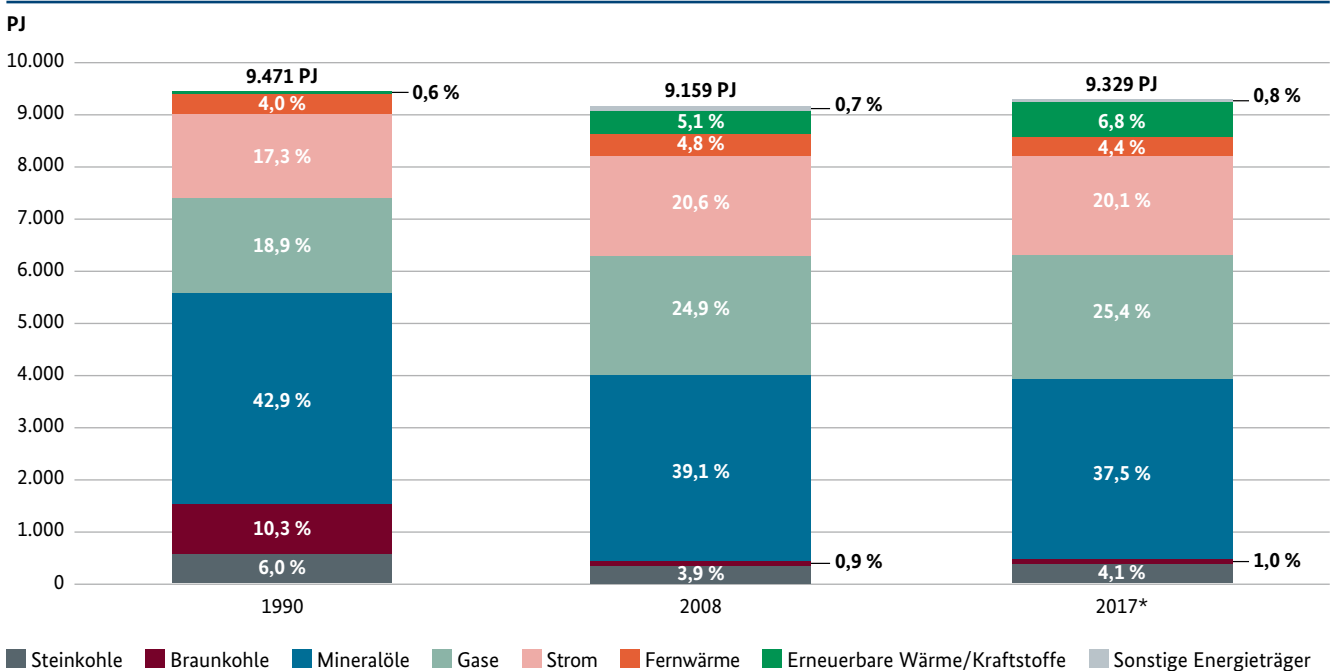
Abbildung 8: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

Abbildung 9: Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2017



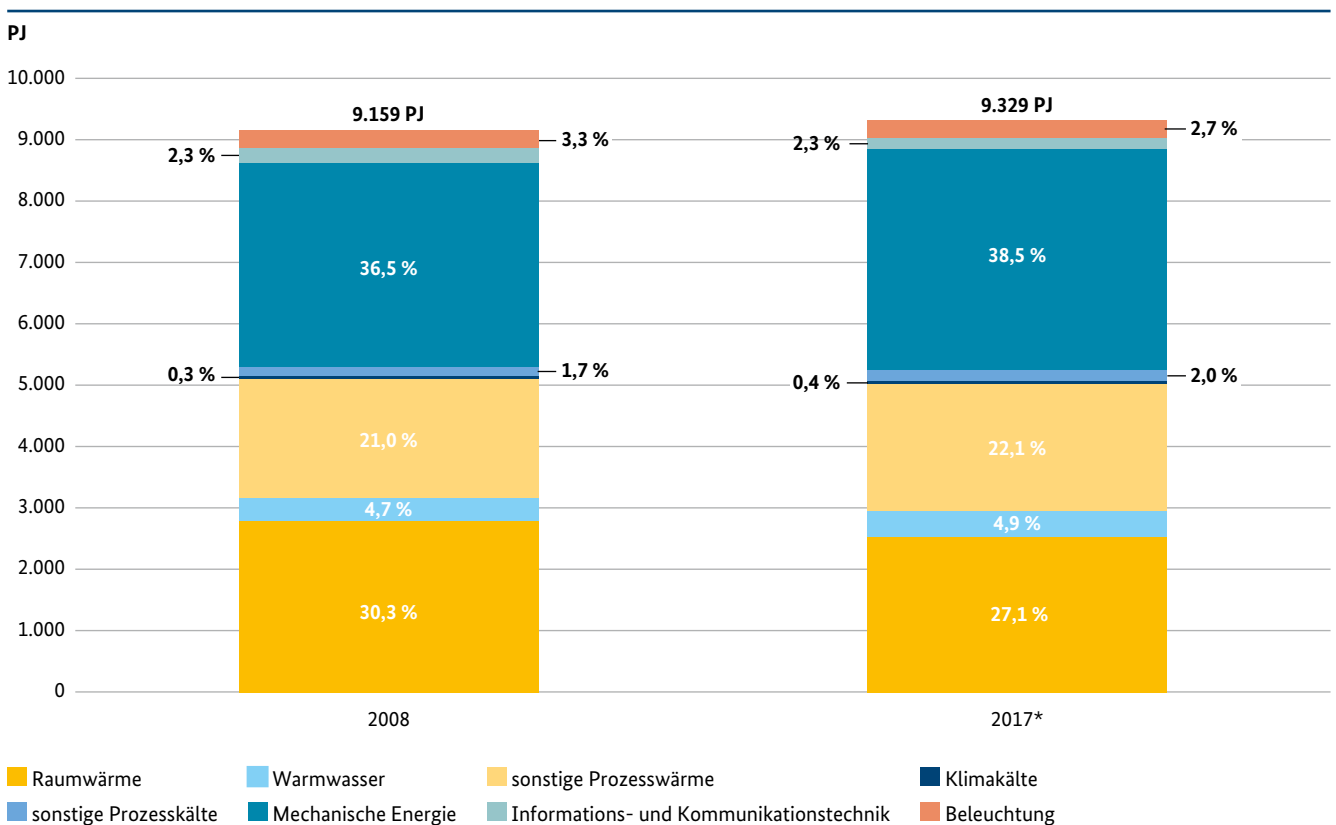
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen

Der größte Teil der Endenergie im Jahr 2017 wurde mit 3.590 PJ (38,5 Prozent) zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt, gefolgt von Raumwärme mit 2.530 PJ (27,1 Prozent) und Prozesswärme mit 2.059 PJ (22,1 Prozent).

Abbildung 10: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

Die Anteile der einzelnen Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch werden mit Abstand von den drei größten dominiert, d.h. mechanische Energie mit 3.590 PJ (38,5 Prozent), Raumwärme mit 2.530 PJ (27,1 Prozent) und Prozesswärme mit 2.059 PJ (22,1 Prozent). Diese Dominanz hat sich seit 2008 kaum verändert.

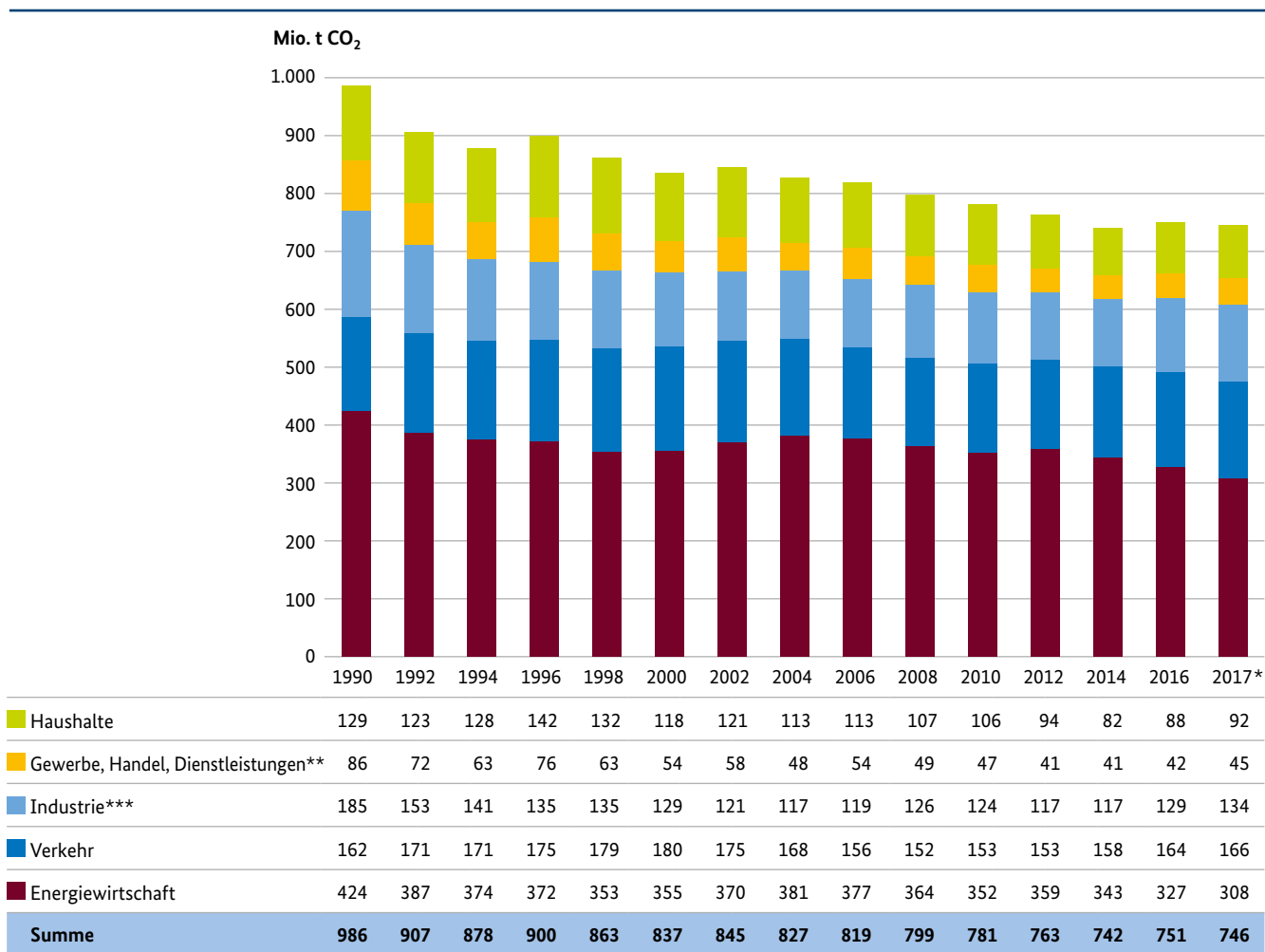
Zu verzeichnen ist im Jahr 2017 im Vergleich zu 2008 ein Anstieg des Energieeinsatzes für mechanische Energie um 247 PJ oder 7,4 Prozent. Dies lässt sich durch eine steigende Verkehrsleistung im Verkehrssektor sowie einen vermehr-

ten Stromeinsatz für Motoranwendungen im Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor erklären. Der Energieeinsatz für Raumwärme ist im selben Zeitraum hingegen trotz Bevölkerungswachstums (nicht temperaturbereinigt) um 242 PJ oder 8,7 Prozent gesunken. Dies liegt vor allem an der energetischen Sanierung des Altbaubestandes und dem Einbau effizienterer Heizsysteme. Darüber hinaus stieg der Endenergieverbrauch an sonstiger Prozesswärme um 134 PJ oder 7 Prozent, was auf das anhaltende Wirtschaftswachstum zurückzuführen ist.

3.4 Verbrennungsbedingte CO₂-Emissionen im Energiebereich

Im Jahr 2017 lagen die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen im Energiebereich bei 746 Millionen Tonnen CO₂. Damit wurden 24,4 Prozent weniger CO₂ als im Jahr 1990 freigesetzt.

Abbildung 11: Entwicklung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen im Energiebereich 1990–2017



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

* Schätzung

** einschließlich Militär und Landwirtschaft (energiebedingt)

*** nur Emissionen aus Industriefeuerungen, keine Prozessemissionen

Der langfristige Trend des verbrennungsbedingten Ausstoßes von Kohlenstoffdioxid (CO₂) im Energiebereich ist rückläufig. Im Jahr 2017 wurden 24,4 Prozent weniger CO₂ durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt als im Jahr 1990 (UBA 2019a). Hauptquelle für die Emissionen von rund 746 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2017 war mit 41,3 Prozent die Energiewirtschaft, also die öffentliche Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien sowie Erzeuger von Festbrennstoffen. Danach folgten der Verkehrssektor mit 22,3 Prozent, Industrie mit 18 Prozent, private Haushalte mit 12,3 Prozent sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 6,1 Prozent.

Überall, wo fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas oder Mineralöl in Verbrennungsprozessen in elektrische oder thermische Energie umgewandelt werden, wird CO₂ freigesetzt. Diese verbrennungsbedingten Emissionen entstehen in Kraftwerken der öffentlichen Versorgung oder Industriekraftwerken. Im Industriebereich werden die verbrennungsbedingten 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 verbrennungsbedingte Emissionen vor allem durch das Heizen mit fossilen Energieträgern und im Verkehrsbereich durch Abgase aus Verbrennungsmotoren.

Der verbrennungsbedingte 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.

Im Jahr 2017 sind die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen im Energiebereich im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um rund 5 Mio. Tonnen oder 0,7 Prozent gesunken. Die Minderung von rund 19 Mio. Tonnen CO₂ oder 5,9 Prozent in der Energiewirtschaft wurde teilweise kompensiert durch gestiegene Emissionen in den Endverbrauchssektoren.

Mit rund 746 Millionen Tonnen CO₂ entsprachen die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen im Energiebereich 93,4 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen.⁶ Die restlichen 6,6 Prozent der CO₂-Emissionen sind prozessbedingte Emissionen, die im Zusammenhang mit Industrieprozessen, Landwirtschaft und diffusen Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen stehen.

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 verbrennungsbedingte CO₂-Ausstoß im Energiebereich.

Neben Kohlenstoffdioxid zählen Methan, Lachgas und die sogenannten F-Gase mit zu den Treibhausgasen. Insgesamt wurden 2017 in Deutschland Treibhausgase im Umfang von rund 907 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt.^{7, 8} Die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen im Energiebereich waren demnach für 82,2 Prozent der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (UBA 2019a).

6 Ohne CO₂-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft.

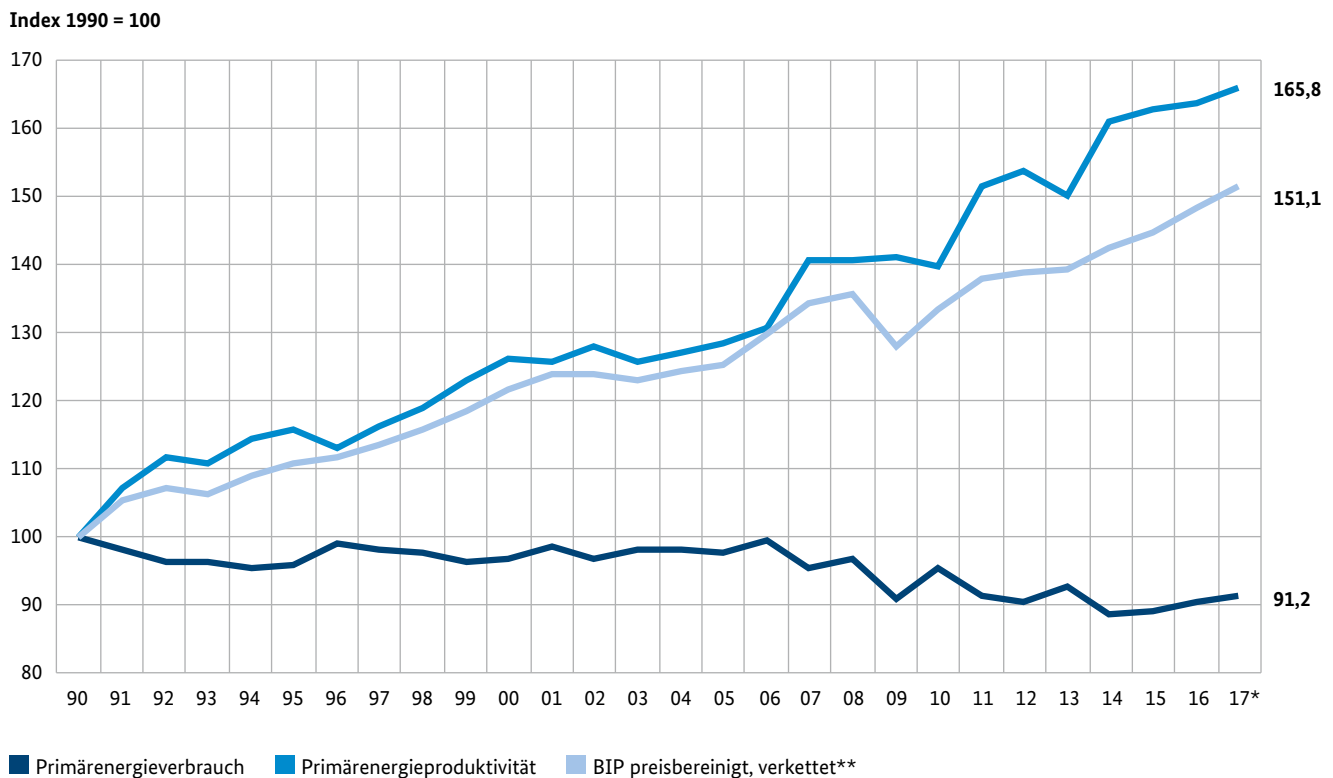
7 Ohne THG-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft.

8 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 von 1990 bis 2017 um 65,8 Prozent gestiegen. Die Endenergieproduktivität hat sich im selben Zeitraum um 53,5 Prozent erhöht.

Abbildung 12: Primärenergieverbrauch und -produktivität



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 09/2018

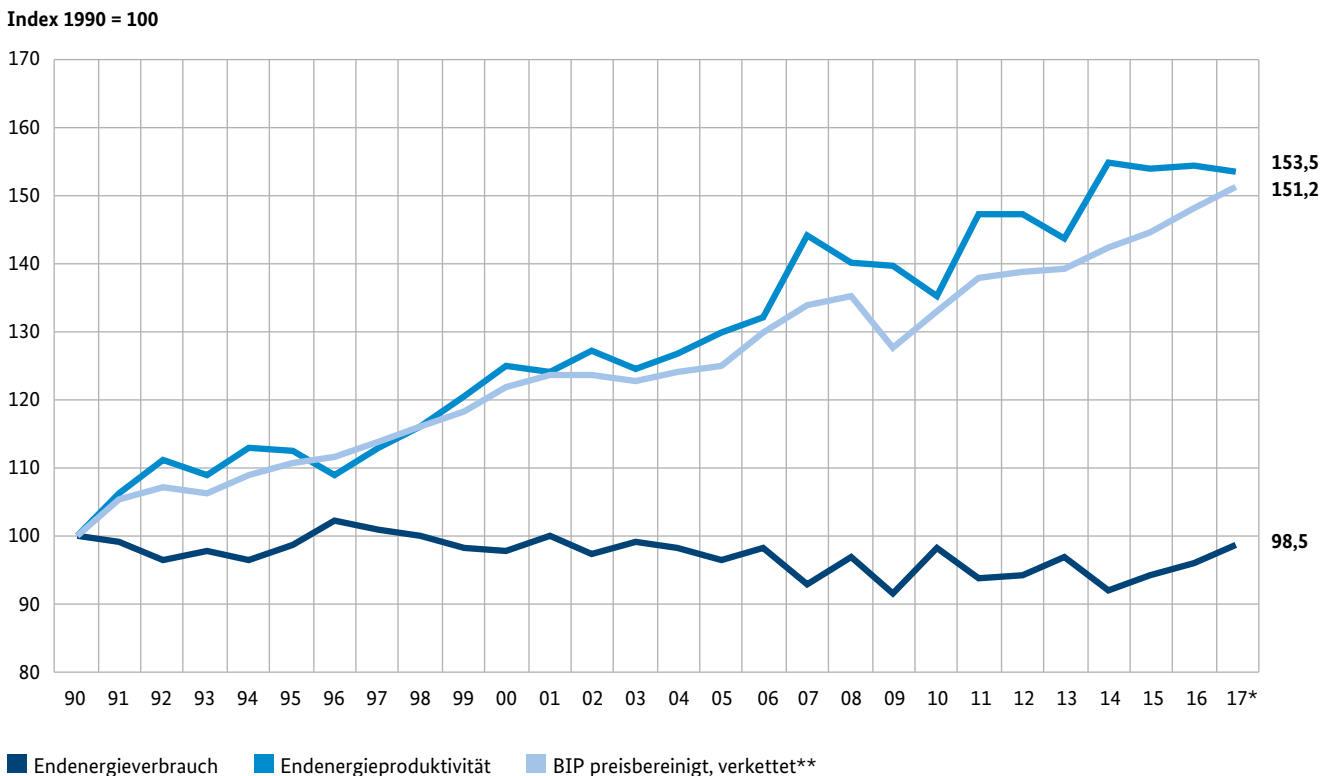
Bezogen auf den Primärenergieverbrauch hat sich die Energieproduktivität (s. Glossar) im Zeitraum von 1990 bis 2017 um 65,8 Prozent erhöht. Die entsprechende durchschnittliche Wachstumsrate⁹ der Energieproduktivität betrug 1,8 Prozent pro Jahr. Die Energieproduktivität im Jahr 2017 hat sich gegenüber dem Vorjahr nochmals um 1,4 Prozent verbessert.

Das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt stieg von 1990 bis 2017 um 51,2 Prozent, während der PEV im gleichen Zeit-

raum um 8,8 Prozent zurückging. 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.

$$9 \quad \text{Durchschnittliche Wachstumsrate} = \left(\frac{\text{Aktuelles Jahr}}{\text{Basisjahr}} \right)^{\frac{1}{\text{Anzahl der Jahre}}} - 1$$

Abbildung 13: Endenergieverbrauch und -produktivität



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 09/2018

Die Endenergieproduktivität hat sich im Zeitraum von 1990 bis 2017 um 53,5 Prozent erhöht, was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,5 Prozent pro Jahr entsprach. Im Zeitraum von 2008 bis 2017 betrug die jährliche Zunahme der Endenergieproduktivität durchschnittlich 0,9 Prozent und lag damit unter dem entsprechenden Zielwert von 2,1 Prozent. Während das Bruttoinlandsprodukt von 1990 bis 2017 um 51,2 Prozent wuchs, ging der Endenergieverbrauch um 1,5 Prozent zurück. Allerdings ist die Endenergieproduktivität im Jahr 2017 im Vergleich zum Vorjahr leicht zurückgegangen. Dies lässt sich auf den stärkeren Anstieg

des Endenergieverbrauchs (+2,8 Prozent) im Vergleich zum Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2017 (+2,2 Prozent) 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 4: 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 ausgesonderten 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.

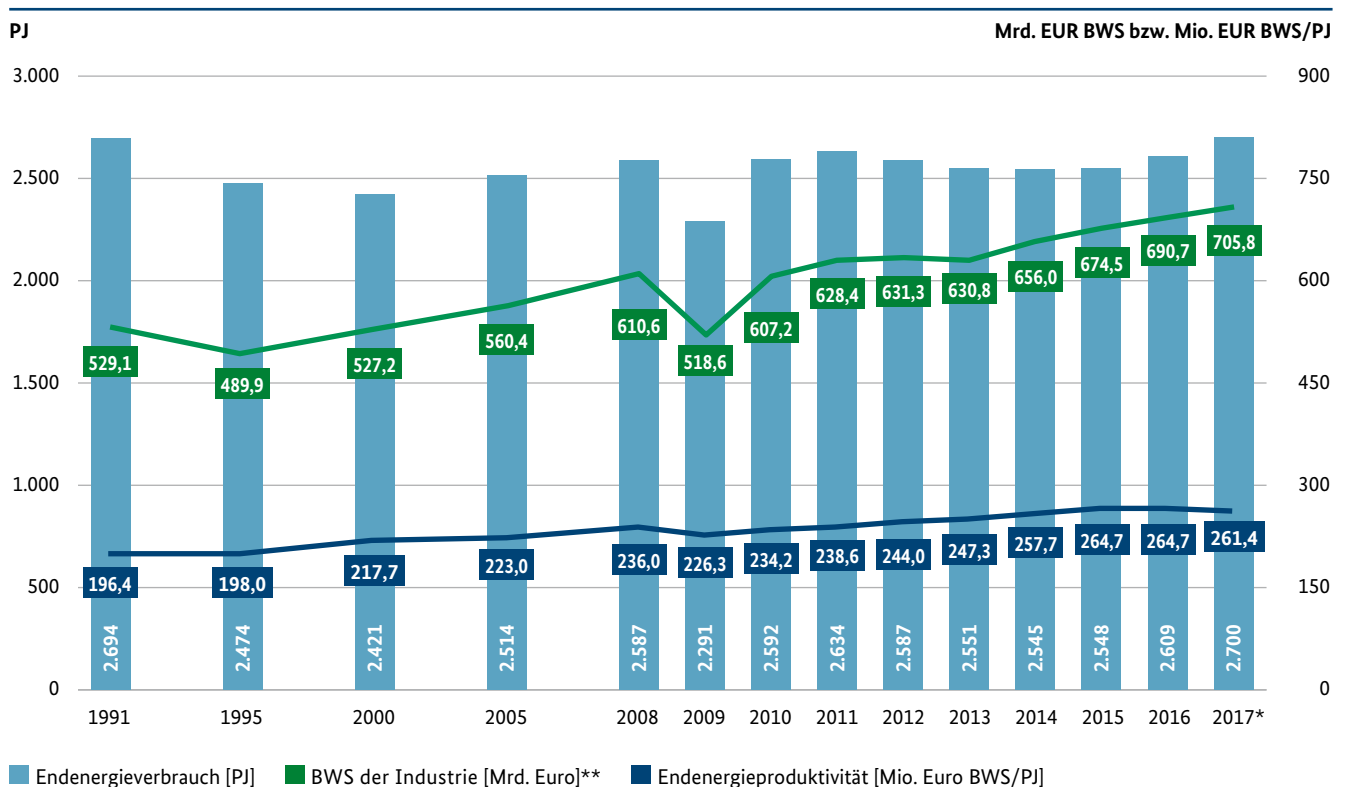
- **Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte:** Aufgrund veränderter Nachfrage-, Produktions- und Verteilungsstrukturen infolge technologischer Effizienzverbesserungen kann eine vermehrte gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Energie entstehen.

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 schwankte der Endenergieverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2017 und lag zuletzt wieder leicht über dem Niveau von 1991. Gleichzeitig ist die Endenergieproduktivität mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,1 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 33,1 Prozent gestiegen.

Abbildung 14: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

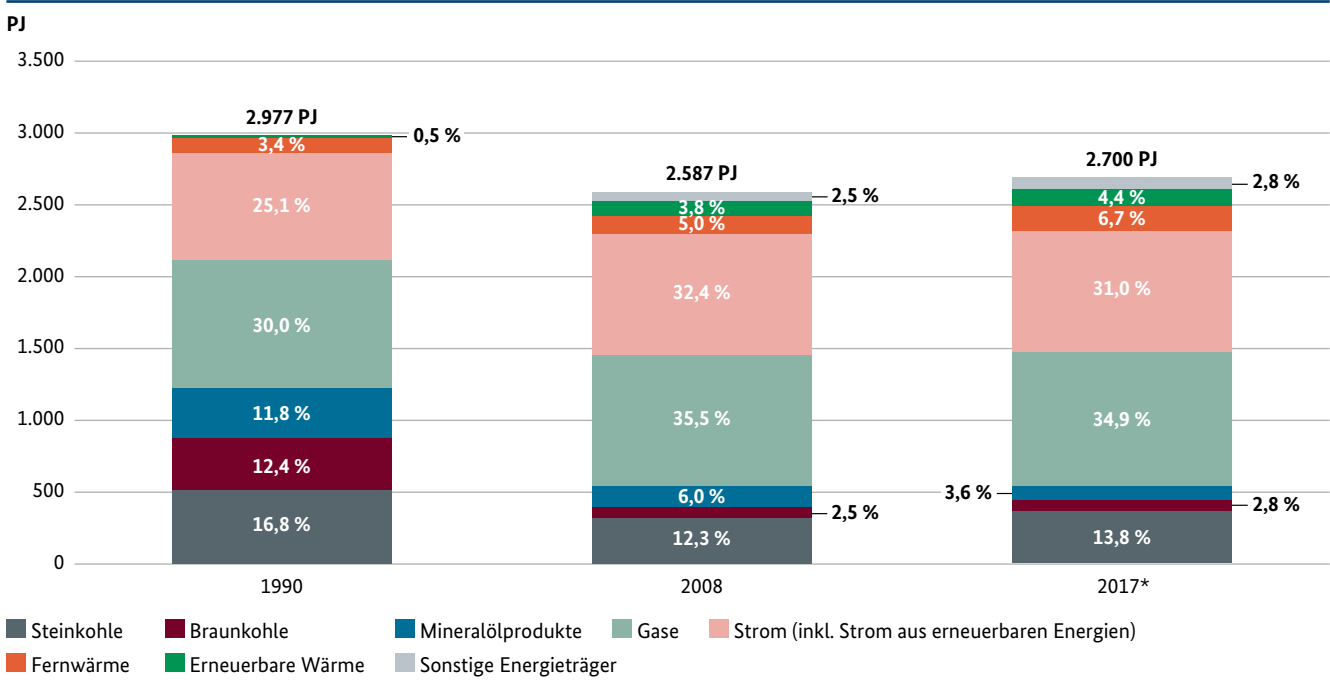
Im Sektor Industrie stieg der Endenergieverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2017 um 7 PJ oder 0,2 Prozent, während die Bruttowertschöpfung (BWS) um 177 Mrd. EUR oder 33,4 Prozent zulegte. Daraus resultierte ein Anstieg der Endenergieproduktivität für den gleichen Zeitraum um 33,1 Prozent.

Zwischenzeitlich sank der Endenergieverbrauch von 1991 bis 2002 um bis zu 13,8 Prozent. Dies war vorwiegend auf die wirtschaftlichen Umbrüche in den neuen Bundesländern seit 1990 zurückzuführen. Von 2008 bis 2016 war der

Endenergieverbrauch der Industrie, abgesehen von einem Einbruch im Krisenjahr 2009, bei steigender Bruttowertschöpfung mehr oder minder konstant. Im Jahr 2017 ist im Vergleich zum Vorjahr nunmehr ein Anstieg des Endenergieverbrauchs um 91 PJ oder 3,5 Prozent zu verzeichnen, was vor allem von der wiederum gestiegenen wirtschaftlichen Aktivität abhängt.

Der Endenergieverbrauch stieg im Zeitraum von 1991 bis 2017 durchschnittlich um 0,01 Prozent pro Jahr (nicht witterungsbereinigt), zumal der Verbrauch zwar

Abbildung 15: Endenergiemix der Industrie 1990, 2008 und 2017



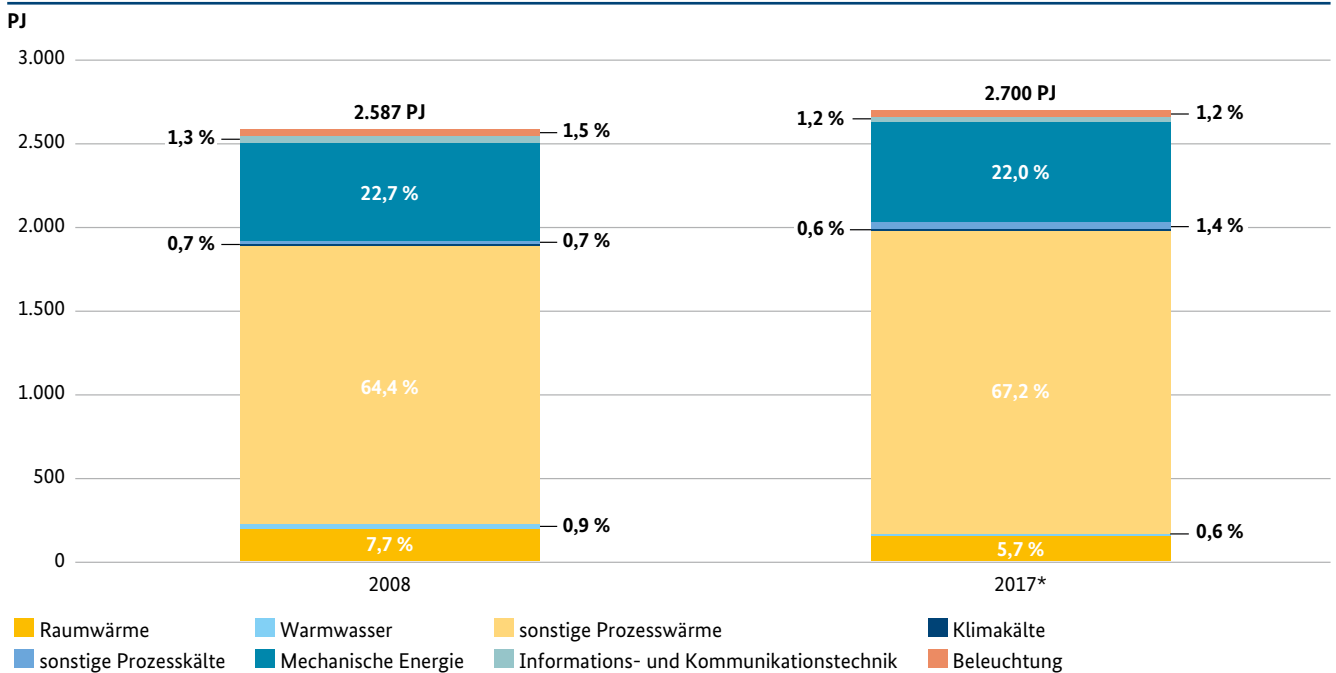
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

Schwankungen unterlag, doch zuletzt wieder leicht über dem Niveau von 1991 lag. Die gleichzeitige Steigerung der Bruttowertschöpfung um jahresdurchschnittlich 1 Prozent ergibt für die Endenergieproduktivität eine Wachstumsrate von durchschnittlich 1,1 Prozent pro Jahr.

Seit 1990 reduzierte sich der Endenergiemix vor allem bei Braunkohlen, Mineralölprodukten und Steinkohlen und stieg bei erneuerbarer Wärme, Strom und Fernwärme. Die Hauptenergieträger im Jahr 2017 waren jedoch mit Abstand weiterhin Gase mit 942 PJ (34,9 Prozent) und Strom mit 836 PJ (31 Prozent), gefolgt von Steinkohlen mit 374 PJ (13,8 Prozent) und Fernwärme mit 182 PJ (6,7 Prozent).

Abbildung 16: Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

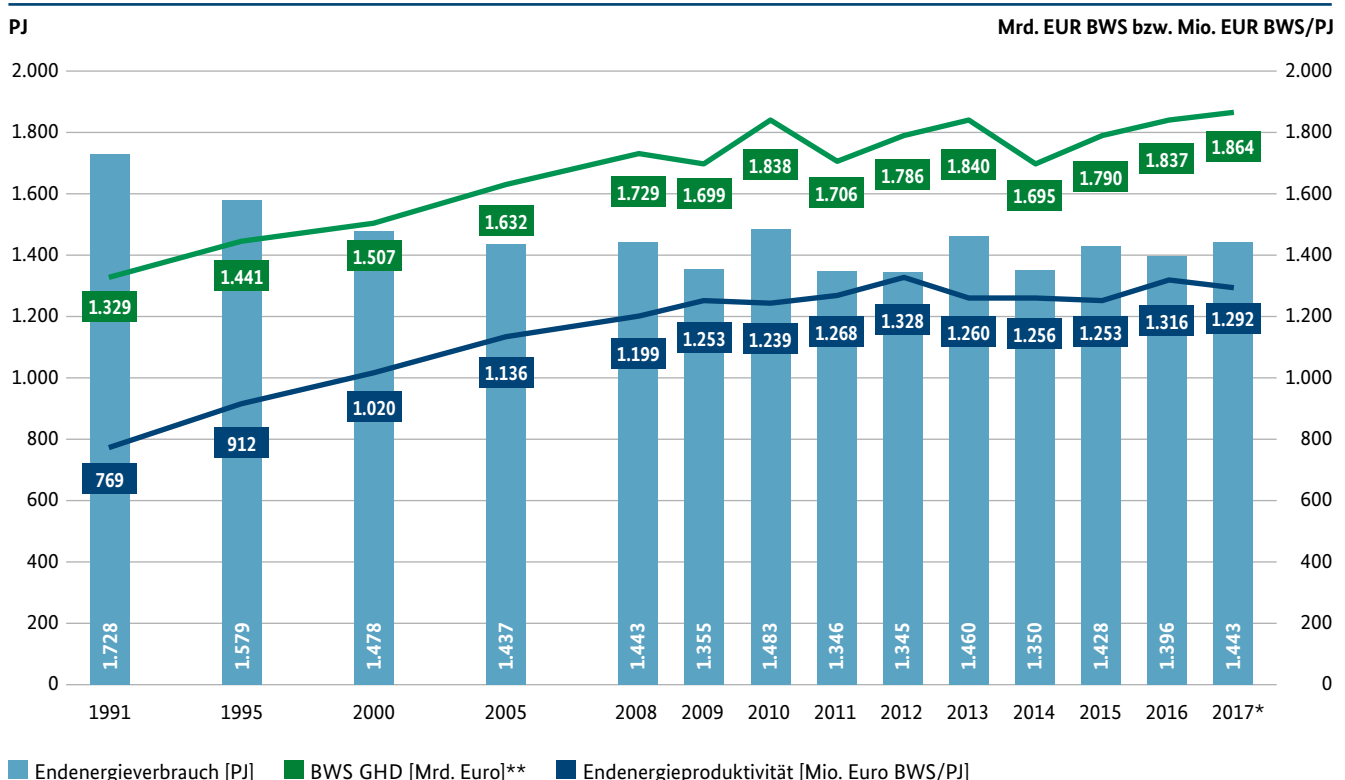
Bei den Anwendungsbereichen dominierte über die Jahre 2008 bis 2017 mit Abstand die Prozesswärme, die im Jahr 2017 1.815 PJ oder 67,2 Prozent des Endenergieverbrauchs ausmachte. Für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen wurden 594 PJ oder 22 Prozent

der Endenergie eingesetzt. Im Vergleich zum Vorjahr 2016 wurde in diesen beiden Anwendungsbereichen im Zuge der gesteigerten wirtschaftlichen Aktivität wiederum mehr Energie verbraucht.

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

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sank der Endenergieverbrauch von 1991 bis 2017 um 16,5 Prozent, wobei er von 2008 bis 2017 nach Schwankungen gleich geblieben ist. Die Endenergieproduktivität ist im Zeitraum von 1991 bis 2017 mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,9 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 67,9 Prozent gestiegen.

Abbildung 17: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

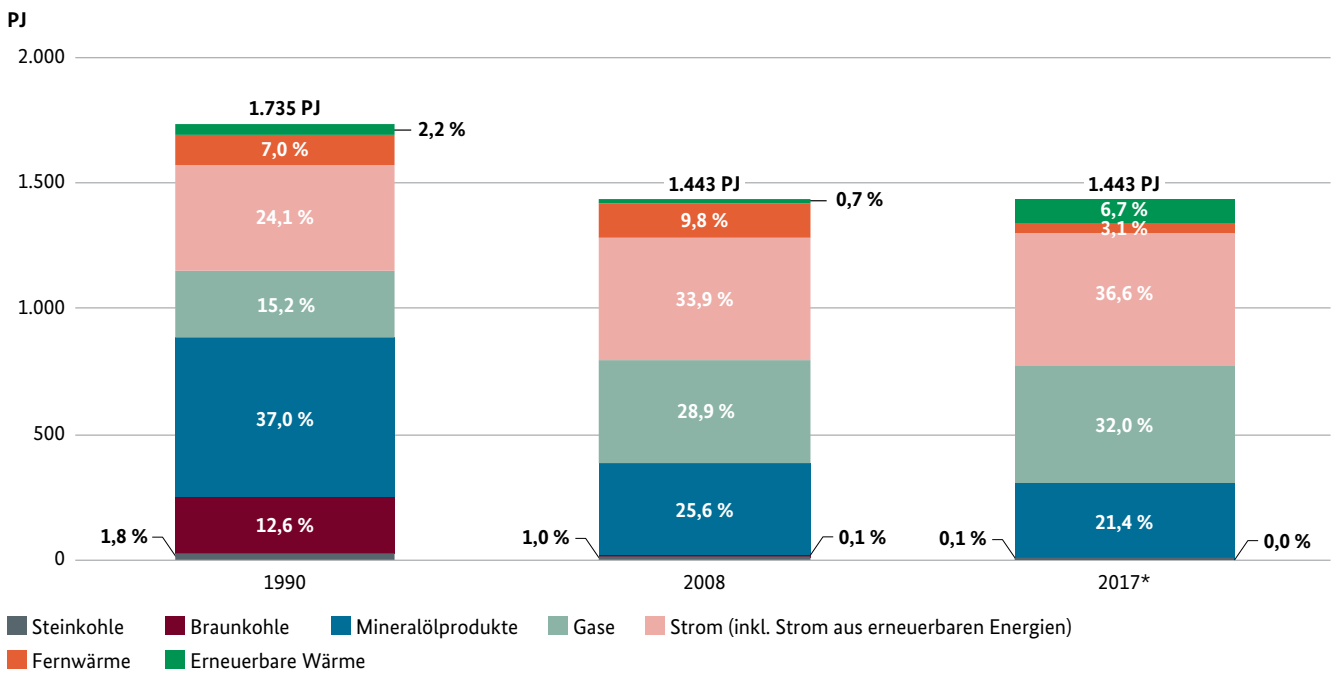
Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sank der Endenergieverbrauch von 1991 bis 2017 um 285 PJ oder 16,5 Prozent, während die Bruttowertschöpfung um 535 Mrd. EUR oder 40,2 Prozent zulegte. Daraus resultierte ein Anstieg der Endenergieproduktivität für den gleichen Zeitraum um 67,9 Prozent.

Im Jahr 2017 ist der Endenergieverbrauch im Vergleich zum Vorjahr um 47 PJ oder 3,4 Prozent angestiegen. Gegenüber dem Jahr 2008 ist er damit nach Schwankungen gleich geblieben, während die Bruttowertschöpfung um 7,8 Pro-

zent anstieg. Nach einem Einbruch im wirtschaftlichen Krisenjahr 2009 sind die Verbrauchsanstiege in 2010 und 2013 auf die relativ kalten Temperaturen während der Heizperiode zurückzuführen.

Der Endenergieverbrauch sank im Zeitraum von 1991 bis 2017 durchschnittlich um 0,7 Prozent pro Jahr (nicht witterungsbereinigt). Die gleichzeitige Steigerung der Bruttowertschöpfung um jahresdurchschnittlich 1,2 Prozent ergibt für die Endenergieproduktivität eine Wachstumsrate von durchschnittlich 1,9 Prozent pro Jahr.

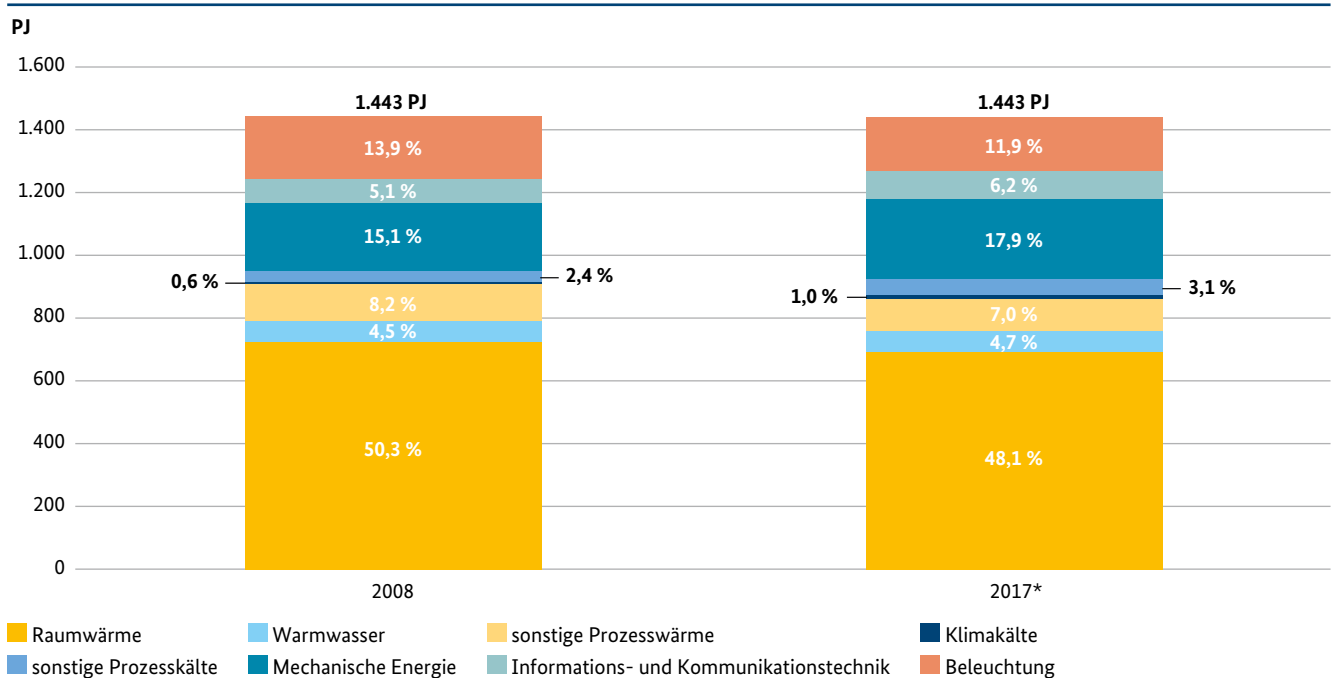
Abbildung 18: Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

Abbildung 19: Endenergieverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

Seit 1990 haben Mineralölprodukte an Bedeutung verloren. Im Jahr 2017 sind die Hauptenergieträger mittlerweile Strom mit 529 PJ oder 36,6 Prozent und Gase mit 461 PJ oder 32 Prozent. Braunkohle wurde aus dem Endenergiemix des GHD-Sektors, insbesondere durch einen Energieträgerwechsel im Bereich Raumwärme, verdrängt.

Der Anwendungsbereich Raumwärme dominierte über die Jahre 2008 bis 2017 mit Abstand den Endenergieverbrauch und war 2017 mit 693 PJ für 48,1 Prozent verantwortlich. Größere Anteile daran hatten auch mechanische Energie

mit 258 PJ oder 17,9 Prozent sowie Beleuchtung mit 171 PJ oder 11,9 Prozent.

Von 2008 bis 2017 ging der Energieverbrauch für Raumwärme um 32 PJ oder 4,4 Prozent, Beleuchtung um 29 PJ oder 14,6 Prozent und sonstige Prozesswärme um 16 PJ oder 14 Prozent zurück. Andererseits stieg der Energieeinsatz für mechanische Energie um 41 PJ oder 18,8 Prozent, Informations- und Kommunikationstechnik um 15 PJ oder 20,1 Prozent und sonstige Prozesskälte um 14 PJ oder 40 Prozent an.

Informationsbox 5: Sektoraler Wandel: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors

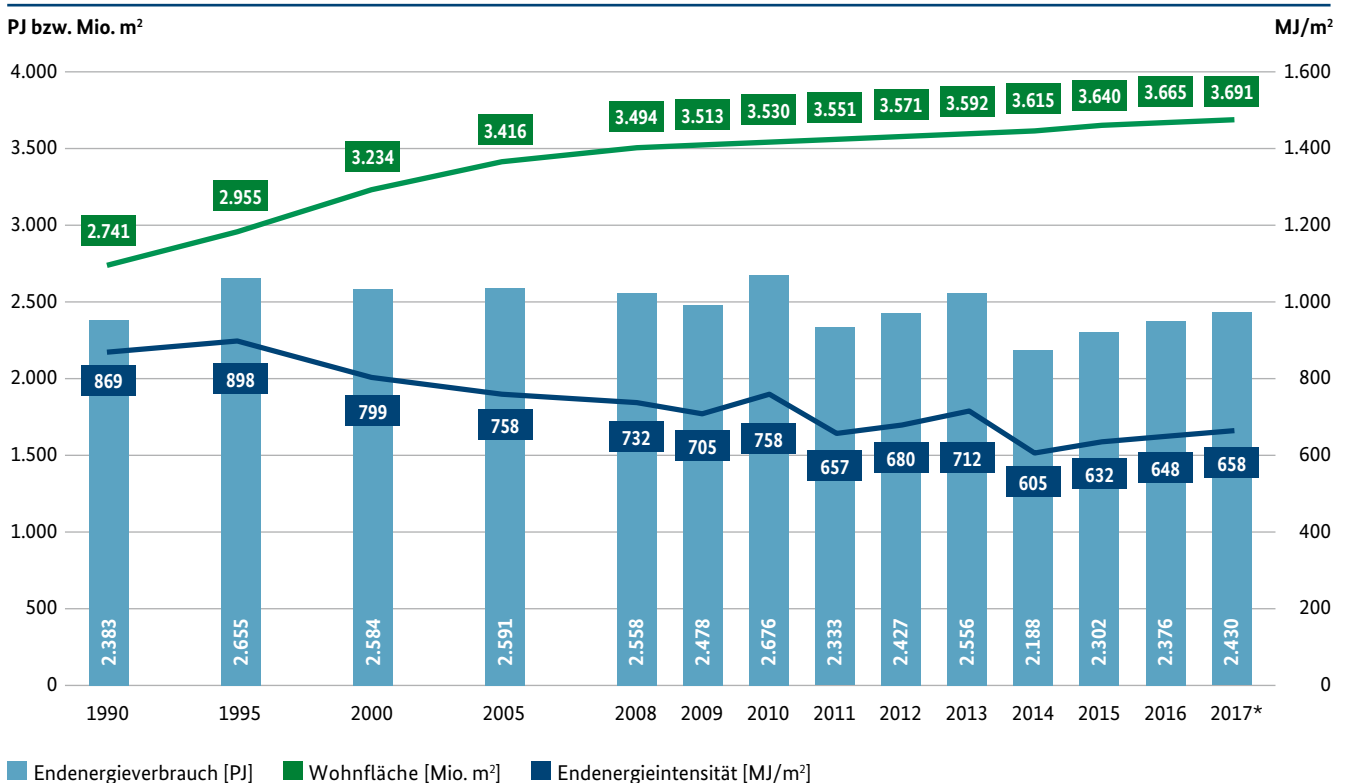
1991 erwirtschaftete der Dienstleistungssektor rd. 62 Prozent der gesamten realen Bruttowertschöpfung. Der Dienstleistungssektor umfasst u. a. Handelsunternehmen, das Banken- und Versicherungsgewerbe, die freien Berufe (Ärzte, Architektinnen, Rechtsanwälte usw.), den öffentlichen Dienst, aber auch Tourismus und das Gesundheitswesen. 2018 steuerte dieser tertiäre Sektor gut 68 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung bei. Der Anteil der Industrie reduzierte sich im gleichen Zeitraum von rd. 31 auf knapp 26 Prozent. Auch anhand der Beschäftigungsentwicklung ist der Bedeutungsgewinn des GHD-Sektors ablesbar. Die Beschäftigungszahl im Bereich der Dienstleistungen stieg von 1991 bis 2018 um über 40 Prozent. Im Industriesektor sind heute dagegen rd. 23 Prozent weniger Menschen angestellt als im Jahr 1991 (Destatis 2018).

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.

3.8 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte

Im Sektor private Haushalte stieg der Endenergieverbrauch im Zeitraum 1990 bis 2017 um 2 Prozent. Die Wohnfläche stieg im gleichen Zeitraum um 34,7 Prozent. Damit ist die Energieintensität, also der gesamte Endenergieverbrauch umgelegt auf die bewohnte Wohnfläche, in diesem Zeitraum um 24,3 Prozent zurückgegangen.

Abbildung 20: Endenergieverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

Die privaten Haushalte benötigten im Jahr 2017 mit 2.420 PJ (nicht witterungsbereinigt) 2 Prozent mehr Energie als 1990. Gleichzeitig wuchs die Wohnfläche um 950 Mio. Quadratmeter oder 34,7 Prozent, womit die Energieintensität (s. Glossar), also der gesamte Endenergieverbrauch umgelegt auf die bewohnte Wohnfläche, um 24,3 Prozent zurückging.

Aufgrund der Bedeutung der Raumwärme ist der Endenergieverbrauch der Haushalte stark witterungsabhän-

gig: In den Jahren 2010 und 2013 herrschten sehr strenge Winter, die zu einem erhöhten Energieeinsatz für Raumwärme führten. Dagegen war der Winter im Jahr 2014 sehr mild, was zu einem geringeren Wärmebedarf führte.

Langfristig gesehen haben 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. So stieg auch im Jahr 2017 der Endenergieverbrauch im Vergleich zum Vorjahr bei ähnlichen Witterungsverhältnissen um 53 PJ oder 2,2 Prozent an.

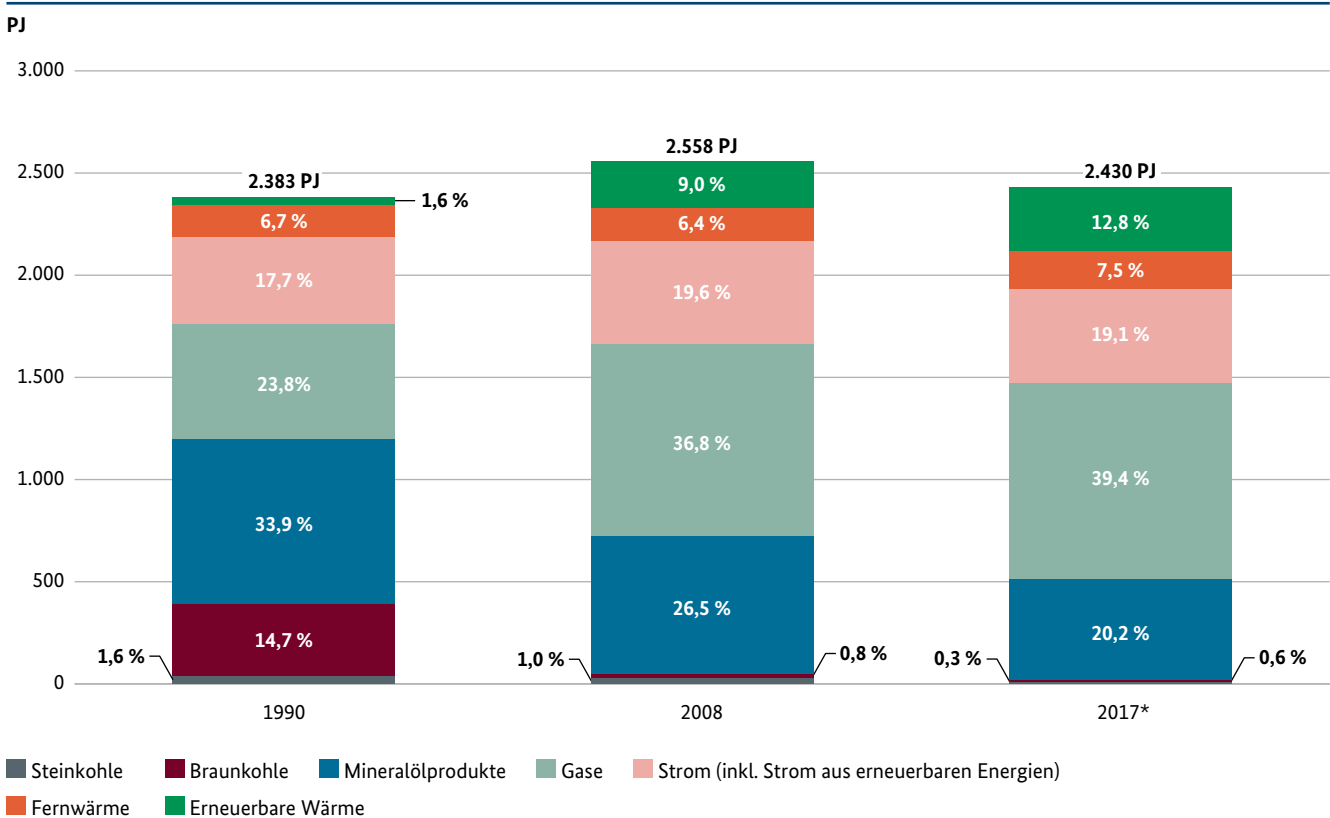
Die Veränderungsrate des Endenergieverbrauchs lag im Zeitraum von 1990 bis 2017 bei durchschnittlich 0,1 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Wohnfläche von jahresdurchschnittlich 1,1 Prozent im gleichen Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (Energieverbrauch pro Wohnfläche) durchschnittlich um 1 Prozent pro Jahr.

Verbrauchte jeder Einwohner Deutschlands 1990 im Durchschnitt 29,9 GJ (oder 8,3 MWh), so stieg dieser Wert bis zum Jahr 1996 auf 35,2 GJ (oder 9,8 MWh). Im Jahr 2017

sank dieser Wert auf 29,3 GJ (oder 8,1 MWh) pro Person. Im Vergleich zum Vorjahr stieg jedoch der Verbrauch pro Person um 549 MJ (oder 153 kWh).

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. Erdgas hatte im Jahr 2017 mit 958 PJ einen Anteil von 39,4 Prozent am Endenergieverbrauch. Mit 491 PJ oder 20,2 Prozent war der Anteil von Heizöl 2017 der geringste seit 1990 (807 PJ oder 33,9 Prozent). Der Stromverbrauch stieg zuletzt auf 464 PJ oder 19,1 Prozent des EEV. Auch erneuerbare Wärme (312 PJ oder 12,8 Prozent) und Fernwärme (183 PJ oder 7,5 Prozent) wurden verstärkt in privaten Haushalten eingesetzt. Braunkohle wurde hingegen fast nicht mehr genutzt.

Abbildung 21: Endenergiemix der privaten Haushalte 1990, 2008 und 2017



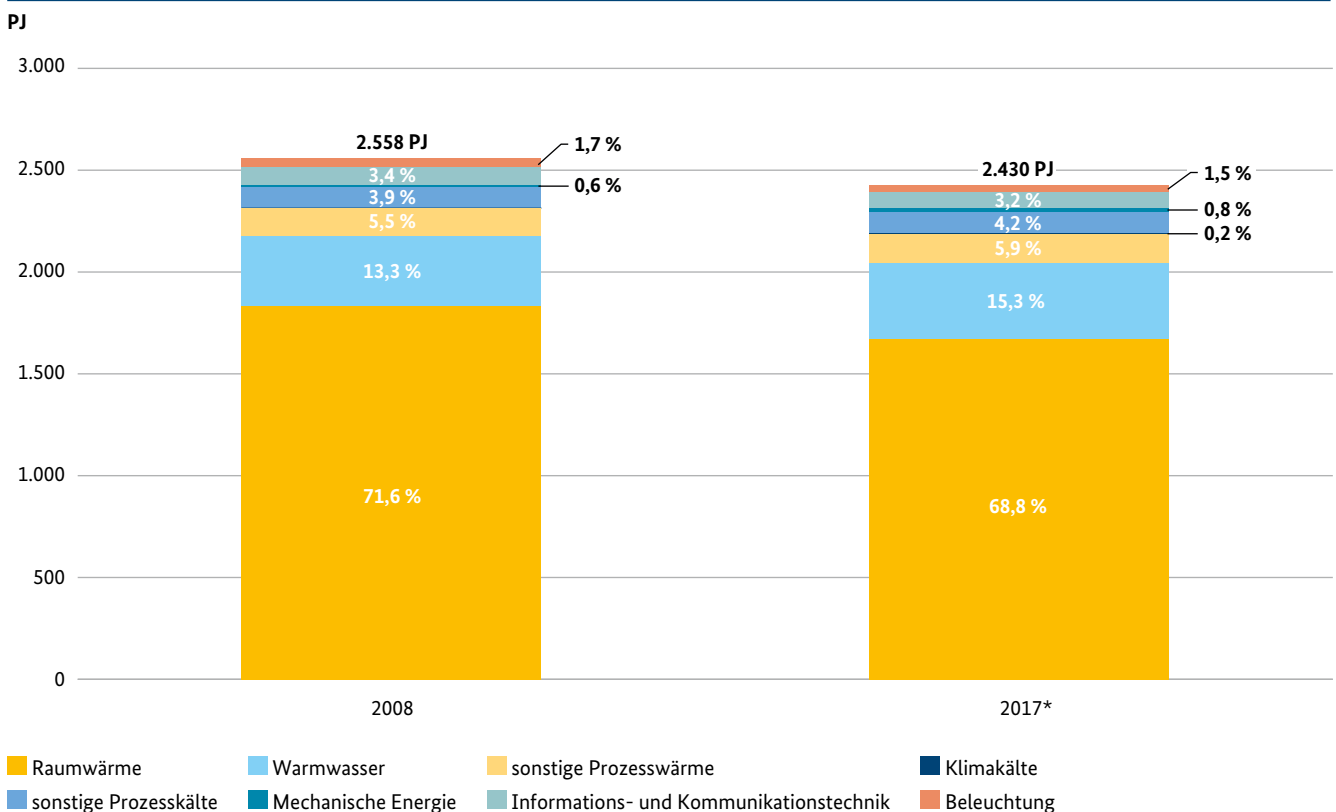
* vorläufige Angaben

Der Anwendungsbereich Raumwärme dominierte über die Jahre 2008 bis 2017 den Endenergieverbrauch und hatte im Jahr 2017 mit 1.671 PJ einen Anteil von über zwei Drittel (68,8 Prozent). Die übrigen Anwendungsbereiche entfielen auf den Energieverbrauch für Warmwasser mit 372 PJ oder 15,3 Prozent, sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 143 PJ oder 5,9 Prozent und Prozesskälte (vor allem Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln) mit 103 PJ oder 4,2 Prozent. Der Energieverbrauch für Informations- und Telekommunikationstechnik hatte mit 77 PJ oder 3,2 Prozent wie auch der für Beleuchtung mit 38 PJ oder 1,5 Prozent einen relativ geringen Anteil.

technik (-9 PJ oder -10,6 Prozent) und für Beleuchtung (-6 PJ oder -14,3 Prozent) ging zurück. Dies liegt vor allem an energieeffizienterer Unterhaltungselektronik bzw. daran, dass Glühbirnen durch modernere Beleuchtungsmittel verdrängt wurden. Gestiegen ist dagegen der Energieeinsatz für mechanische Energie (+6 PJ oder +42,3 Prozent), da immer mehr Antriebstechnik in die Haushalte einzieht.

Im Vergleich zu 2008 sank bis 2017 der Energieeinsatz für Raumwärme um 161 PJ oder 8,8 Prozent aufgrund energetischer Sanierungen und effizienterer Heizsysteme. Auch der Verbrauch für Informations- und Kommunikations-

Abbildung 22: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017

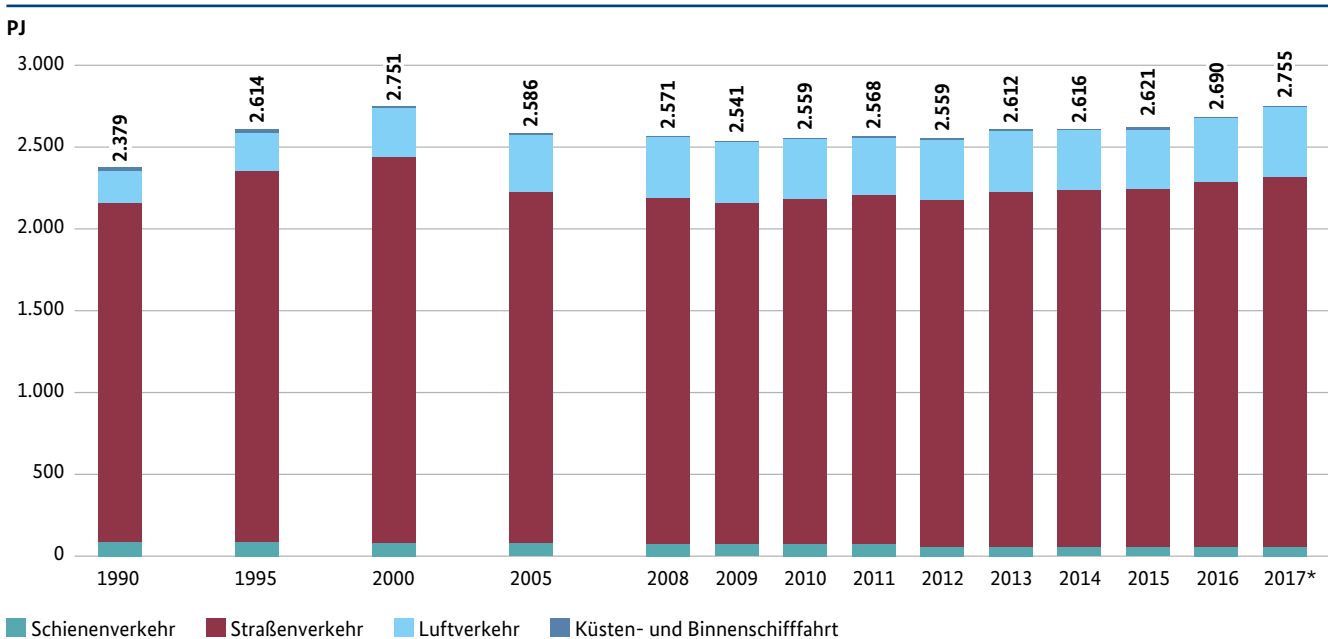


* vorläufige Angaben

3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr

Im Verkehrssektor ist der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) von 1990 bis 2017 um 15,8 Prozent gestiegen. Es werden zu über 94 Prozent Kraftstoffe aus Mineralöl eingesetzt. Biokraftstoffe und Strom spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle (derzeit ca. 5% des gesamten Endenergieverbrauches im Verkehrssektor).

Abbildung 23: Endenergieverbrauch – Verkehr (gemäß Inlandsabsatz)



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

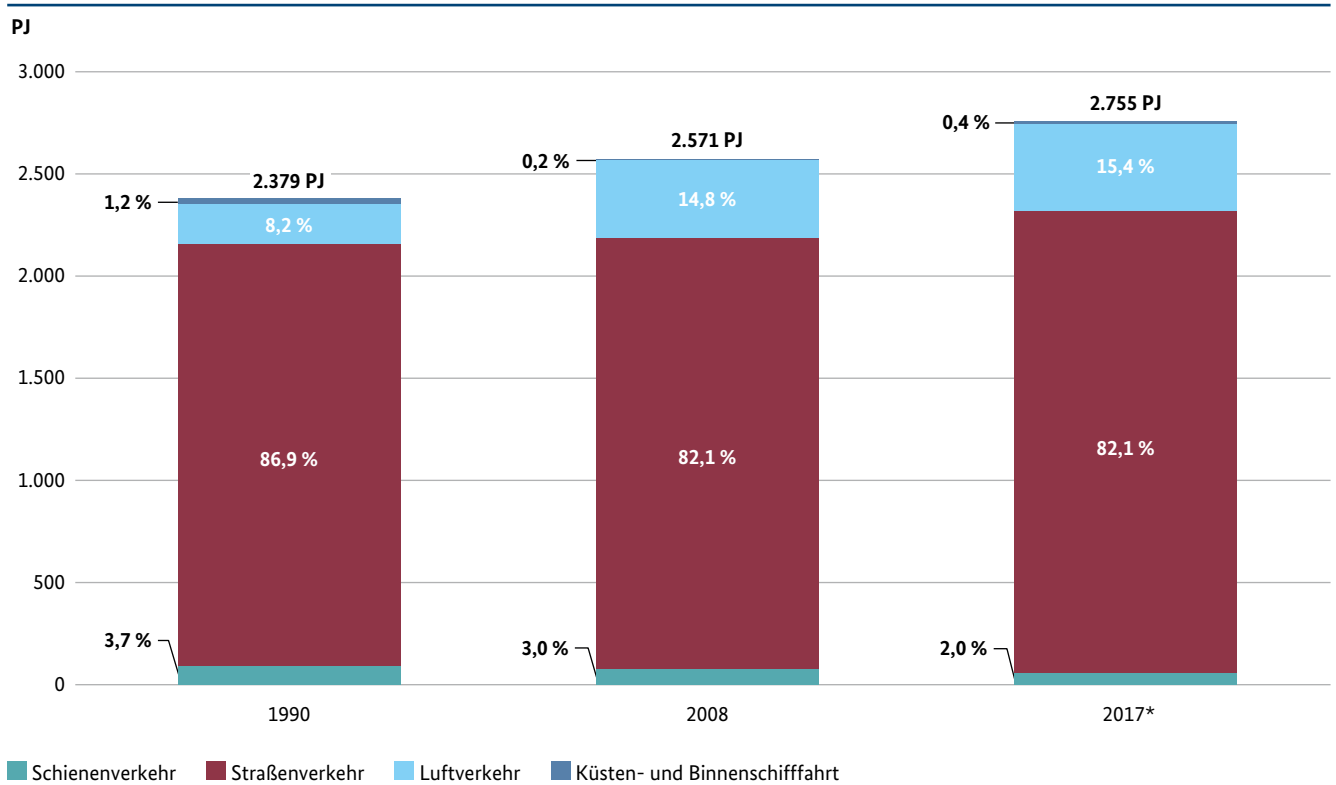
Im Verkehrssektor ist der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) von 1990 bis 2017 um 377 PJ oder 15,8 Prozent gestiegen. Zeitgleich wuchs die Verkehrsleistung im Personenverkehr um 465 Mrd. Personenkilometer oder 63,8 Prozent sowie im Güterverkehr um 396 Mrd. Tonnenkilometer oder 131,8 Prozent.

Generell hat das starke Wachstum im Personen- und Güterverkehr größere Effekte auf den absoluten Energieverbrauch als technische Verbesserungen an Fahr- und Flugzeugen.

Im Sektor Verkehr stieg der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) von 1990 bis 1999 um 402 PJ oder 16,9 Prozent, reduzierte sich von 1999 bis 2012 um 222 PJ oder 8 Prozent und stieg wieder von 2012 bis 2017 um 197 PJ oder 7,7 Prozent. Insgesamt ist der EEV im Verkehr von 1990 bis 2017 um 377 PJ oder 15,8 Prozent gestiegen auf insgesamt 2.755 PJ.

Maßgeblich war hierbei die Entwicklung des Straßenverkehrs mit einem Anteil von durchweg über 82 Prozent am EEV des Verkehrssektors. So trug der Verbrauch im Straßenverkehr zum Anstieg von 1990 bis 1999 um 337 PJ bei, zum Rückgang von 1999 bis 2012 um 286 PJ sowie zum Anstieg von 2012 bis 2017 um 145 PJ. Über die ganze Zeitspanne von 1990 bis 2017 wuchs der EEV im Straßenverkehr um 196 PJ oder 9,5 Prozent auf 2.262 PJ. Bei den übrigen Verkehrsträgern hingegen waren die Trends sowohl durch diese drei Phasen hindurch als auch über die gesamte Zeitspanne hinweg beständig. So gab es einerseits durchweg Rückgänge beim Schienenverkehr (-32 PJ oder -36,5 Prozent von 1990 bis 2017), der im Jahr 2017 56 PJ oder 2 Prozent des EEV im Sektor Verkehr ausmachte, und bei der Schifffahrt (-16 PJ oder -59,1 Prozent von 1990 bis 2017), die entsprechend 11 PJ oder 0,4 Prozent ausmachte. Durchweg Zuwächse verbuchte andererseits der Luftverkehr (+230 PJ oder +117,4 Prozent von 1990 bis 2017), der im Jahr 2017 für 426 PJ oder 15,4 Prozent des EEV im Verkehrssektor verantwortlich war.

Abbildung 24: Anteile der Verkehrsträger am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

Zur Betrachtung der Endenergieintensität¹⁰ 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 (das sogenannte Tank-Delta: Grauimporte, Tanktourismus) werden hierbei in Grundzügen berücksichtigt.

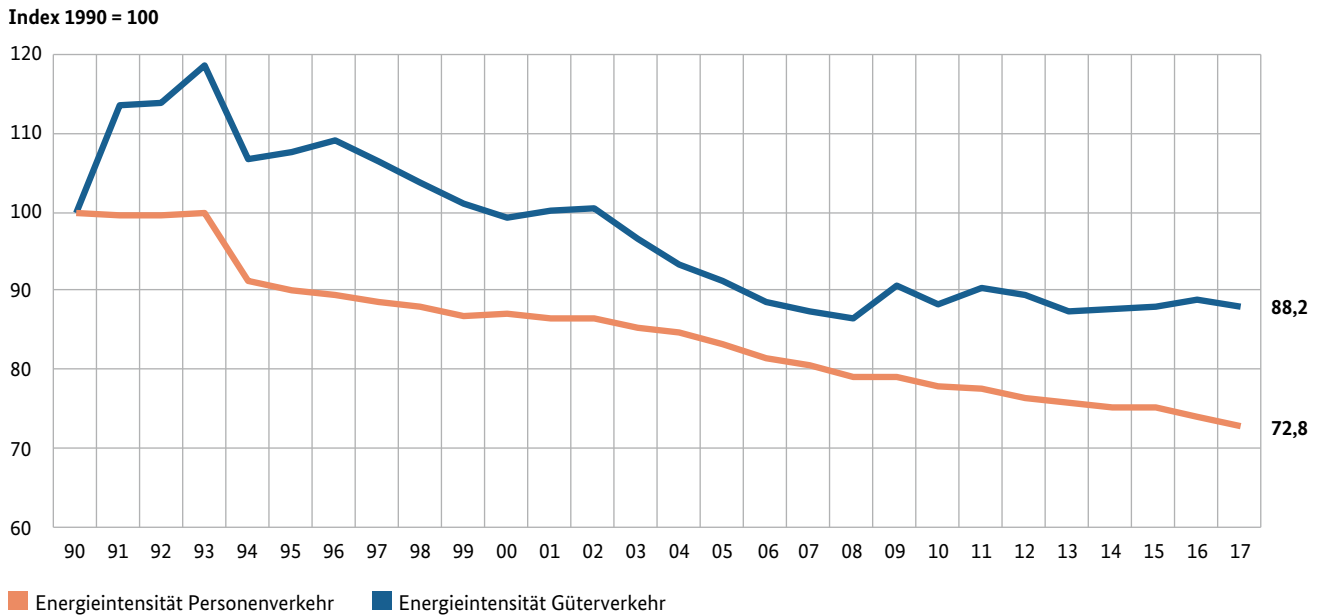
Im Personenverkehr lag somit die Veränderungsrate des Endenergieverbrauchs im Zeitraum von 1990 bis 2017 durchschnittlich bei 0,4 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Verkehrsleistung von jahresdurchschnittlich 1,6 Prozent im gleichen Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) durchschnittlich um 1,1 Prozent pro Jahr.

Im Güterverkehr lag die Veränderungsrate des Endenergieverbrauchs im Zeitraum von 1990 bis 2017 durchschnittlich bei 1,8 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Verkehrsleistung von jahresdurchschnittlich 2,2 Prozent im gleichen Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) durchschnittlich um 0,4 Prozent pro Jahr.

Beim Energieträgermix dominierten seit 1990 Mineralölprodukte mit einem Anteil von durchweg über 91 Prozent und deckten im Jahr 2017 2.598 PJ oder 94,3 Prozent des EEV im Verkehrssektor ab. Biokraftstoffe und Strom spielten bislang nur eine untergeordnete Rolle und machten zuletzt 4 Prozent (109 PJ) bzw. 1,5 Prozent (42 PJ) aus. Auch Gase werden kaum verwendet und hatten mit 5 PJ einen Anteil von 0,2 Prozent am EEV des Verkehrssektors.

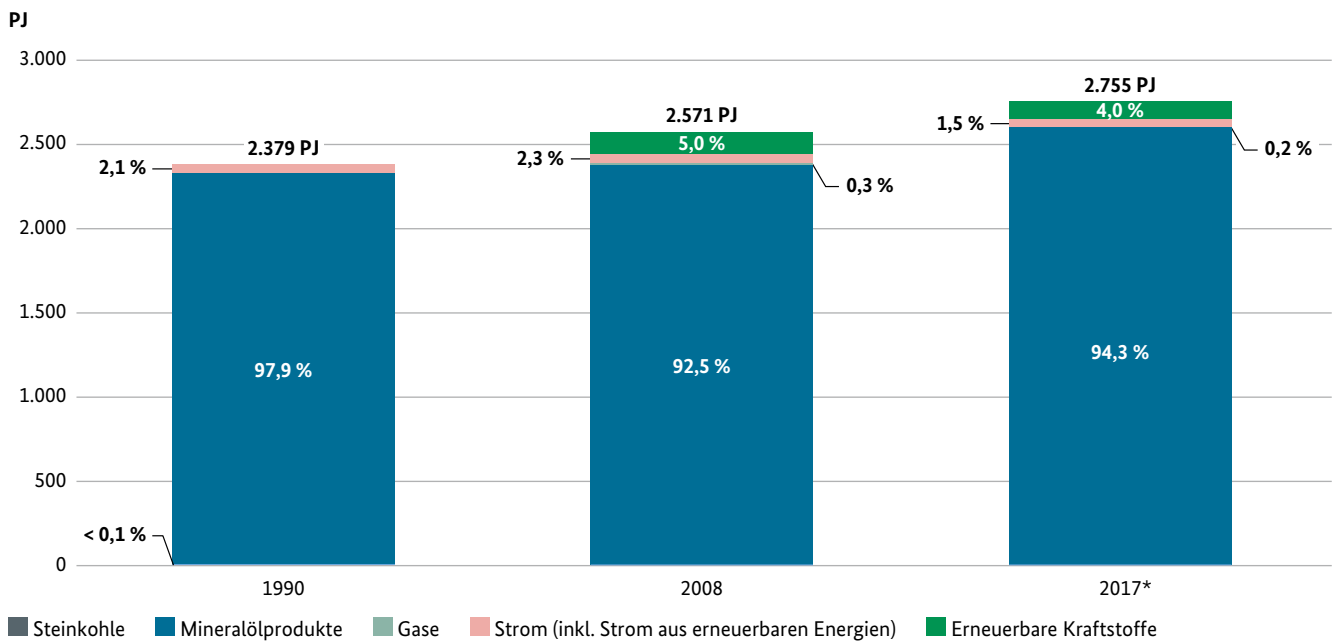
¹⁰ Die Energieintensität im Personenverkehr berechnet sich aus dem Energieverbrauch geteilt durch die Personenkilometer. Letzteres ist das Produkt aus der Anzahl der beförderten Personen und der zurückgelegten Distanz. Im Güterverkehr wird die Energieintensität aus dem Energieverbrauch geteilt durch die Tonnenkilometer berechnet. Letzteres ist das Produkt aus der transportierten Masse und dem zurückgelegten Weg.

Abbildung 25: Energieintensität – Personen- und Güterverkehr (Energieverbräuche pro Verkehrsleistung inklusive Tank-Delta)



Quelle: UBA, Daten und Rechenmodell TREMOD, Version 5.82 (09/2018)

Abbildung 26: Endenergiemix des Verkehrs (gemäß Inlandsabsatz) 1990, 2008 und 2017



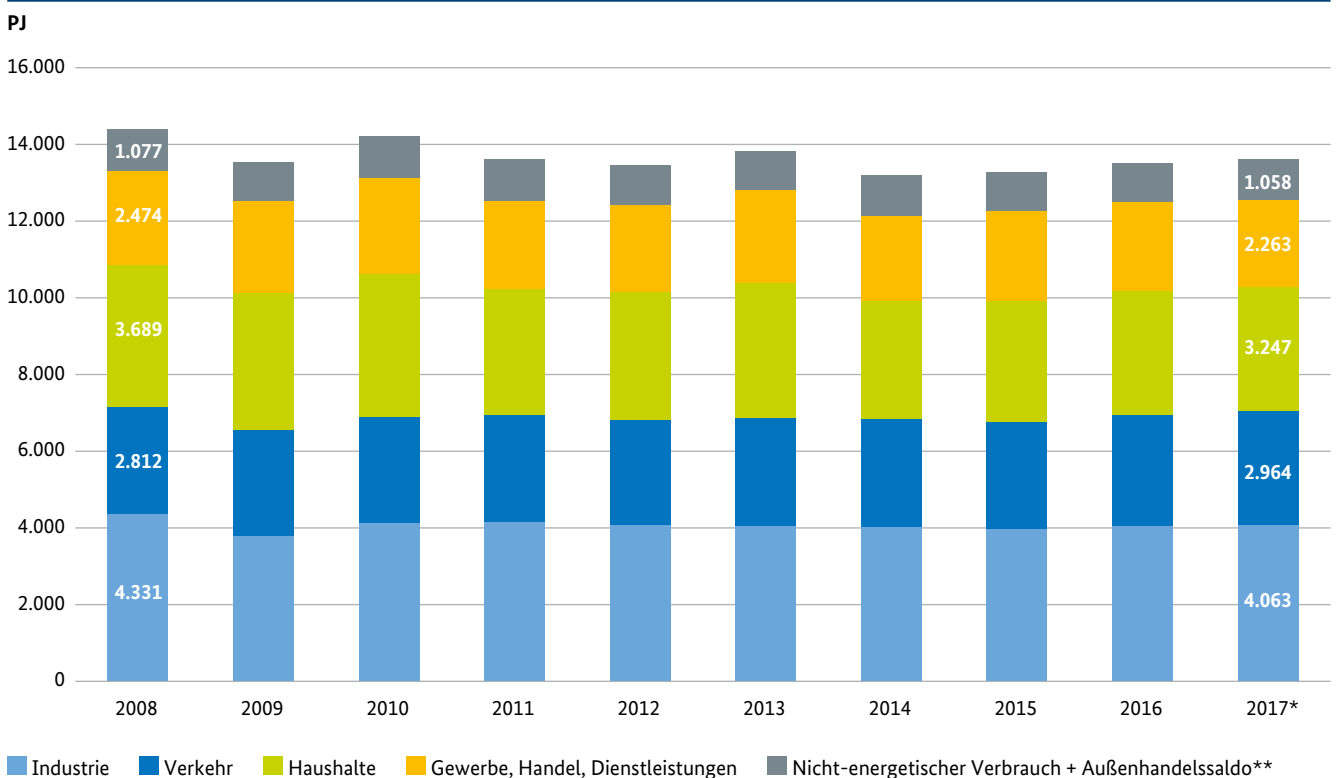
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

3.10 Verursacherbezogene 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 verursacherbezogen zuzuweisen. Seit 2008 hat sich der verursacherbezogene PEV für alle Sektoren mit Ausnahme des Verkehrs reduziert.

Abbildung 27: Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren



* vorläufige Angaben

** Außenhandel Strom und Fernwärme

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 07/2018

Wird die in Informationsbox 6 beschriebene Methode genutzt, um eine verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs auf die Sektoren vorzunehmen, so war die Industrie im Jahr 2017 mit 4.063 PJ für 29,9 Prozent des Primärenergieverbrauchs verantwortlich. Auf die privaten Haushalte entfielen 3.247 PJ oder 23,9 Prozent. Der Verkehr verursachte 21,8 Prozent bzw. 2.964 PJ des PEV. Der

GHD-Sektor hatte mit 16,6 Prozent (2.263 PJ) den geringsten Anteil der Verbrauchssektoren am Primärenergieverbrauch.¹¹ Die restlichen 7,8 Prozent (1.058 PJ) des Primärenergieverbrauchs verantworteten der nicht-energetische Verbrauch (NEV) und der positive Außenhandelsaldo mit Sekundärenergieträgern (Strom und Fernwärme).

11 Im Vergleich dazu lag der Endenergieverbrauch (EEV) der Industrie im Jahr 2017 bei 2.700 PJ und der EEV der privaten Haushalte bei 2.430 PJ. Im selben Jahr wurden im Verkehrssektor Endenergieträger in der Menge von 2.755 PJ verbraucht. Im GHD-Sektor waren es 1.443 PJ.

Informationsbox 6: Verursacherbezogene 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 Verursacherbezogene 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 94 Prozent aus Kraftstoffen, hergestellt aus Rohöl. In der

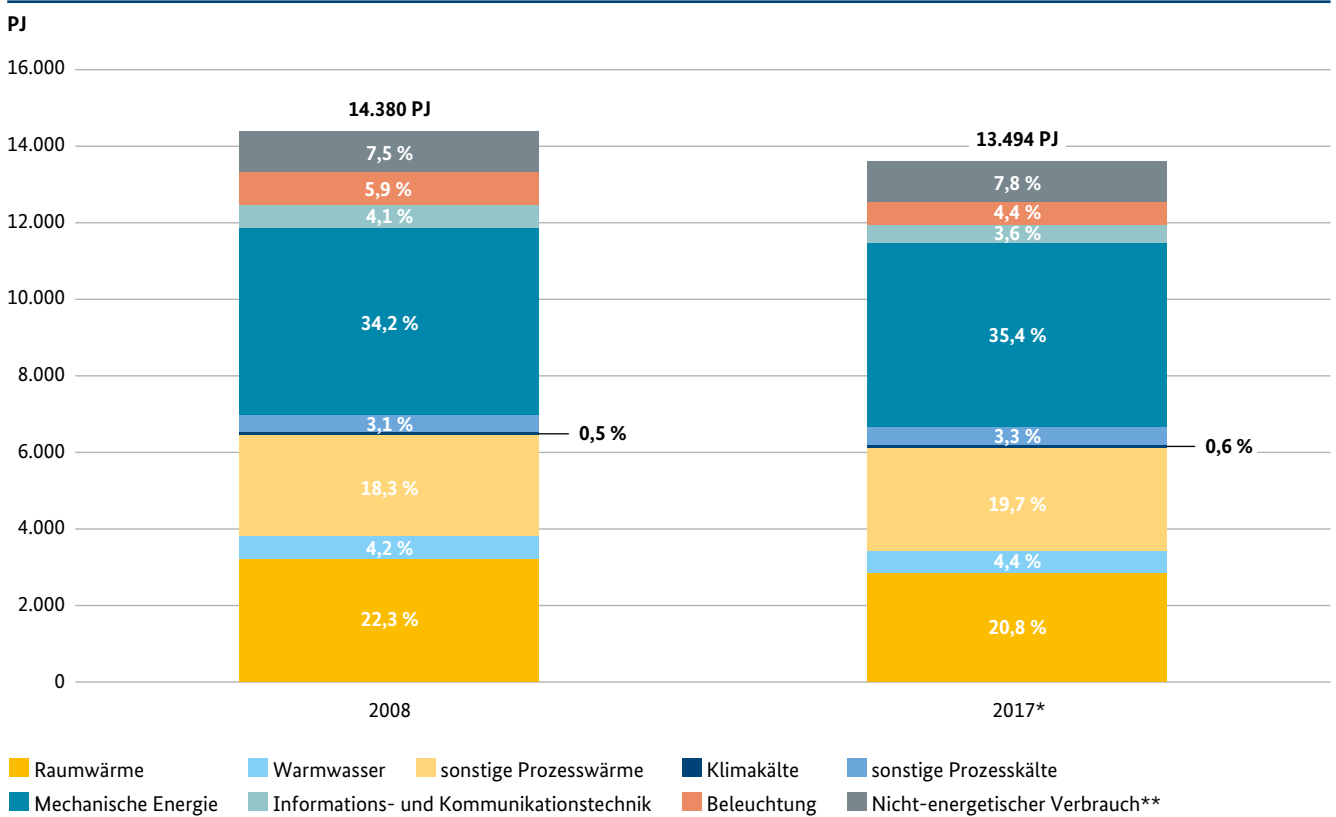
Mineralölverarbeitung sind die Umwandlungsverluste im Vergleich zur (fossilen) Stromerzeugung überschaubar.¹² Daher ist der Verkehr, wenn man den verursacherbezogenen Anteil am Primärenergieverbrauch betrachtet, nur der drittgrößte Verbrauchssektor nach der Industrie und den privaten Haushalten.

12 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 ist, erhalten. Diese steht dem Verbraucher in Form von Kraftstoffen zur Verfügung. Die Umwandlungsverluste belaufen sich auf ca. 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, gehen in Form von Abwärme, Eigenverbrauch des Energiesektors und Leitungsverlusten verloren.

Wird der Primärenergieverbrauch den Anwendungen nach der oben beschriebenen Methode zugeordnet, so entfielen 4.813 PJ oder 35,4 Prozent auf die mechanische Energie. 2.829 PJ oder 20,8 Prozent des Primärenergieverbrauchs waren auf die Raumwärme zurückzuführen. Darüber hinaus war die Prozesswärme mit 2.676 PJ oder 19,7 Prozent ein wesentlicher Treiber des Primärenergieverbrauchs.

Der restliche PEV stand im Zusammenhang mit Anwendungen im Bereich Warmwasser (597 PJ oder 4,4 Prozent), Beleuchtung (593 PJ oder 4,4 Prozent), Informations- und Kommunikationstechnik (492 PJ oder 3,67 Prozent), Prozesskälte (452 PJ oder 3,3 Prozent) und der Klimatisierung (86 PJ oder 0,6 Prozent).¹³ 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 28: Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



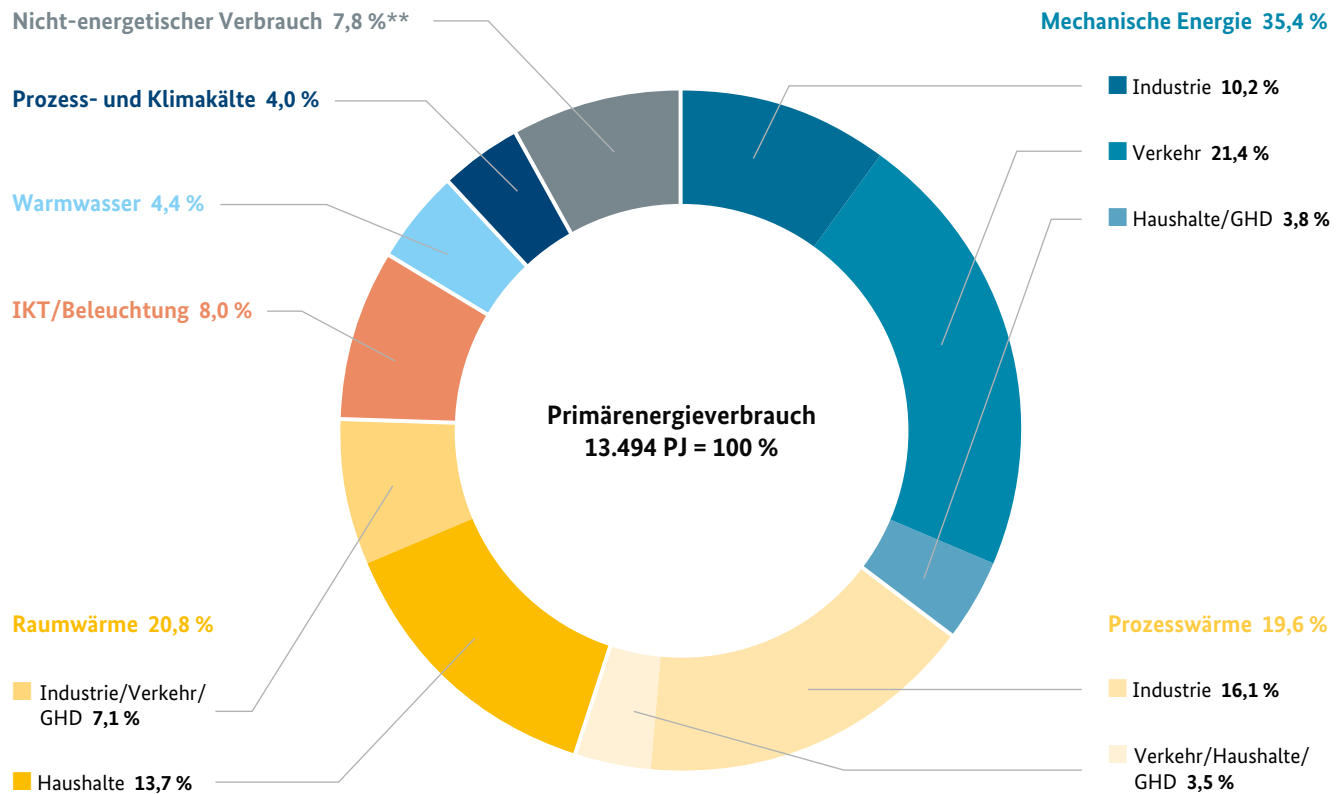
* vorläufige Angaben

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

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 07/2018; AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

13 Im Vergleich dazu lag der EEV für mechanische Energie im Jahr 2017 bei 3.590 PJ und der für Raumwärme bei 2.530 PJ. Die Prozesswärme machte 2.059 PJ des EEV aus und Warmwasser 456 PJ. Der EEV für Beleuchtung belief sich im Jahr 2017 auf 254 PJ und der EEV für Informations- und Kommunikationstechnik auf 210 PJ. Die Prozesskälte benötigte Endenergeträger in der Höhe von 189 PJ und die Klimakälte 39 PJ.

Abbildung 29: Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2017



* vorläufige Angaben

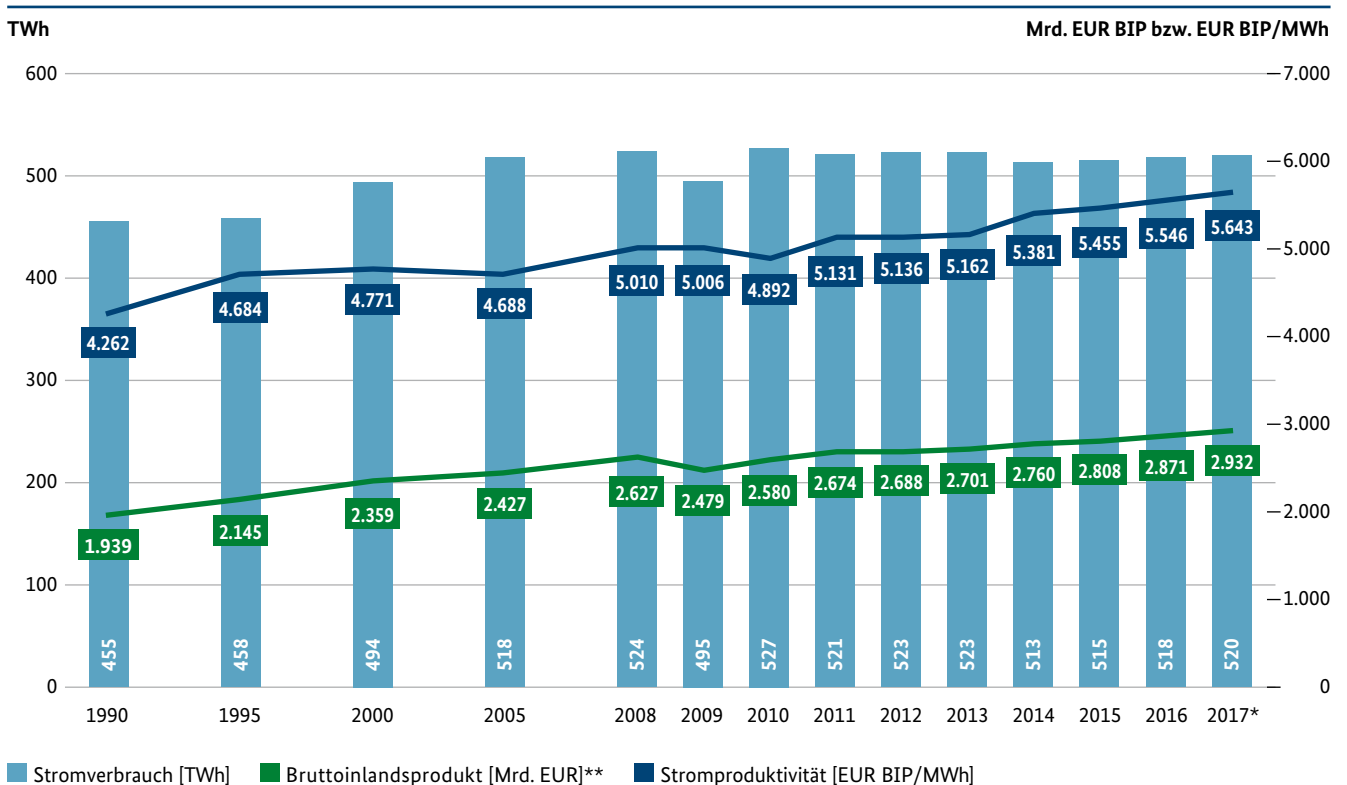
** inkl. PEV für den Außenhandel (Strom und Fernwärme)

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 07/2018; AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

3.11 Netto-Stromverbrauch und -produktivität

Der Endenergieverbrauch von Strom stieg im Zeitraum von 1990 bis 2017 um 65 TWh oder 14,2 Prozent. Das Bruttoinlandsprodukt wuchs im selben Zeitraum um 50,5 Prozent. Damit ist die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt) zeitgleich um 32,4 Prozent gestiegen.

Abbildung 30: Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 09/2018

Bis zum Jahr 2017 stieg der Stromverbrauch um 65 TWh oder 14,2 Prozent gegenüber 1990, während das Bruttoinlandsprodukt um 50,5 Prozent wuchs. Damit ist die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt) zeitgleich um 32,4 Prozent gestiegen.

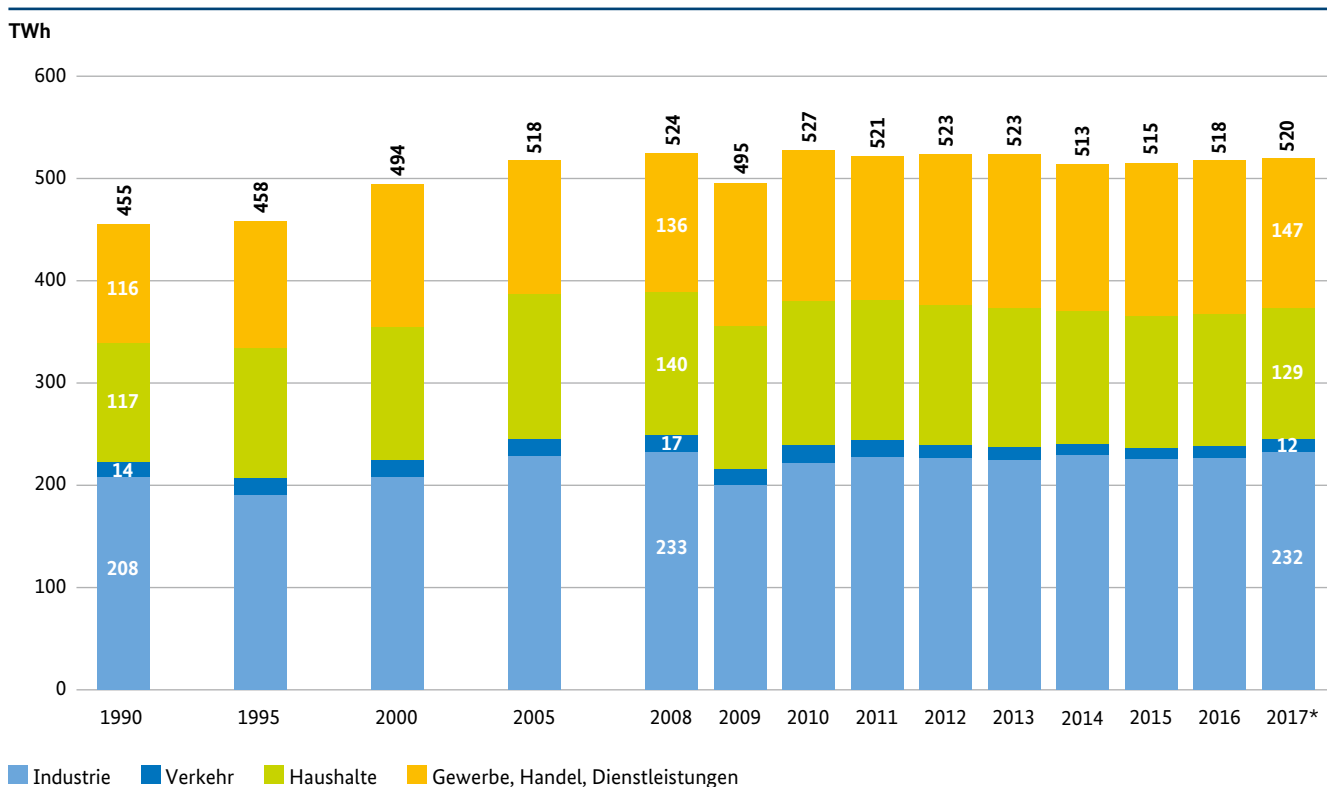
In diesem Zeitraum lagen die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,5 Prozent, des Bruttoinlandsprodukts bei 1,5 Prozent und der Stromproduktivität bei 0,4 Prozent.

Im Vergleich zum Vorjahr 2016 stieg der Stromverbrauch um 2 TWh oder 0,4 Prozent an.

3.12 Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren

Größter Stromverbraucher war im Jahr 2017 die Industrie mit 232 TWh oder 44,7 Prozent. Der größte Teil des Stroms wurde zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt (211 TWh oder 40,6 Prozent).

Abbildung 31: Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs nach Sektoren



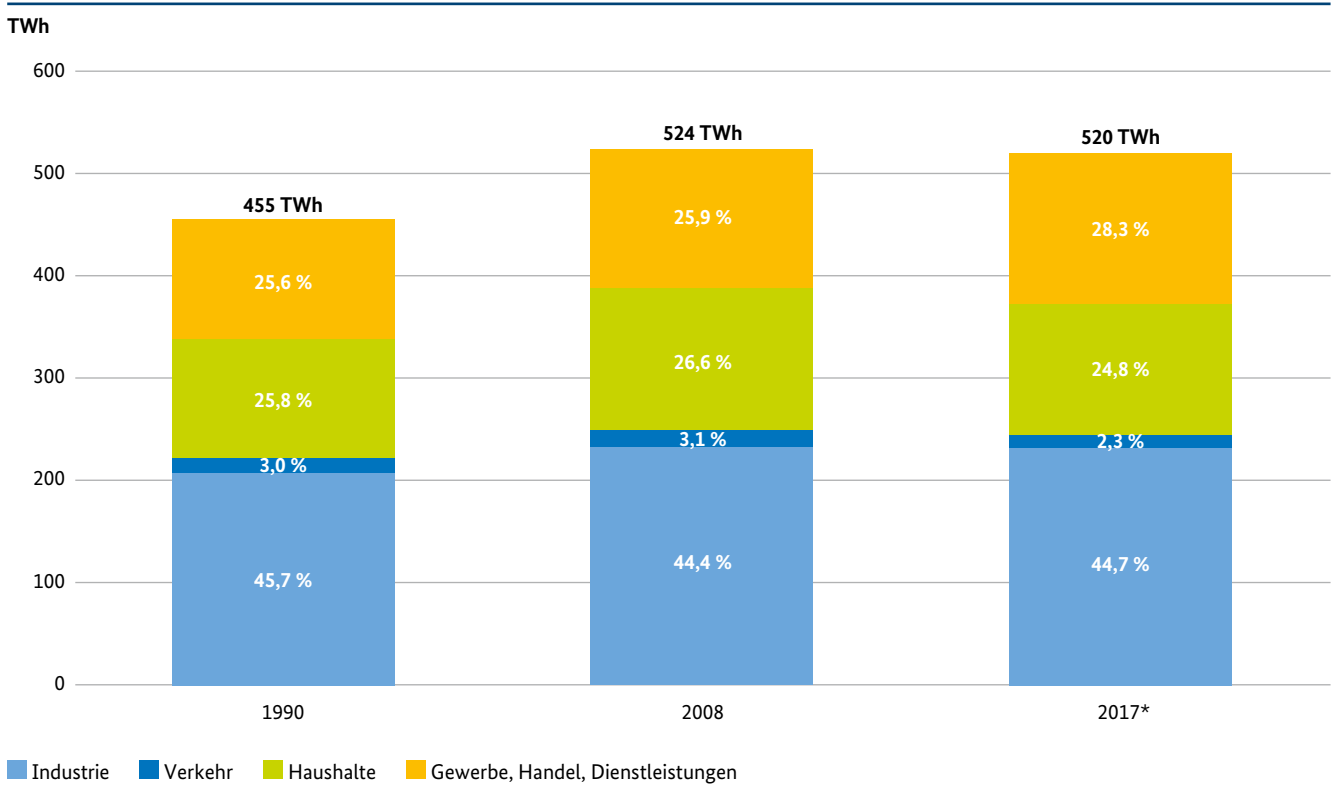
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

Den größten Anteil am Stromverbrauch hatte 2017 die Industrie mit 232 TWh oder 44,7 Prozent. Der GHD-Sektor war für 147 TWh oder 28,3 Prozent des Strombedarfs verantwortlich. 129 TWh oder 24,8 Prozent wurden in den privaten Haushalten verbraucht. Der Verkehrssektor benötigte nur geringe Mengen an Strom, wobei 12 TWh rund 2,3 Prozent des gesamten Stromverbrauchs (520 TWh) im Jahr 2017 entsprachen.

Seit 2008 verzeichneten die privaten Haushalte den stärksten absoluten Rückgang mit 10,7 TWh oder 7,7 Prozent, gefolgt vom Verkehrssektor mit einer Abnahme von 4,7 TWh oder 28,5 Prozent. Die Industrie verbrauchte im Jahr 2017 0,4 TWh oder 0,2 Prozent weniger Strom als in 2008. Demgegenüber stieg der Stromverbrauch im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen im Zeitraum von 2008 bis 2017 um 11,2 TWh oder 8,2 Prozent.

Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

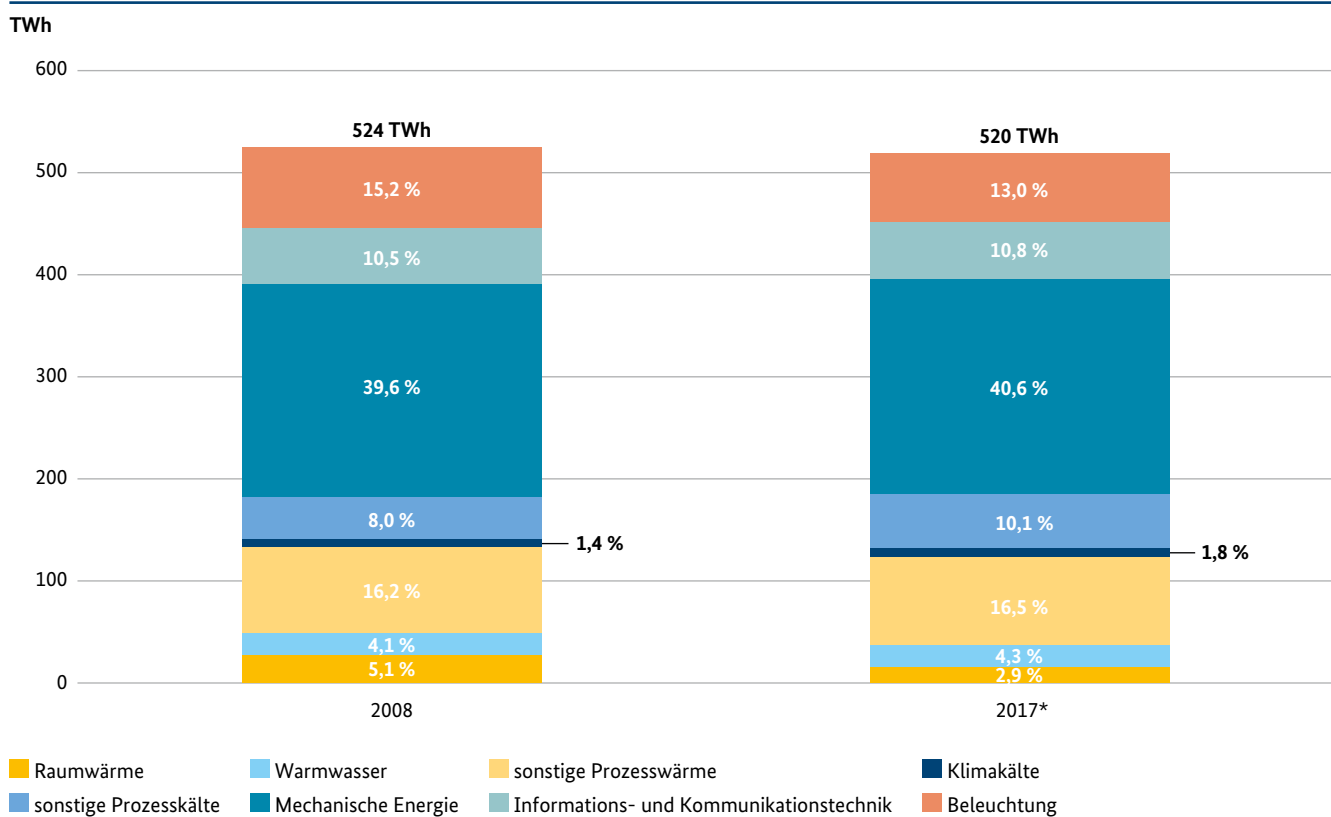
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

Der größte Teil des Stroms wurde 2017 zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt (211 TWh oder 40,6 Prozent). Für Prozesswärme wurden 86 TWh (16,5 Prozent) und für Beleuchtung 68 TWh (13 Prozent) eingesetzt.

Zwischen 2008 und 2017 ist ein Rückgang des Stromeinsetzes für Raumwärme um 11,4 TWh oder 42,6 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 12,2 TWh oder 15,3 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 10,6 TWh oder 25,2 Prozent.

Abbildung 33: Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



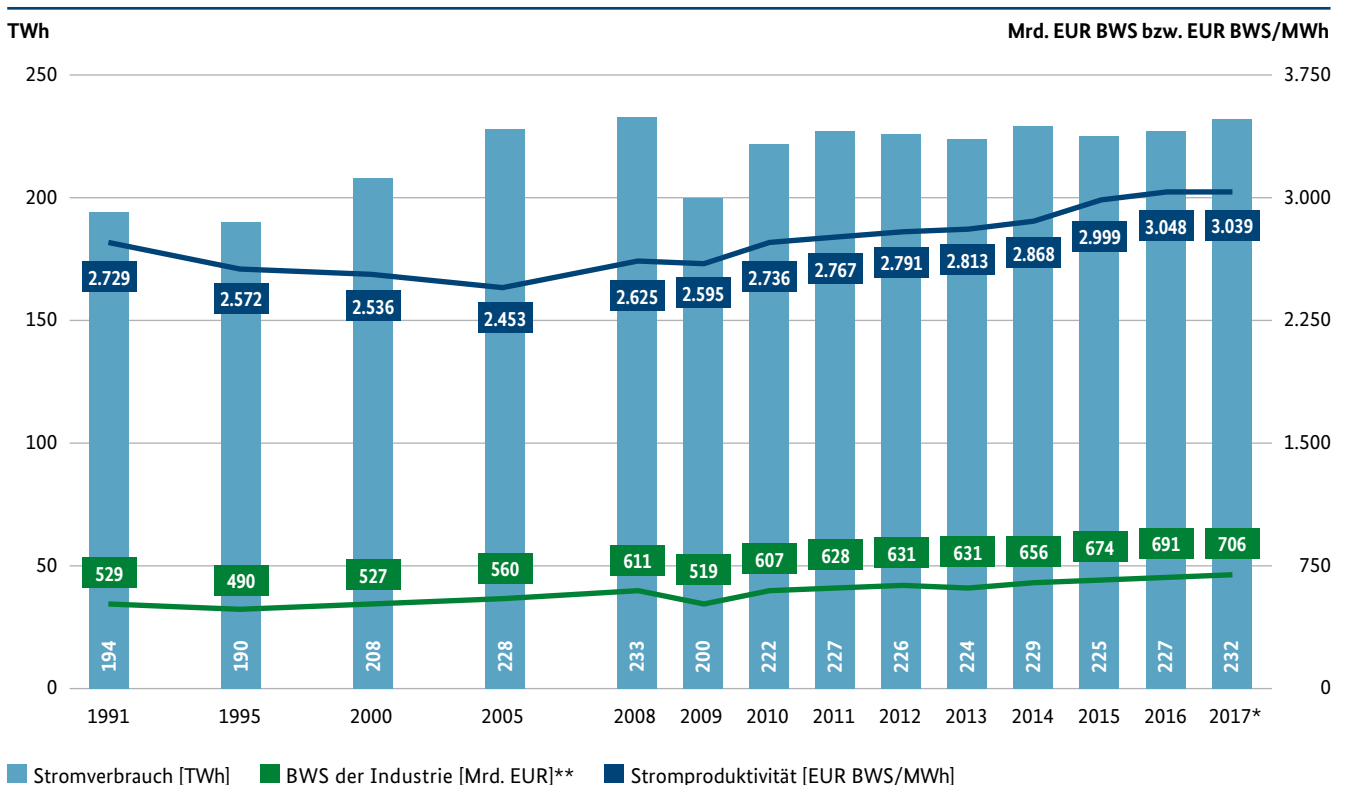
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

3.13 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie

Im Sektor Industrie ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2017 um 38,4 TWh oder 19,8 Prozent gestiegen. Während die Bruttowertschöpfung um 33,4 Prozent wuchs, stieg die Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung des Sektors) um 11,4 Prozent.

Abbildung 34: Stromverbrauch und -produktivität – Industrie



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

Im Sektor Industrie sank der Stromverbrauch nach der Wiedervereinigung bis 1993 um über 27 Prozent, was hauptsächlich auf den Rückgang der Industrie in den neuen Bundesländern zurückzuführen ist (Martens 2010). Anschließend stieg der Stromverbrauch bei wachsender Bruttowertschöpfung bis zum Krisenjahr 2008 auf 233 TWh. Nach dem Einbruch ist die Stromnachfrage der Industrie seit 2010 auf relativ konstantem Niveau. Im Jahr 2017 ist der Stromverbrauch im Vergleich zum Vorjahr um 5,7 TWh oder 2,5 Prozent gestiegen.

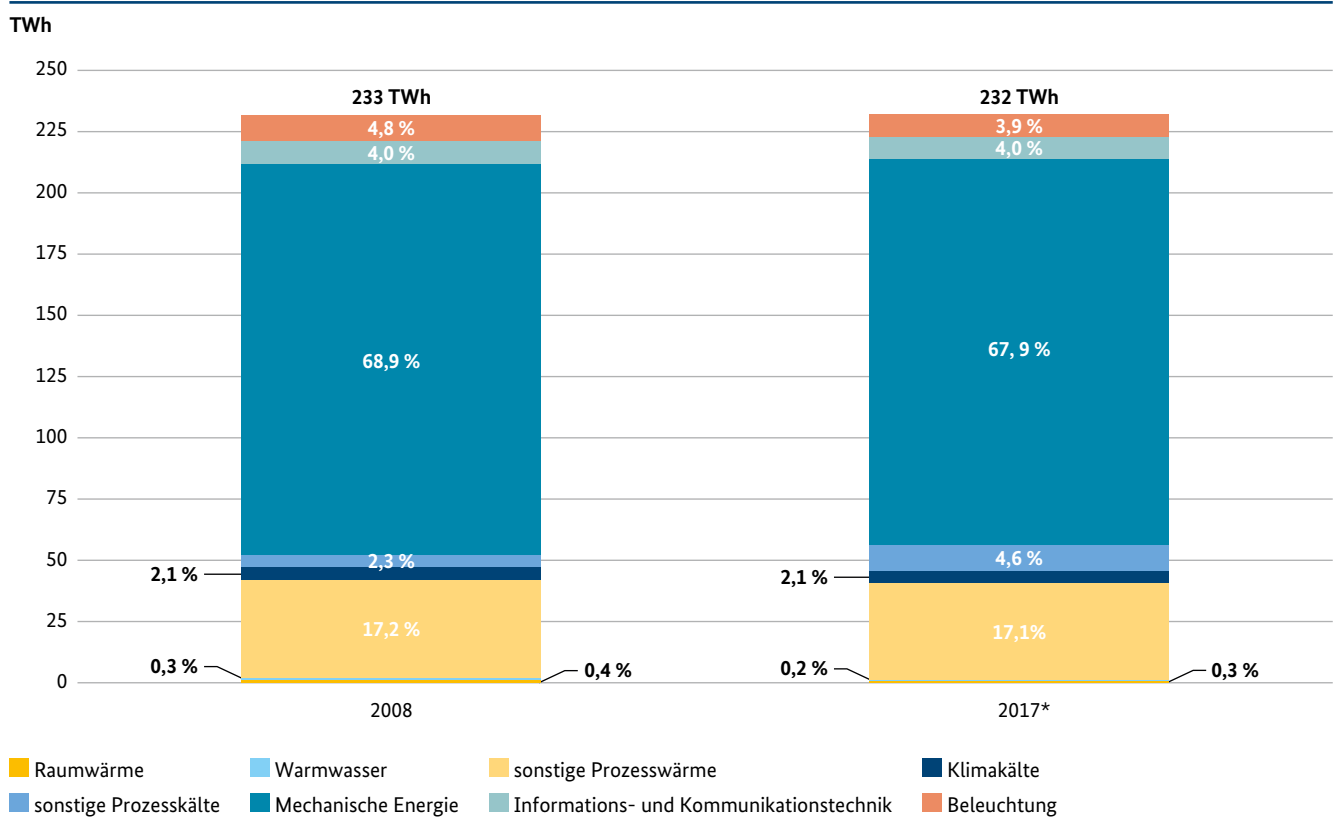
Im Zeitraum von 1991 bis 2017 lagen in der Industrie die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,7 Prozent, der Bruttowertschöpfung bei 1,1 Prozent und der Stromproduktivität bei 0,4 Prozent.

Strom war mit 31 Prozent Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie weiterhin der zweitwichtigste Energieträger nach Gas (34,9 Prozent).

Bei den Anwendungsbereichen dominierte der Einsatz für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen mit 157,6 TWh (67,9 Prozent). Gegenüber 2008 hat sich der Stromverbrauch der einzelnen Anwendungen im Jahr 2017 kaum verändert. Eine Ausnahme ist der Anstieg des Energieeinsatzes für sonstige Prozesskälte um 5,4 TWh,

der sich damit mehr als verdoppelt hat auf 10,6 TWh. Einen leichten Rückgang um 2,7 TWh oder 1,7 Prozent gab es bei der mechanischen Energie auf zuletzt 157,6 TWh. Zudem ging der EEV für Beleuchtung durch den Einsatz effizienter Lampen um 2 TWh oder 18,1 Prozent auf 9,1 TWh zurück.

Abbildung 35: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



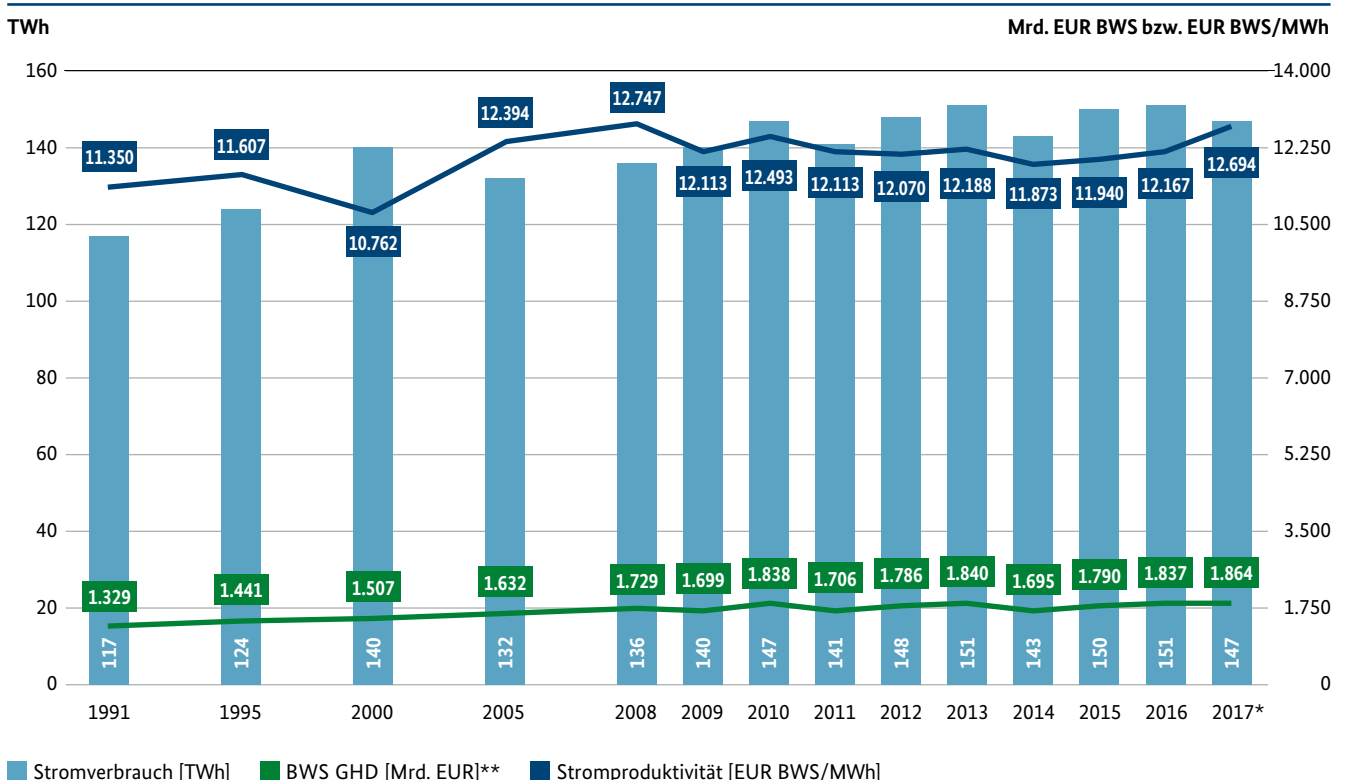
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

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

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2017 um 29,7 TWh oder 25,4 Prozent gestiegen. Während die Bruttowertschöpfung um 40,2 Prozent wuchs, stieg die Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung des Sektors) im gleichen Zeitraum um 11,8 Prozent.

Abbildung 36: Stromverbrauch und -produktivität – Sektor GHD



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2010

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEF, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen stieg der Stromverbrauch von 1991 bis 2017 um 29,7 TWh oder 25,4 Prozent auf 146,8 TWh. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Stromverbrauch im Jahr 2017 um 4,2 TWh oder 2,8 Prozent zurückgegangen.

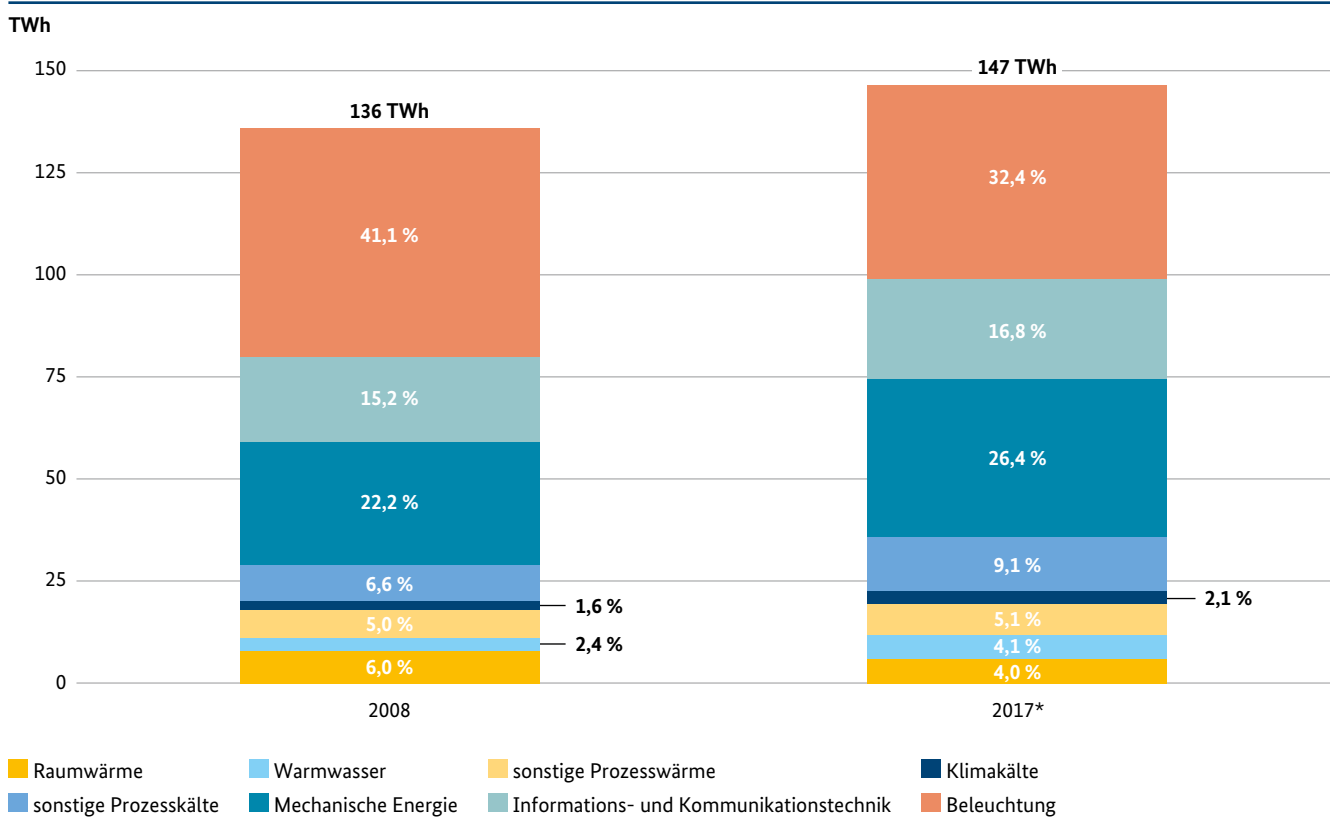
Im Zeitraum von 1991 bis 2017 lagen im Sektor GHD die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,8 Prozent, der Bruttowertschöpfung bei 1,3 Prozent und der Stromproduktivität bei 0,4 Prozent.

Insgesamt war Strom mit einem Anteil von 36,6 Prozent am Endenergieverbrauch des Sektors GHD der wichtigste Energieträger.

Der Anwendungsbereich Beleuchtung hatte im Jahr 2017 mit 47,5 TWh (32,4 Prozent) den größten Anteil. Zudem kam der Stromverbrauch im Anwendungsbereich mechanische Energie mit 38,7 TWh auf einen Anteil von 26,4 Prozent, in Informations- und Kommunikationstechnik mit 24,7 TWh auf 16,8 Prozent sowie bei der Prozesskälte mit

13,3 TWh auf 9,1 Prozent. Relativ geringe Stromverbräuche entfielen auf die Anwendungen Prozesswärme (7,5 TWh oder 5,1 Prozent), Warmwasser (6 TWh oder 4,1 Prozent), Raumwärme (5,9 TWh oder 4 Prozent) und Klimakälte (3,1 TWh oder 2,1 Prozent).

Abbildung 37: Netto-Stromverbrauch des Sektors GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



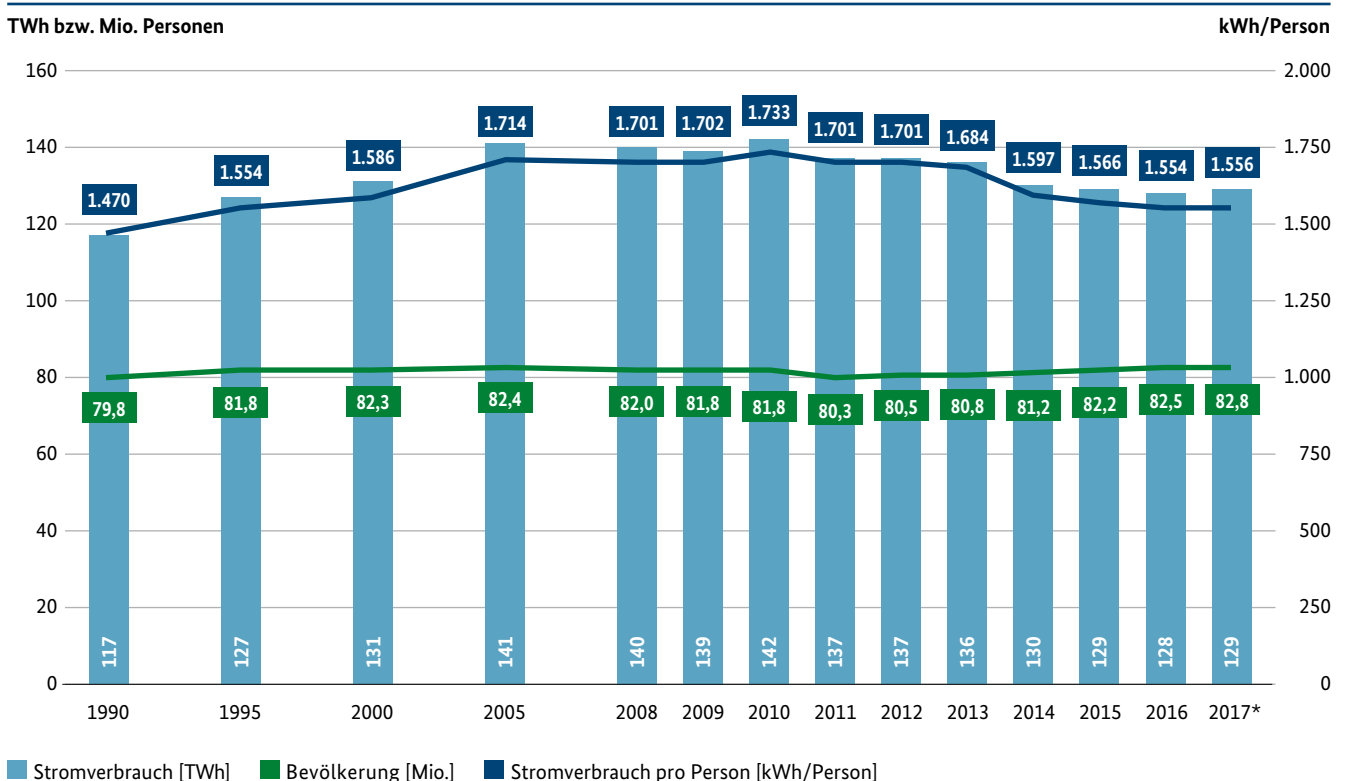
* vorläufige Angaben

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 der Stromverbrauch im Zeitraum von 1990 bis 2017 um 11,6 TWh oder 9,9 Prozent gestiegen. Während die Bevölkerung um 3 Mio. oder 3,8 Prozent wuchs, stieg die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) im gleichen Zeitraum um 5,8 Prozent.

Abbildung 38: Stromverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018; Destatis, Stand 03/2019

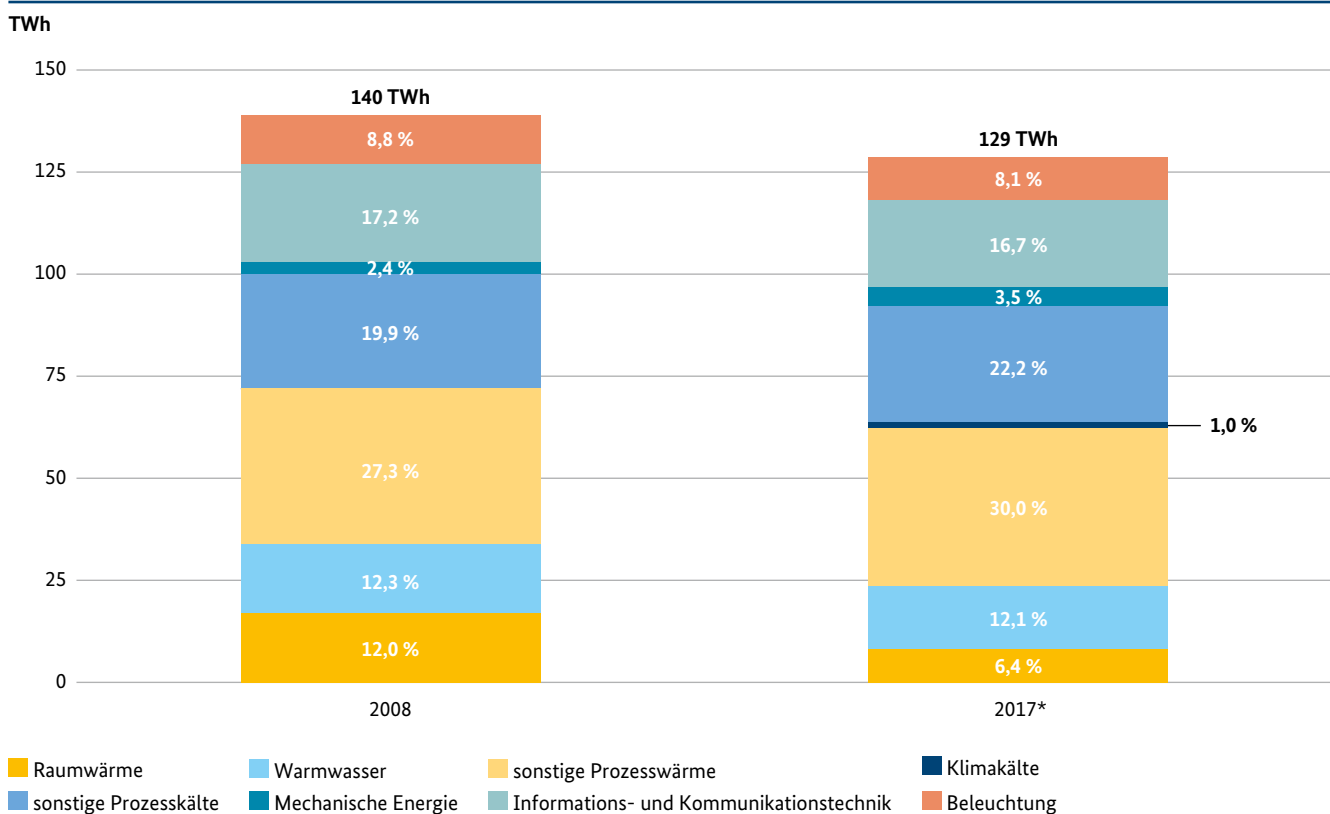
In den privaten Haushalten stieg der Stromverbrauch von 1990 bis 2017 um 11,6 TWh oder 9,9 Prozent auf 128,8 TWh bzw. 1.556 kWh pro Person. Seit dem Jahr 2010 ist jedoch ein tendenzieller Verbrauchsrückgang um 12,9 TWh oder 9,1 Prozent zu verzeichnen. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Stromverbrauch in 2017 um 0,6 TWh oder 0,5 Prozent angestiegen.

Im Zeitraum von 1990 bis 2017 lagen im Sektor private Haushalte die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,3 Prozent und der Bevölke-

rung bei 0,1 Prozent. Die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) wuchs in diesem Zeitraum damit jährlich im Durchschnitt um 0,2 Prozent.

Insgesamt rangiert Strom im Jahr 2017 mit einem Anteil von 19,1 Prozent am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Gas (39,4 Prozent) und knapp hinter Heizöl (20,2 Prozent) an dritter Stelle.

Abbildung 39: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

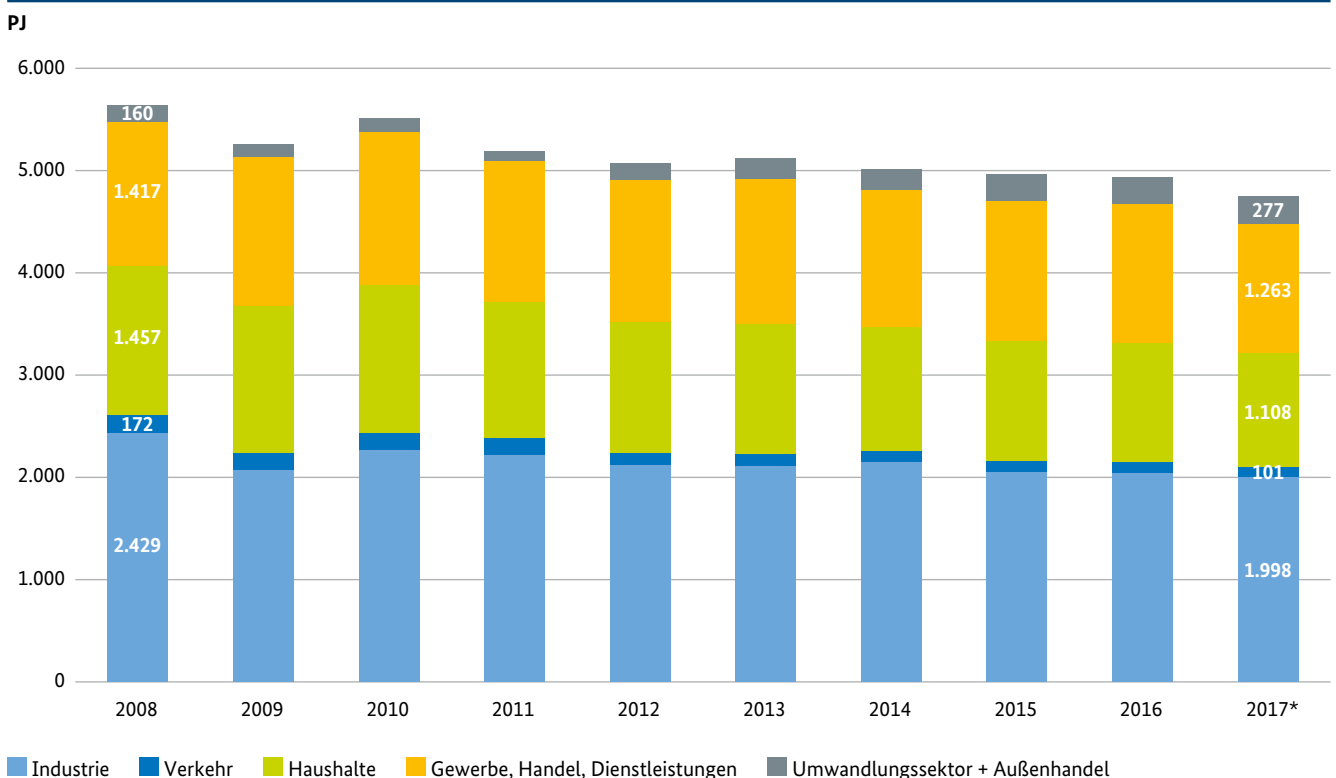
Hauptanwendungsbereiche waren 2017 die sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 38,6 TWh (30 Prozent), die sonstige Prozesskälte (Kühlen, Gefrieren etc.) mit 28,6 TWh (22,2 Prozent) und die Informations- und Kommunikationstechnik mit 21,5 TWh (16,7 Prozent). Im Bereich der Beleuchtung lag der Stromverbrauch bei 10,4 TWh (8,1 Prozent). Der Stromeinsatz für Raumwärme hat sich von 2008 bis 2017 halbiert (-8,5 TWh oder

-50,9 Prozent) auf 8,2 TWh (dies entspricht 6,4 Prozent des EEV Strom der privaten Haushalte). 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 2017 bei 4,5 TWh (3,5 Prozent) und der für Klimakälte bei 1,3 TWh (1 Prozent).

3.16 Verursacherbezogene 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 verursacherbezogen zuzuweisen. Zwischen 2008 und 2017 wurde der Umwandlungseinsatz zur Stromerzeugung um 15,8 Prozent reduziert.

Abbildung 40: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Sektoren



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 07/2018

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

Wird die in Informationsbox 7 beschriebene Methode genutzt, um eine verursachergerechte Aufteilung des Umwandlungseinsatzes auf die Sektoren vorzunehmen, dann sind 1.998 PJ (42,1 Prozent) des Primärenergieverbrauchs

zur Stromerzeugung im Jahr 2017 auf Anwendungen in der Industrie zurückzuführen. Der GHD-Sektor verursachte 26,6 Prozent (1.263 PJ) des PEV der Kraftwerke. Die privaten Haushalte verantworteten 1.108 PJ (23,3 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 101 PJ (2,1 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 2017 auf 277 PJ (5,8 Prozent).

Informationsbox 7: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromerzeugung

Der Indikator ist vergleichbar mit dem Indikator Verursacherbezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs (siehe auch Informationsbox 6: „Verursacherbezogene 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.

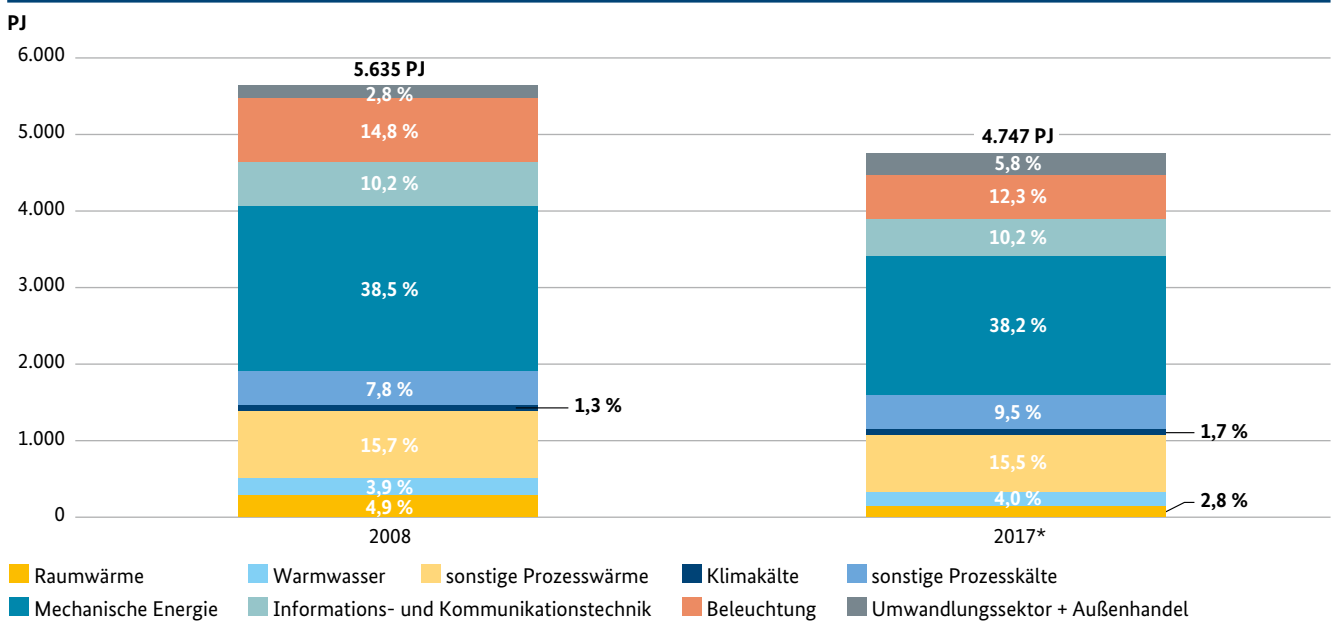
Der hier berechnete Indikator verteilt die Umwandlungsverluste, die im Zusammenhang mit dem Stromverbrauch stehen, anteilmäßig auf die Anwendungen und auf die Endenergiesektoren. Dies geschieht mit Hilfe der Energiebilanz. Aus dieser geht hervor, wie hoch der Umwandlungseinsatz in den Kraftwerken ist, 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 2017 die mechanische Energie mit 38,2 Prozent (1.814 PJ) den größten Anteil am Umwandlungseinsatz der Kraftwerke. Die Prozesswärme verursachte 15,5 Prozent (738 PJ) des Umwandlungseinsatzes. Beleuchtungsanwendungen mit 12,3 Prozent (582 PJ), die Informations- und Kommunikationstechnik mit 10,2 Prozent (483 PJ) und die Prozesskälte mit 9,5 Prozent (452 PJ) waren ebenfalls für größere Teile des Primärenergieverbrauchs zur Stromerzeugung verantwortlich. Warmwasser (4 Prozent bzw. 190 PJ), Raumwärme (2,8 Prozent bzw. 132 PJ) und die Klimakälte (1,7 Prozent bzw. 80 PJ) verursachten geringere Anteile am Umwandlungseinsatz.

Seit 2008 reduzierte sich für fast alle Anwendungen der Umwandlungseinsatz in den Kraftwerken. Ausnahmen bilden die sonstige Prozesskälte und die Klimakälte, die beide bis 2017 leicht anstiegen. Ebenfalls an Bedeutung gewonnen hat der Umwandlungseinsatz, der im Zusammenhang mit dem Bedarf des Energiesektors (ohne Kraftwerke) und dem Stromaustausch mit dem Ausland steht. Vor allem der gestiegene Nettoexport an Strom hatte zur Folge, dass in diesem Bereich im Jahr 2017 117 PJ (73,3 Prozent) mehr Primärenergie zur Stromerzeugung genutzt wurde als im Jahr 2008.

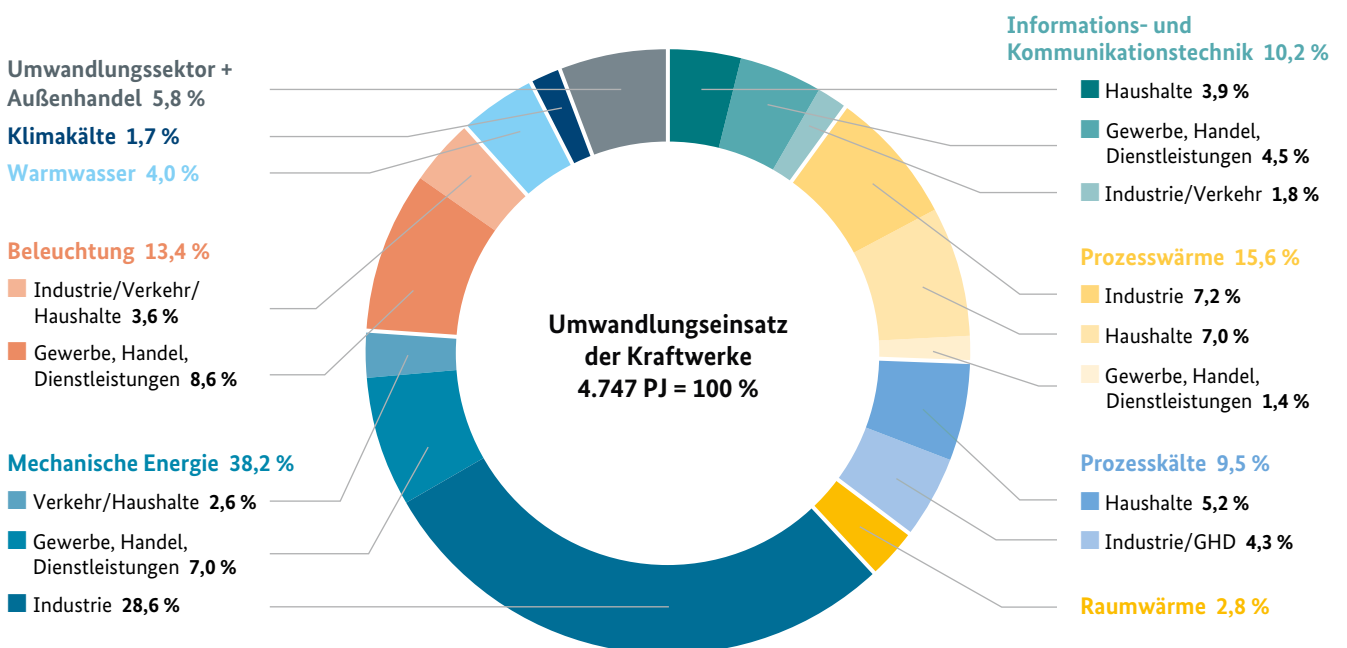
Abbildung 41: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen 2008 und 2017



* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 07/2018; AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

Abbildung 42: Verursacherbezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2017



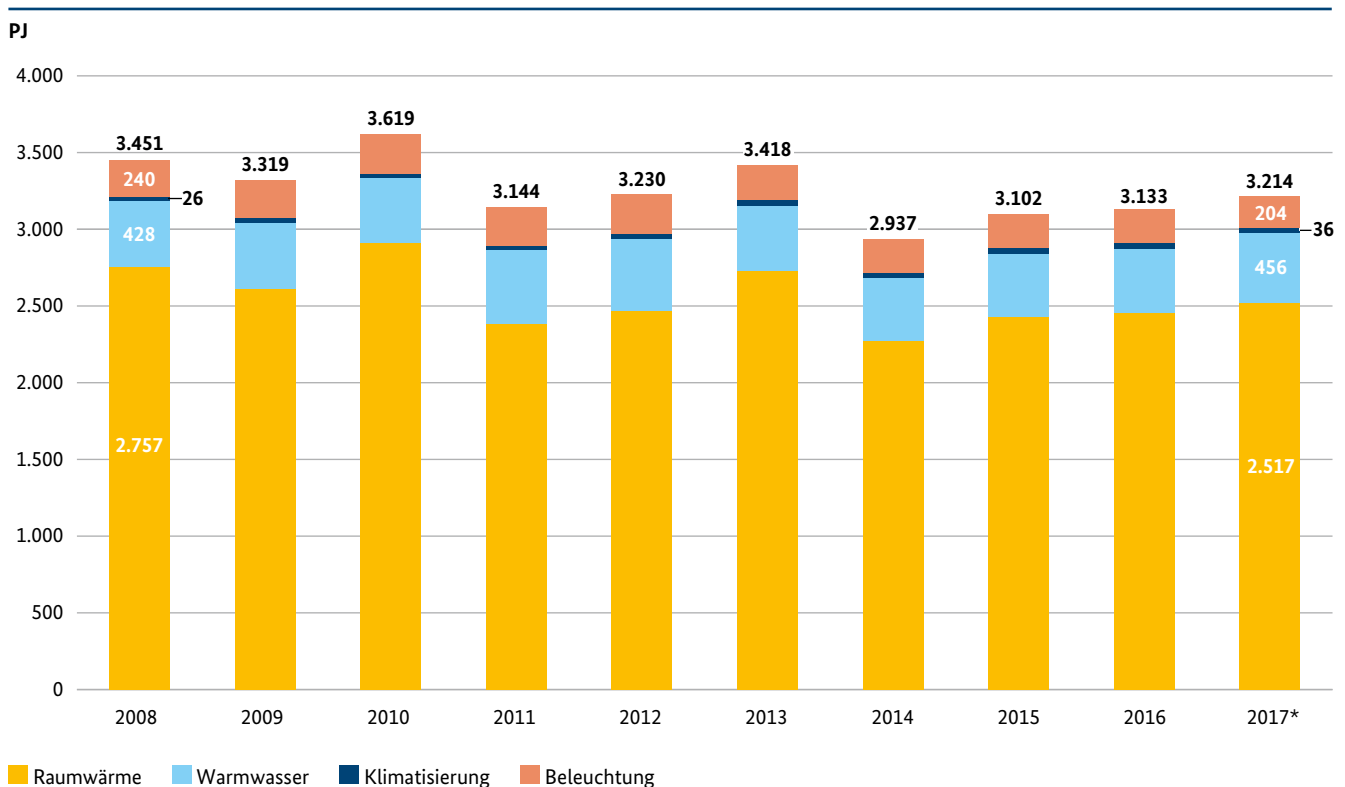
* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 07/2018; AGEb, Anwendungsbilanzen, 11/2018

3.17 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch – sektorübergreifend

Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch über alle Sektoren hatte im Jahr 2017 einen Anteil von 34,5 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch. Er betrug insgesamt 3.214 PJ und ist seit 2008 um 6,9 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 43: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

Im Zeitraum von 2008 bis 2017 verringerte sich der gebäuderelevante Endenergieverbrauch über alle Sektoren um 238 PJ oder 6,9 Prozent auf 3.214 PJ (nicht witterungsbereinigt). Damit ging sein Anteil am gesamten Endenergieverbrauch (9.329 PJ) um 3,2 Prozent auf 34,5 Prozent zurück.

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 wer-

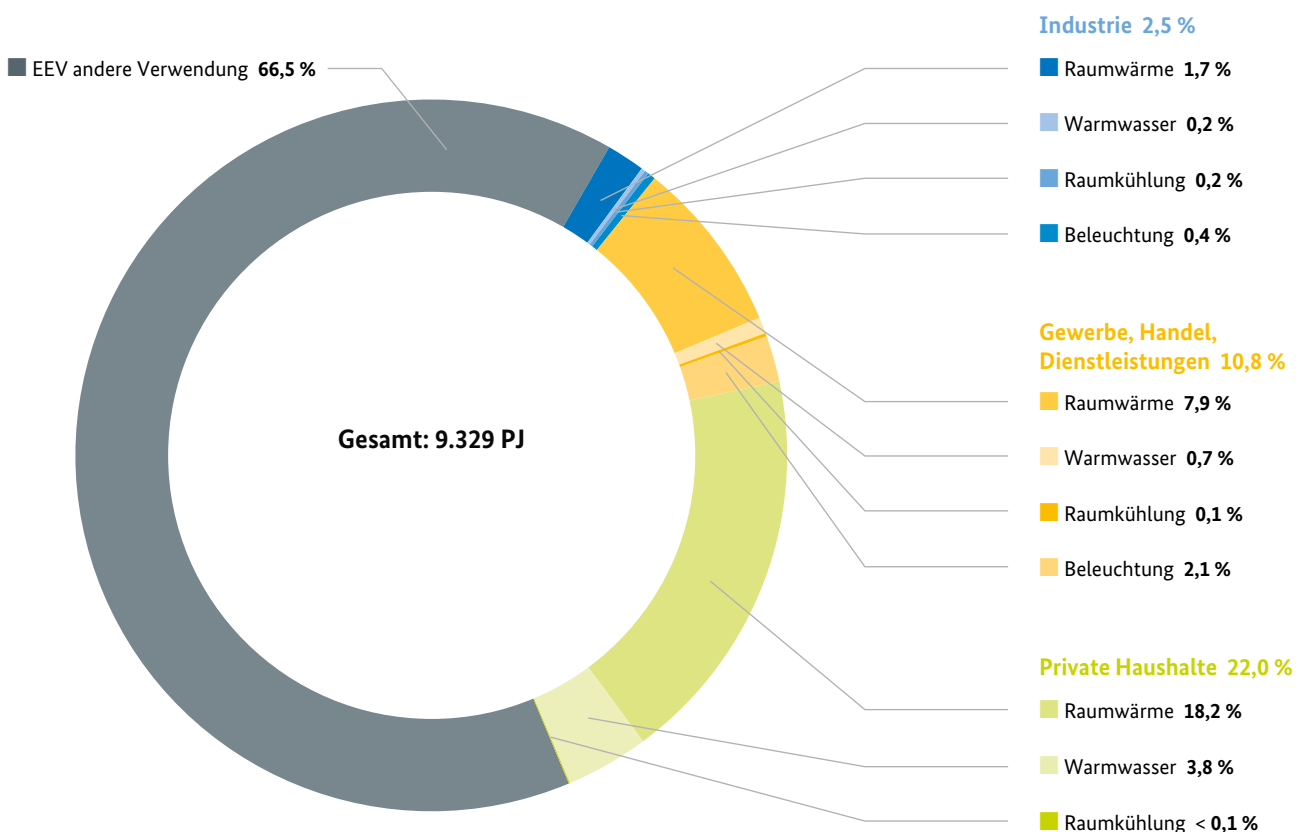
den gemäß Energieeinsparverordnung die Anwendungszwecke Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung betrachtet. Bei den Nichtwohngebäuden kommt zudem die (fest installierte) Beleuchtung hinzu. Im Jahr 2017 ist der gebäuderelevante Endenergieverbrauch im Vergleich zum Vorjahr allerdings um 80 PJ oder 2,6 Prozent angestiegen.

Bezogen auf alle Anwendungszwecke wurden hierbei 2.844 PJ (88,5 Prozent) Brennstoffe und 370 PJ (11,5 Prozent) Strom eingesetzt (siehe Abbildung 46 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 2017 sank der Endenergieverbrauch für Raumwärme um 240 PJ (-8,7 Prozent). Dies lag vor allem an den energetischen Sanierungen des Altbaubestands sowie am vermehrten Einbau effizienter Heizungssysteme. Auch der Energieeinsatz für Beleuchtung nahm um 37 PJ (-6,9 Prozent) aufgrund des vermehrten Einsatzes von Energiespar- und LED-Lampen ab. Dagegen stieg der Endenergieverbrauch für Warmwasser um 29 PJ (+6,7 Prozent) an. Auch im Bereich Klimatisierung gab es einen Anstieg um 10 PJ (+39,1 Prozent).

Hinsichtlich des gesamten Endenergieverbrauchs 2017 (9.329 PJ) machte der gebäuderelevante EEV 34,5 Prozent aus. Davon entfielen 22 Prozentpunkte auf den gebäuderelevanten EEV des Sektors der privaten Haushalte, 10,1 Prozentpunkte auf den GHD-Sektor und 2,4 Prozentpunkte auf den Industriesektor. Hinsichtlich der Energiewendziele 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 44: Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2017



Andere Verwendungszwecke in allen Sektoren 65,5 %

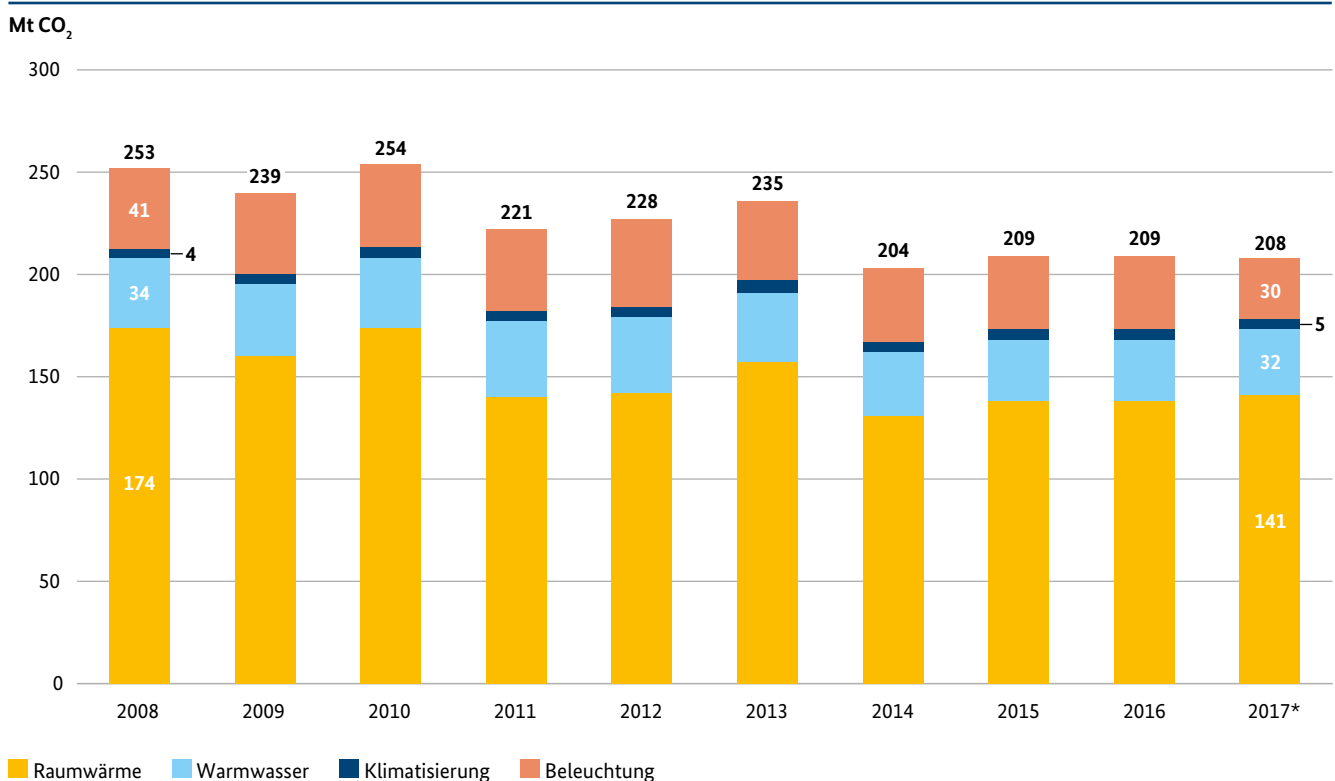
Insgesamt gebäuderelevant 34,5 %

* 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 2017 auf insgesamt 208 Megatonnen CO₂. Seit 2008 sind sie um 17,7 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 45: CO₂-Emissionen – gebäuderelevant

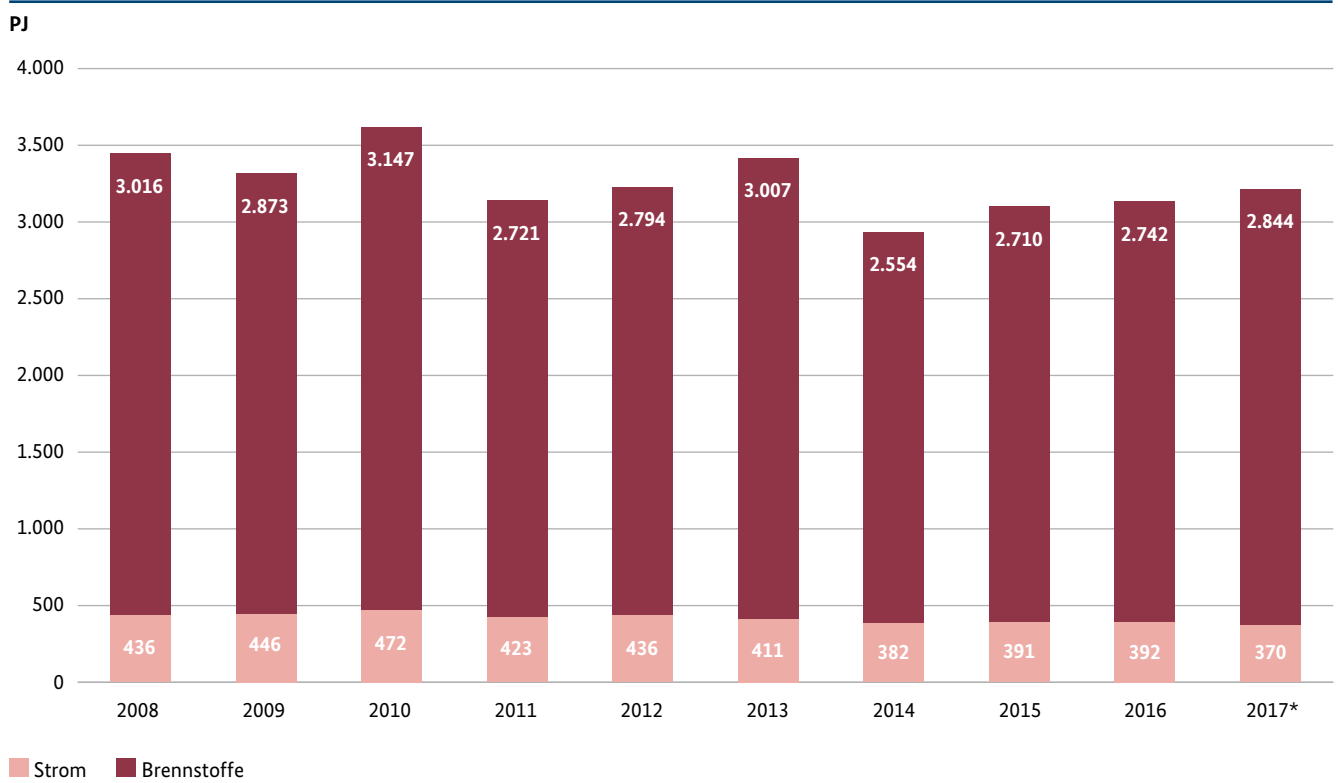


* vorläufige Angaben

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018; UBA, Zentrales System Emissionen, Stand 02/2019; UBA, CO₂-Emissionsfaktoren, Stand 02/2019

Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, die nach dem Verursacherprinzip ermittelt werden, summierten sich im Jahr 2017 auf insgesamt 208 Megatonnen CO₂. Dies entspricht rund 27,9 Prozent der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen. Seit 2008 sind sie um 17,7 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt). Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen durch die Nutzung von Brennstoffen sanken gegen-

über 2008 um 14,8 Prozent, während die CO₂-Emissionen durch Stromanwendungen um 24,9 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 46: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs

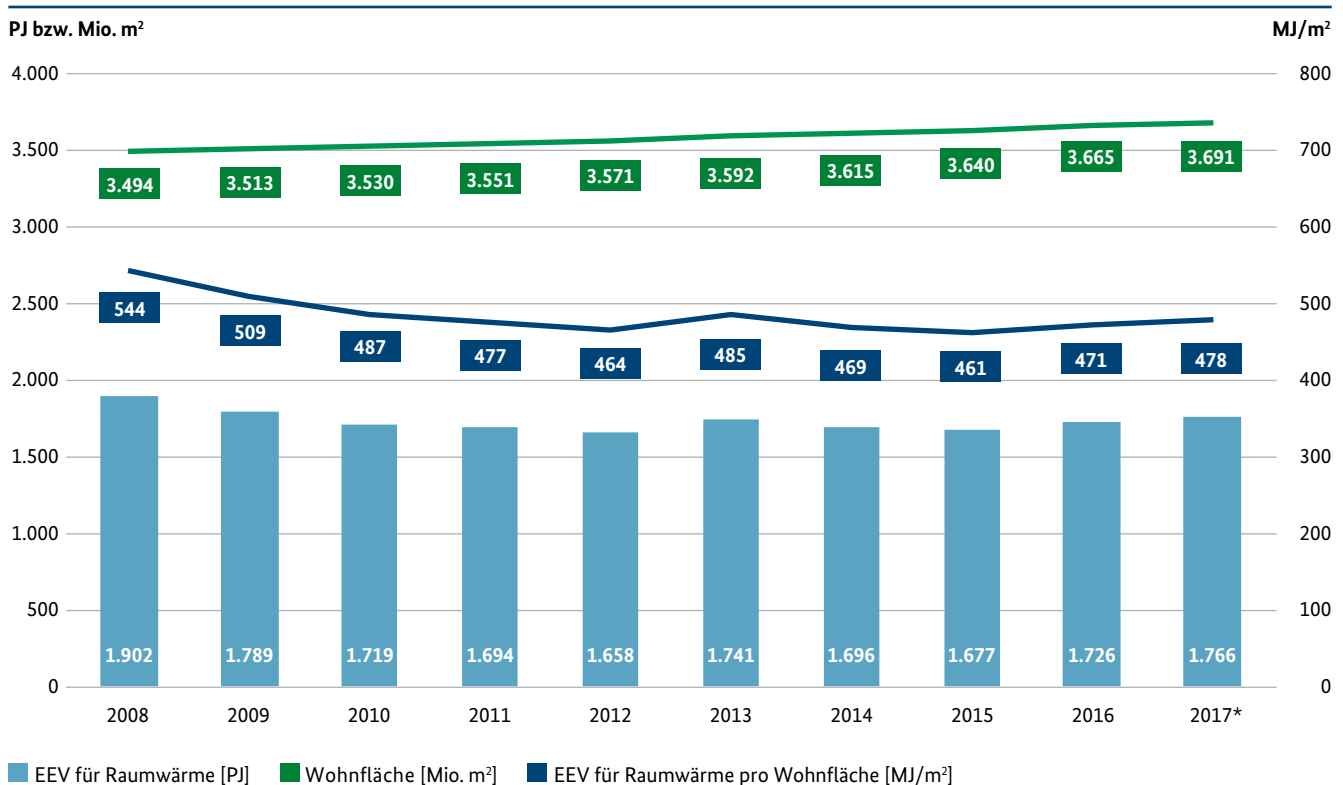
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 11/2018

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 2017 witterungsbereinigt um 12,1 Prozent gesunken.

Abbildung 47: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte (witterungsbereinigt)



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Projekt Temperaturbereinigung, Stand 11/2018; BMWi, Energiedaten, Stand 01/2019

Die Endenergieintensität gemessen an der Raumwärme pro Quadratmeter ist im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2017 witterungsbereinigt¹⁴ um 12,1 Prozent auf 478 MJ/m² (bzw. 133 kWh/m²) gesunken. Dies spiegelt Effizienzverbesserungen in diesem Bereich wider, zumal die Wohnfläche im gleichen Zeitraum um 196 Mio. m² oder 5,6 Prozent zunahm. Effektiv ging der witterungsbereinigte Verbrauch somit um 137 PJ oder 7,2 Prozent zurück. Hierzu trugen bessere energetische Standards bei Neubauten und

die Sanierung der Altbauten wesentlich bei. Der Trend zu mehr Haushalten, größeren Wohnflächen und weniger Mitgliedern pro Haushalt wirkt jedoch einer Senkung des absoluten EEV für Raumwärme entgegen. Im Jahr 2017 ist der witterungsbereinigte Endenergieverbrauch für Raumwärme im Vergleich zum Vorjahr leicht angestiegen. Dies könnte u. a. auf den Bevölkerungszuwachs in den letzten Jahren zurückzuführen sein.

14 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

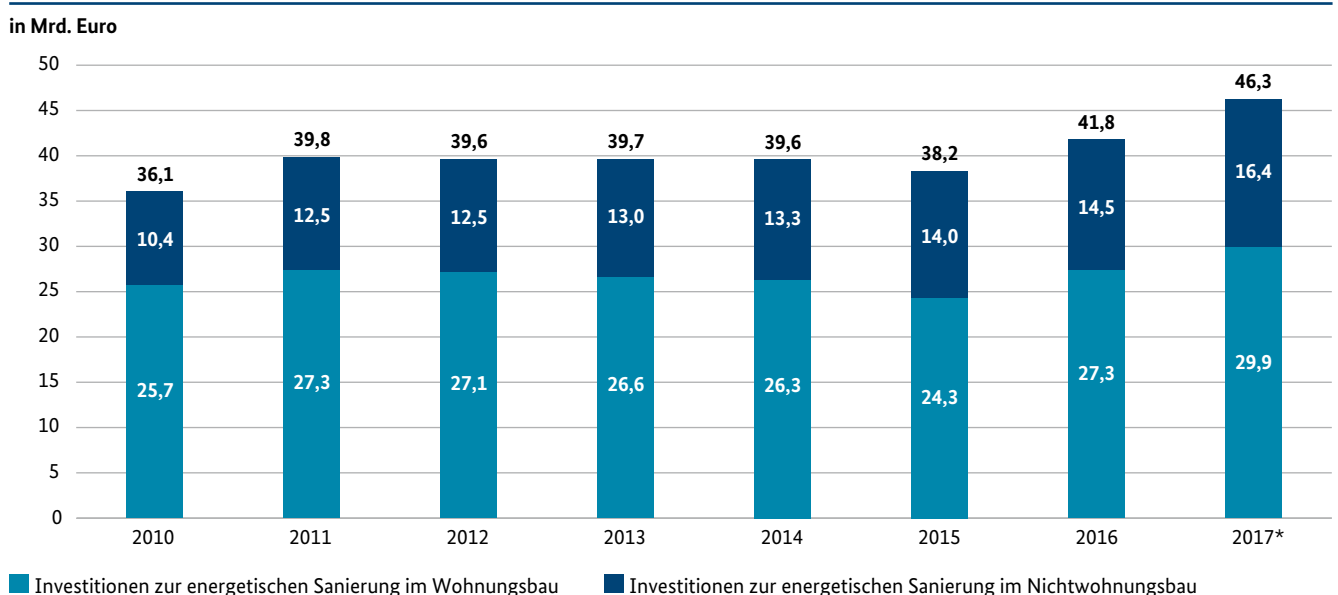
Von Energieeffizienzmaßnahmen gehen erhebliche gesamtwirtschaftliche Impulse aus. Sie führen in Deutschland insbesondere zu neuen Investitionen in den einzelnen Nachfragesektoren. Die große Bedeutung von Energieeffizienz-Investitionen für den zukünftigen Energiebedarf wird auch von der Internationalen Energieagentur hervorgehoben. Aktuelle Studien belegen einen weltweiten Anstieg der Investitionen in Güter und Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz. Diese Investitionen weisen somit eine andere Entwicklung auf als die weltweiten Energieinvestitionen insgesamt, die zuletzt leicht rückläufig waren. Der größte Anteil der weltweiten Energieeffizienz-Investitionen (59%) entfiel auf den Gebäudebereich (IEA 2018).

Eine vollständige Abbildung der wirtschaftlichen Bedeutung der Energieeffizienz ist – wie auch in anderen Bereichen – schwierig, da detaillierte Daten zu Investitionen oftmals nur eingeschränkt vorliegen¹⁵.

Um makroökonomische Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in Deutschland quantifizieren zu können, werden hier deshalb wie in den vorherigen Ausgaben der Broschüre ausgewählte, gut erfassbare Bereiche analysiert. Für diese 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 et al. 2019).

Die Investitionen zur energetischen Gebäudesanierung beliefen sich ab dem Jahr 2010 auf rund 40 Milliarden Euro jährlich. Im Jahr 2017 werden sie auf gut 46 Milliarden Euro geschätzt. Davon entfallen etwa zwei Drittel auf den Wohnungsbau und etwa ein Drittel auf den Nichtwohnungsbau. 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 erfasst¹⁶. Die Berechnungen basie-

Abbildung 48: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand im Zeitraum 2010 bis 2017



* 2017 vorläufig; abweichende Summen durch Rundung, Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung und Berechnungen des DIW Berlin; Investitionen zu Herstellungskosten, zu jeweiligen Preisen

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

15 Zur Methodik sowie Einschränkungen in der empirischen Basis siehe Blazejczak et al. 2019.

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

Tabelle 6: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017 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	36,1	0,66
2011	39,8	0,65
2012	39,6	0,93
2013	39,6	0,94
2014	39,6	0,85
2015	38,3	0,94
2016	41,8	1,03
2017	46,3	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

ren auf Daten der Bauvolumensrechnung des DIW Berlin (Gornig et al. 2018).

Zusätzlich können auf Basis von Erhebungen des Statistischen Bundesamtes die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe für den Zeitraum 2006 bis 2016 angegeben werden (Destatis 2018b).¹⁷ Diese Investitionen nehmen in der Tendenz zu, nur im Jahr 2014 waren sie mit rund 850 Millionen Euro leicht niedriger als 2013 (939 Mio. Euro). Danach ist bis zum Jahr 2016 ein Anstieg auf gut 1 Milliarde Euro zu verzeichnen.

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 wieder (Blazejczak et al. 2019).

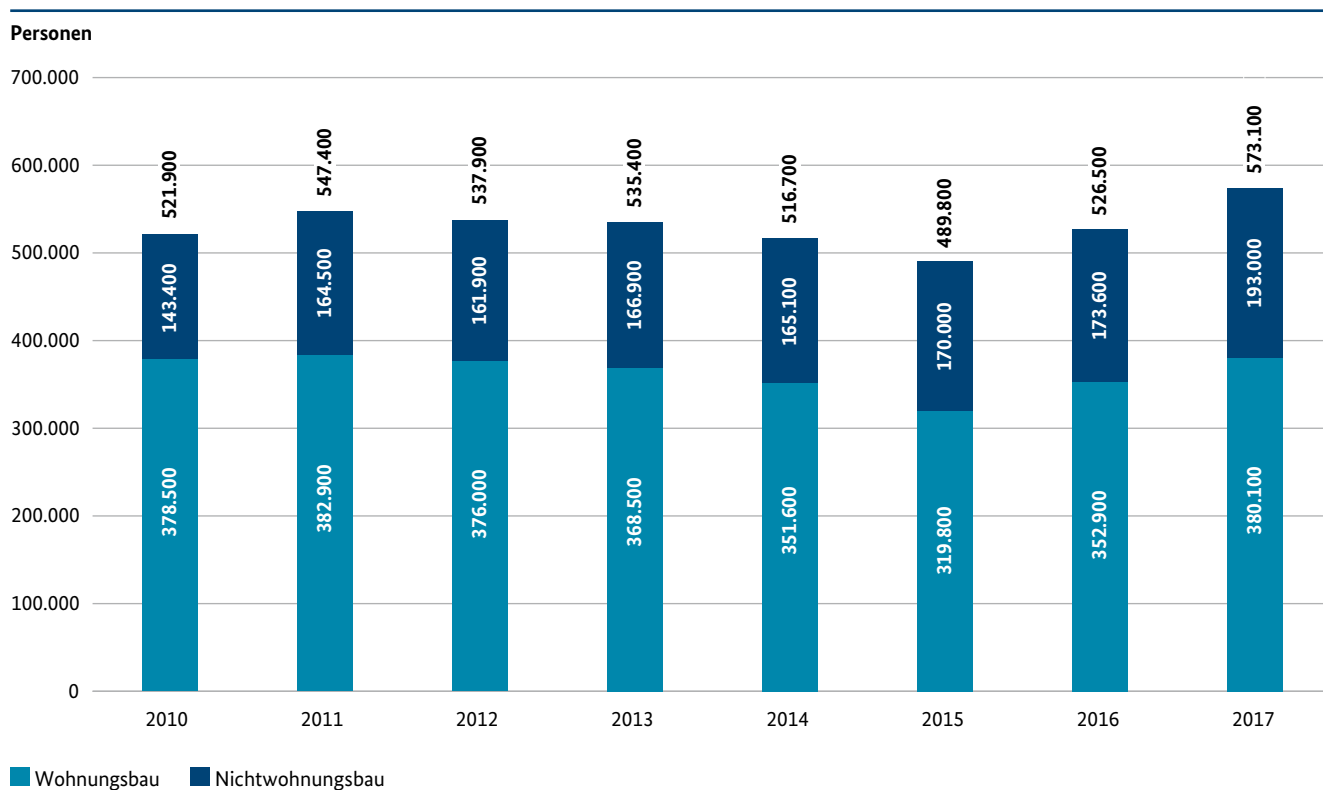
Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung schwankt im Zeitraum 2010 bis 2017 zwischen knapp 500.000 und gut 573.000 Personen.¹⁸ Im Jahr 2017 entfielen von den insgesamt rund 573.000 Personen 66 Prozent auf den Wohnungsbau (gut 380.000 Personen) und 34 Prozent auf den Nichtwohnungsbau (rund 193.000 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 2017 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 310.000 Beschäftigte, das sind rund 12 Prozent der dort arbeitenden Personen.¹⁹

17 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.

18 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.

19 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 et al. 2019.

Abbildung 49: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand im Zeitraum 2010 bis 2017



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 2017 in Personen

Jahr	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	521.900	6.600	k.A.
2011	547.400	6.100	k.A.
2012	537.900	8.800	k.A.
2013	535.400	9.000	k.A.
2014	516.700	7.800	k.A.
2015	489.800	8.500	38.000
2016	526.500	9.100	47.200
2017	573.100	k.A.	35.600

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 09/2018; Berechnungen des DIW Berlin; k.A.: keine Angabe

Die Beschäftigung, die durch die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe ausgelöst wird, stieg im Zeitraum 2006 bis 2016 von 1.400 Personen auf 9.100 Personen. Diese Werte enthalten ebenfalls neben der direkten Beschäftigung die indirekte Beschäftigung. Der Anteil der indirekten Beschäftigung betrug im Jahr 2016 rund 46 Prozent.

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 et al. 2002, S. A-36 f., und BfEE 2017, S. 2). Oft stellen Energieeffizienzdienstleistungen dabei nur eine Teilaktivität der Anbieter dar. Im Jahr 2017 waren in den wichtigsten Geschäftsfeldern mit Energieeffizienzdienstleistungen in Vollzeitäquivalente umgerechnet 35.600 Personen beschäftigt. Allein auf das Energie-Contracting entfielen dabei etwa 25.000 Beschäftigte.²⁰

Die genannten Daten geben an, welche (Brutto-)Beschäftigungseffekte mit Energieeffizienzmaßnahmen verbunden sind. In einer Nettobetrachtung müssen von diesen Arbeitsplätzen die möglichen Arbeitsplatzverluste abgezogen werden, die dadurch entstehen, dass Investitionen unter Umständen aus anderen Wirtschaftszweigen in Energieeffizienz-relevante Bereiche umgelegt werden. Statistisch lassen sich diese Nettobeschäftigungswirkungen nicht ermitteln.²¹

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

Tabelle 8: Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen im Zeitraum 2015 bis 2017

Geschäftsfeld	Beschäftigte 2015 (Personen)	Beschäftigte 2016 (Personen)	Beschäftigte 2017* (Vollzeitäquivalente)
Information	2.200	1.900	1.500
Energieberatung**	4.700	7.600	4.500
Energie-Contracting	29.600	33.000	25.000
Energiemanagement	1.500	4.700	4.600
Zusammen	38.000	47.200	35.600

* Werte für 2017 vorläufig; aufgrund methodischer Änderungen nur eingeschränkt mit den Werten der Vorjahre vergleichbar

** Energieberatung im engeren Sinne. Erfasst werden Energieaudits, Vor-Ort-Beratungen für Gebäude sowie Anlagen und Prozesse und stationäre Beratungen für Wohngebäude. Nicht erfasst sind beispielsweise Umsetzungsbegleitungen, kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte sowie sonstige Energieberatungen. Für diese nicht-erfassten Bereiche liegen lediglich Daten für das Jahr 2015 vor (5.800 Beschäftigte), die zwecks Vergleichbarkeit mit 2016 und 2017 nicht eingerechnet sind.

Quelle: BfEE und Berechnungen des DIW Berlin

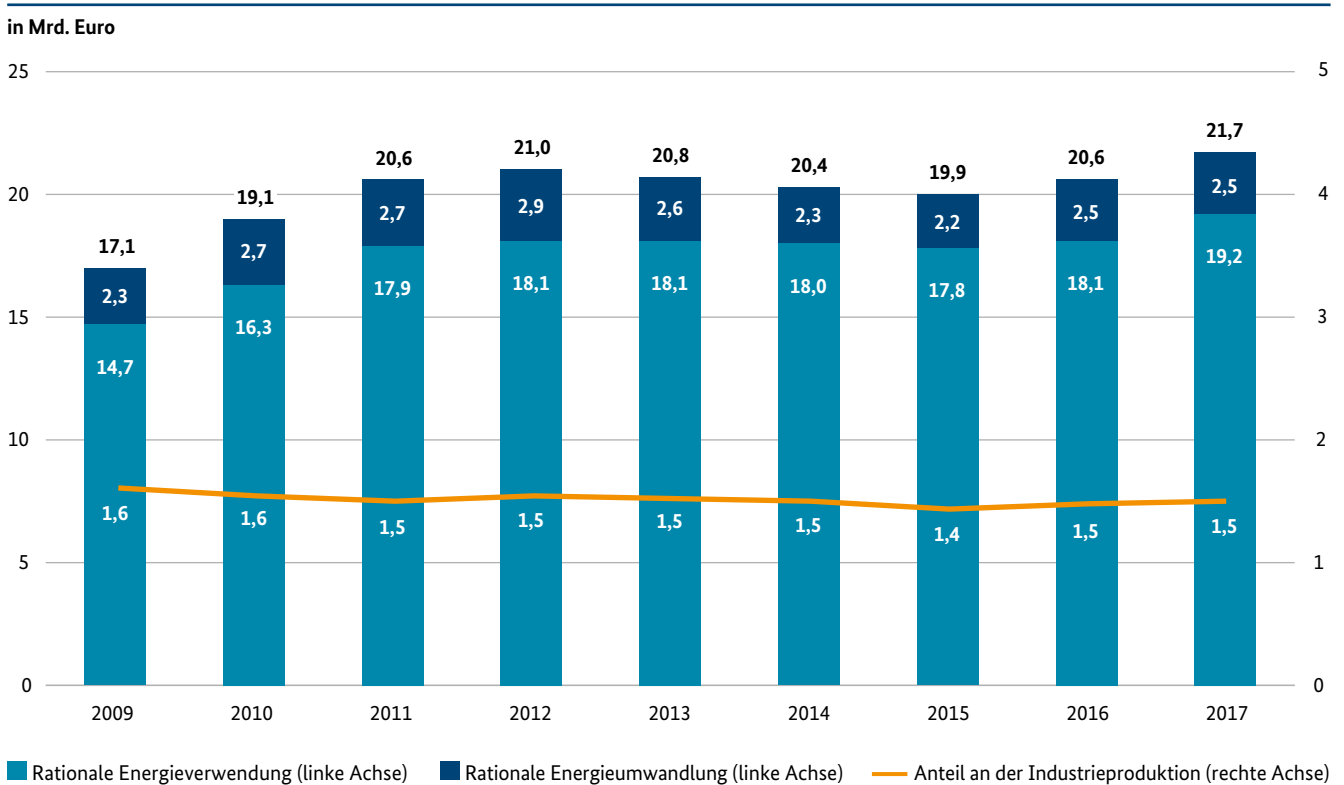
- 20 Die Daten stützen sich auf regelmäßige Marktstudien der Bundesstelle für Energieeffizienz mit Fokus auf die Bereiche Energieberatung, Energie-Contracting, Energiemanagement sowie Informationsleistungen (BfEE 2017, 2018 und 2019). Eine Reihe von Institutionen erbringen Energieeffizienzdienstleistungen auch unentgeltlich 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 Aktivitäten im Erziehungs- und Unterrichtswesen, bei den Finanz- und Versicherungsdienstleistungen sowie in der Forschung und Entwicklung, die auf eine Steigerung der Energieeffizienz gerichtet sind, gehen nicht in diese Zahl ein. Ohne weitere Untersuchungen ist es nicht möglich, belastbare Daten zur Beschäftigung in diesen Bereichen anzugeben. Die 35.600 Beschäftigten müssen daher als Untergrenze für die Beschäftigung mit Energieeffizienzdienstleistungen angesehen werden.
- 21 Die Schätzung dieser Effekte erfordert Szenarienanalysen, die eine Entwicklung mit Energieeffizienzmaßnahmen einer hypothetischen Entwicklung ohne Energieeffizienzmaßnahmen gegenüberstellen (kontrafaktisches Szenario). 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. Lutz et al. (2018) analysieren die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Energiewende und kommen zu positiven Nettobeschäftigungseffekten. Die Steigerung der Energieeffizienz ist ein wesentlicher Bestandteil des Energiewende-Szenarios. Es ist jedoch nicht möglich, die entsprechenden Beschäftigungseffekte gesondert auszuweisen.

Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz bilden daher eine wichtige Ergänzung der bisher dargestellten Indikatoren.²²

Die Umsätze mit Gütern, die der Steigerung der Energieeffizienz dienen können, betragen im Jahr 2017 21,7 Milliarden Euro. Dies sind 5,3 Prozent mehr als im Vorjahr und bedeutet den höchsten Wert seit 2009. Insgesamt war von 2012 bis 2015 ein leichter Rückgang der Produktion von 21 Milliarden Euro auf 19,9 Milliarden Euro zu verzeichnen, der 2016 und 2017 wieder ausgeglichen werden konnte.

Der weit überwiegende Teil der Produktion entfällt auf das Teilsegment der rationellen Energieverwendung mit 19 Milliarden Euro, bei dem es sich im Wesentlichen um Güter handelt, die zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden beitragen. Das Teilsegment der rationellen Energieumwandlung wird maßgeblich geprägt durch Umsätze mit Gas- und Dampfturbinen, auf die im Jahr 2017 allein 2,2 Milliarden der insgesamt lediglich rund 2,5 Milliarden Euro dieses Teilsegments entfielen.²³ In Abbildung 50 wird deutlich, dass Umsätze mit Gütern zur rationellen Energieverwendung eine weitaus größere Bedeutung haben. Güter, die

Abbildung 50: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017



* abweichende Summen durch Rundung

Quelle: Destatis, Produktionsstatistik. - Berechnungen des CWS

22 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 s. Blazejczak et al. (2019) oder Gehrke, Schasse und Leidmann (2013).

23 Die Berechnungen basieren auf der gemeinsam von NIW und dem Statistischen Bundesamt entwickelten Liste potenzieller Umweltschutzgüter (Gehrke, Schasse und Leidmann 2013).

der Energieeffizienz dienen können, haben über die Jahre einen relativ konstanten Anteil von 1,5 Prozent an der gesamten industriellen Produktion.

Die Umsätze für die energetische Gebäudesanierung liegen im Zeitraum 2010 bis 2016 bei jährlich rund 70 Milliarden Euro und erreichen im Jahr 2017 79 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 2016 bei 1,5 Milliarden Euro lagen.

Mit Energieeffizienzdienstleistungen, die kommerziell über den Markt angeboten werden, wurden im Jahr 2017 knapp 9 Milliarden Euro umgesetzt. Den größten Anteil daran hat das Energie-Contracting mit Umsätzen von 7,9 Milliarden Euro. Weitere Geschäftsfelder sind Energiemanagement-Dienstleistungen, höherschwellige Energieberatungen sowie Informationsleistungen.²⁴

4.4 Eingesparte Importkosten für Primärenergie

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 ausgefallen. 2017 hat Deutschland netto 9.593 PJ und damit 70,6 Prozent des Primärenergieverbrauchs importiert.²⁵ Bei den fossilen Energieträgern lag die Netto-Importquote bei bis zu 100 Prozent.

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 den aktuellen Preisen der importierten Energieträger ab. Wenn Unternehmen auf kostengünstige, effizientere Anlagen umrü-

Tabelle 9: Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2017 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	62,89	0,97	3,64	k. A.
2011	70,02	0,96	3,67	k. A.
2012	68,52	1,35	3,85	k. A.
2013	68,32	1,37	3,55	k. A.
2014	67,64	1,23	3,30	k. A.
2014	65,36	1,36	3,11	8,66
2015	71,32	1,48	3,44	9,09
2017	79,01	k. A.	3,46	8,90

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

²⁴ Siehe BfEE 2019.

²⁵ Die Netto-Importe ergeben sich aus der Differenz von Einfuhren abzüglich Ausfuhren. Netto-Exporte waren im Jahr 2017 bei Strom (189 PJ oder 52,5 TWh), Braunkohle (31 PJ) und erneuerbaren Energien (25 PJ) zu verbuchen.

Tabelle 10: Primärenergieimporte

	Netto-Importquote bezogen auf den Primärenergieverbrauch	Anteil am Primärenergieverbrauch 2017	Anteil an der Bruttostromerzeugung 2017
Steinkohle	96,6 %	10,6 %	14,2 %
Uran	100,0 %	6,1 %	11,7 %
Erdgas	92,5 %	23,8 %	13,3 %
Mineralöl	98,5 %	34,6 %	0,9 %

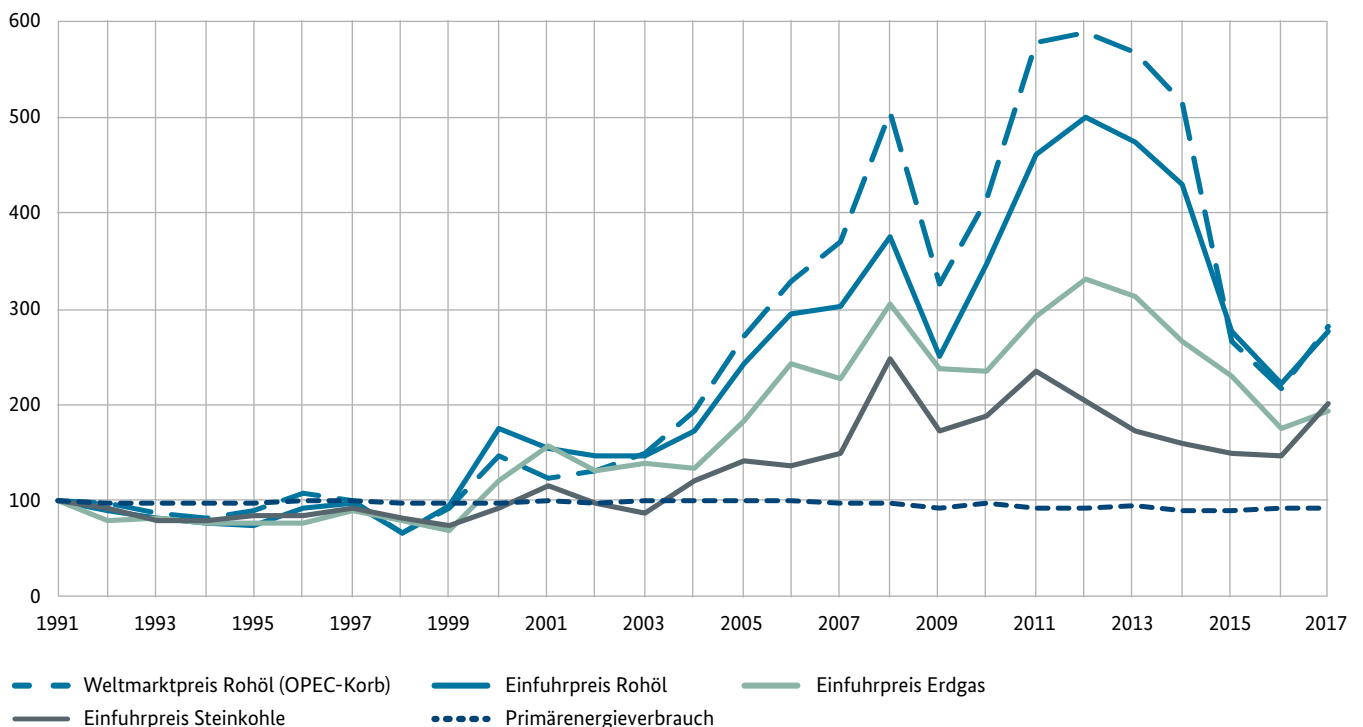
Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Auswertungstabellen, Stand 07/2018

ten, 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.²⁶ Energieeffizienz stärkt langfristig die Versorgungssicherheit in Europa und kann auch kurzfristig zur Reduzierung des täglichen Spitzenlastbedarfs und damit zur Flexibilisierung der Energiesysteme beitragen.

Abbildung 51: Entwicklung von Rohstoffpreisen und Primärenergieverbrauch

Index 1990 = 100



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Stand 07/2018; BMWi, Fortschrittsbericht (2019) basierend auf Bafa u. MVV, Stand 08/2018

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

Die Versorgungssicherheit wird anhand verschiedener Indikatoren gemessen. Je höher der Wert liegt, desto höher ist die Versorgungssicherheit. Die meisten EU-Mitgliedstaaten 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 2019d). 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 2018).

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).

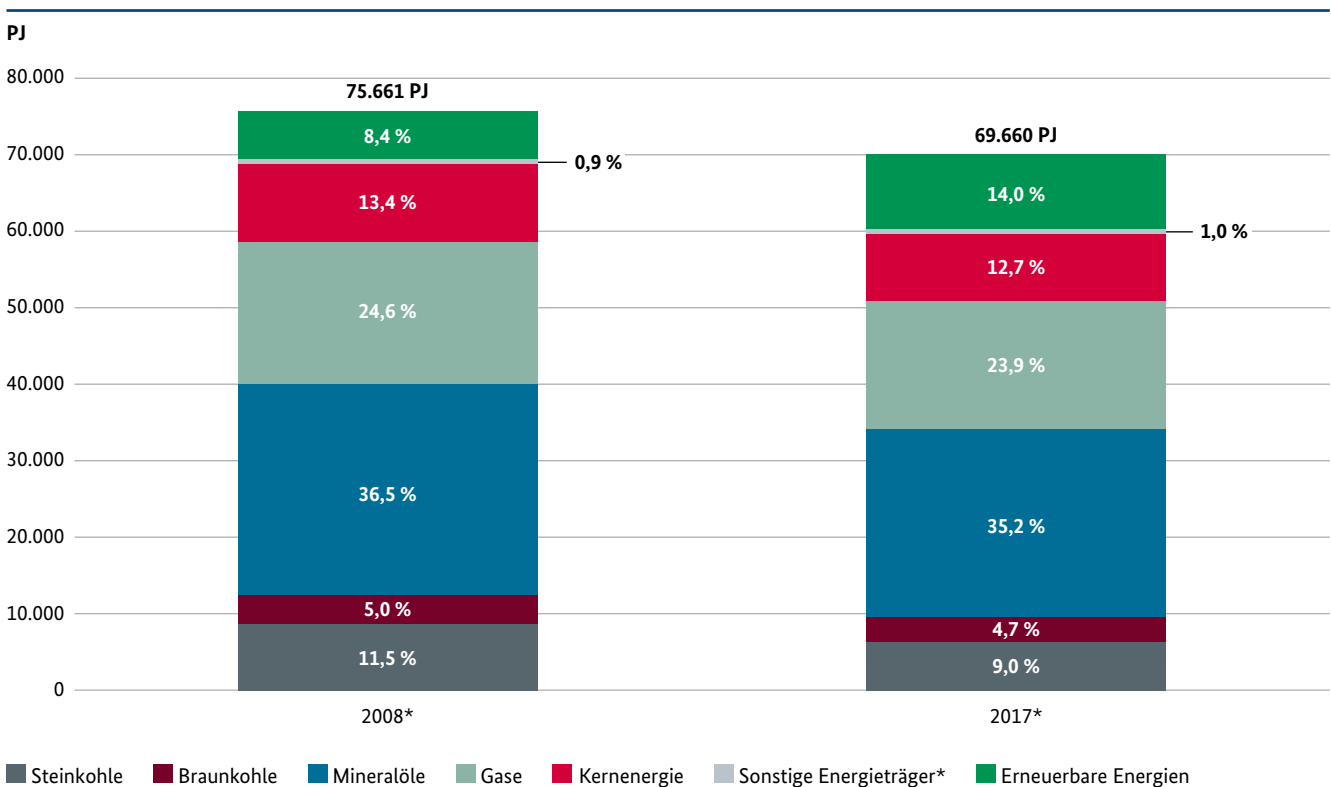
Durch Effizienzsteigerungen im Energie- als auch in den Verbrauchssektoren können diese Umweltschäden vermieden werden. Die Folgen des Klimawandels auf die natürliche Umwelt und den Menschen werden von verschiedenen Wissenschaftlern weltweit als Kosten abgebildet²⁷; in Deutschland gibt das Umweltbundesamt die Methodenkonvention heraus, in der die Klimakosten beziffert werden. Diese empfiehlt für das Jahr 2016 einen Kostensatz für Klimafolgeschäden in Höhe von 180 EUR pro Tonne CO_2 -Äquivalent. Fortgeschrieben auf das Jahr 2017 und preisbereinigt (Konsumentenpreisindex des Statistischen Bundesamts) ergibt sich für diesen ein Wert von rund 183 EUR pro Tonne CO_2 -Äquivalent.

27 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 CO_2 angegeben (für 1 Prozent Zeitpräferenzrate und Umrechnung US-Dollar 2014 in Euro 2016).

5. Primär- und Endenergieverbrauch in der Europäischen Union

Die EU-28 hat von 2008 bis 2017 den Primärenergieverbrauch (gemäß Bruttoinlandsverbrauch) um 6.001 PJ reduziert und die Primärenergieproduktivität um 17,4 Prozent gesteigert. Im selben Zeitraum ging der europäische Endenergieverbrauch um 2.047 PJ zurück und die Endenergieproduktivität der EU-28 stieg um 13,1 Prozent.

Abbildung 52: Primärenergieverbrauch in der EU nach Energieträgern 2008 und 2017



* prozentuale Summendifferenzen bedingt durch statistische Differenzen

** sonstige feste fossile Brennstoffe, Torf/-produkte, nicht-erneuerbare Abfälle, Abwärme, Strom- und Fernwärmeaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DG Energie, Länder-Datenblätter, Stand 04/2019; Eurostat, Bruttoinlandsverbrauch, Stand 04/2019

Der Primärenergieverbrauch²⁸ der Europäischen Union (EU) ist zwischen 2008 und 2017 um 6.001 PJ (-7,9 Prozent) gesunken. Der europäische Verbrauchsrückgang ist vor allem auf einen Rückgang der Energieintensität zurückzuführen, d. h. durch den allgemeinen technischen Fortschritt und gezielte Energieeffizienzmaßnahmen auf nationaler und europäischer Ebene (bspw. Ökodesign-Richtlinie, Ge-

bäude-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 2018).

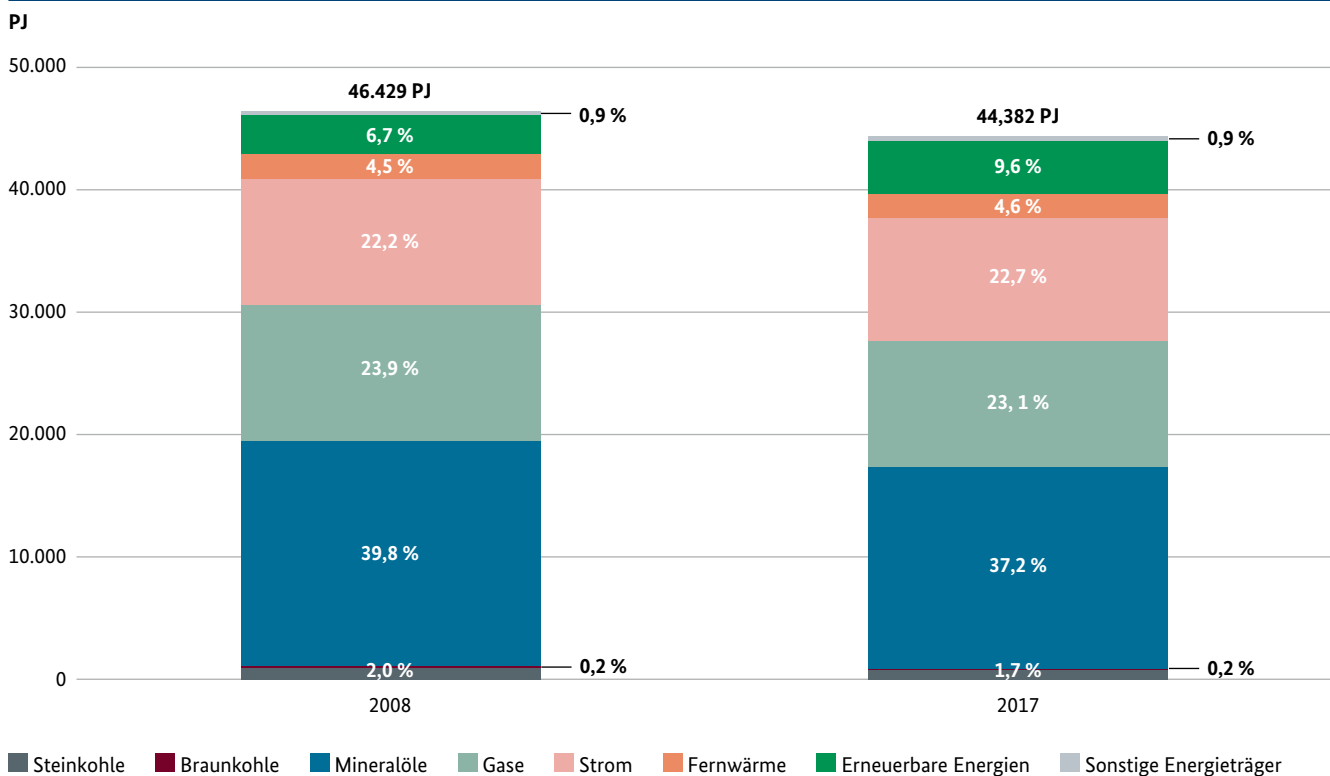
28 Die Ermittlung des Primärenergieverbrauchs durch Eurostat unterscheidet sich methodisch zu dem Vorgehen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (bzgl. nicht-energetischen Verbräuchen). Dementsprechend unterscheidet sich der von Eurostat ausgewiesene PEV (gemäß Bruttoinlandsverbrauch) für Deutschland im Jahr 2017 (13.444 PJ) um 150 PJ gegenüber dem ermittelten PEV der AGEV (13.594 PJ). Bei der Ermittlung des Endenergieverbrauchs durch Eurostat führen zudem unterschiedliche Bilanzkreise, Heizwerte und Datenstände zu Abweichungen. Daher liegt der EEV Deutschlands der AGEV mit 9.329 PJ rund 763 PJ über dem Wert von Eurostat (8.566 PJ).

Die wichtigsten Primärenergieträger der EU waren im Jahr 2017 mit einem Anteil von 35,2 Prozent Mineralöle (24.554 PJ), gefolgt von Gasen (23,9 Prozent bzw. 16.680 PJ) und Kernenergie (12,7 Prozent bzw. 8.823 PJ). Erneuerbare Energien kamen 2017 auf einen Anteil von 14 Prozent (9.765 PJ) und lagen damit vor der Steinkohle (9 Prozent bzw. 6.294 PJ) und der Braunkohle (4,7 Prozent bzw. 3.303 PJ). Deutschland war im Jahr 2017 für 46,6 Prozent des europäischen Braunkohleverbrauchs verantwortlich, der mit relativ hohen Umwandlungsverlusten verbunden ist. Die sonstigen Energieträger machten 1 Prozent (695 PJ) des Primärenergieverbrauchs der EU aus.

Von 2008 bis 2017 steigerte sich der Primärenergieverbrauch aus erneuerbaren Energien der EU-28 um 3.427 PJ (+54,1 Prozent). Dagegen reduzierte sich im gleichen Zeitraum die Nachfrage nach fossilen Primärenergieträgern

in der EU: Mineralöl -11 Prozent, Braunkohle -12,1 Prozent, Gase -10,3 Prozent und Steinkohle -27,4 Prozent. Die Kernenergie trug 2017 13 Prozent weniger als 2008 zum Primärenergieverbrauch der EU bei. Davon sind 781 PJ auf Kernkraftwerke zurückzuführen, die in diesem Zeitraum in Deutschland weniger Energie umwandeln bzw. vom Netz gingen. Zum Rückgang der Kernenergie haben aber bspw. auch Frankreich (-398 PJ) und Litauen (-112 PJ) beigetragen. In Großbritannien und Ungarn 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 Fußnote 3 „Wandel des Primärenergiemix“).

Abbildung 53: Endenergieverbrauch in der EU nach Energieträgern 2008 und 2017



Der Endenergieverbrauch der EU-28 reduzierte sich im Zeitraum 2008 bis 2017 um 2.047 PJ bzw. 4,4 Prozent auf 44.382 PJ. Die europäische Energiebilanz weist für Deutschland im gleichen Zeitraum einen Anstieg um 0,1 Prozent aus.²⁹ 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. Durch die Zunahme der Wirtschaftstätigkeit wird der Energieverbrauch jedoch voraussichtlich weiter steigen (Europäische Kommission 2019).

Im Endenergiemix der EU-28 dominieren Mineralölprodukte mit 37,2 Prozent (16.497 PJ) aufgrund ihrer Bedeutung im Verkehrssektor. Erdgas (22,7 Prozent bzw. 10.239 PJ) und Strom (22,7 Prozent bzw. 10.073 PJ), erneuerbare Energien (9,6 Prozent bzw. 4.271 PJ), die Fernwärme (4,6 Prozent bzw. 2.033 PJ) und die Steinkohle (1,7 Prozent bzw. 772 PJ) ergänzen den Endenergiemix. Die Braunkohle (0,2 Prozent bzw. 74 PJ) und sonstige Energieträger (0,9 Prozent bzw. 405 PJ) haben geringe Anteile am Endenergieverbrauch.

Die EU-28 konnte von 2008 bis 2017 vor allem die Nachfrage nach fossilen Endenergieträgern reduzieren: Braunkohle -27 Prozent, Steinkohle -15,6 Prozent, Mineralöl -10,6 Prozent und Gase -7,6 Prozent. Außerdem wurde der Bedarf an den Sekundärenergieträgern wie Fernwärme (-2,5 Prozent) und Strom (-2,2 Prozent) gesenkt. Dagegen stieg die Nachfrage nach erneuerbaren Energien um 36,9 Prozent. Ebenfalls leicht gewachsen, aber von einem sehr geringen Niveau kommend, sind die sonstigen Energieträger (+1,2 Prozent) wie z. B. nicht erneuerbare Industrie- und Haushaltsabfälle.

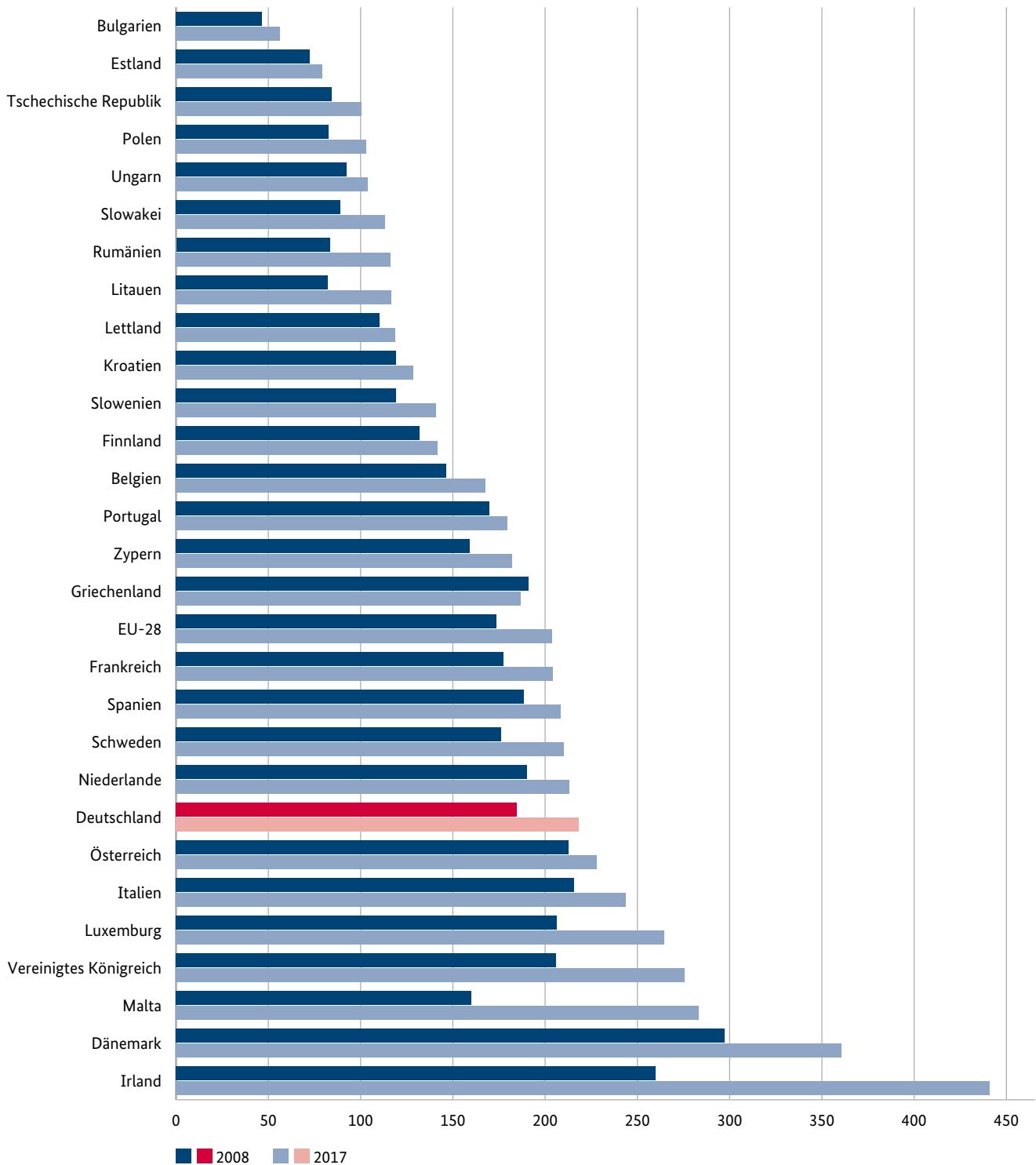
Die Zahlen von Eurostat zeigen, dass in Deutschland die Primärenergieproduktivität im Jahr 2017 gegenüber 2008 um 18,1 Prozent gesteigert werden konnte. Diese Verbesserung ist etwas besser als die Entwicklung der Primärenergieproduktivität der EU-28 (+17,4 Prozent).

Im Bereich der Endenergie ist eine ähnliche Entwicklung feststellbar. Zwischen 2008 und 2017 stieg die europäische Endenergieproduktivität um 13,1 Prozent. Die Differenz zur Primärenergieproduktivität ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor zurückzuführen, die im Indikator Endenergieproduktivität nicht berücksichtigt werden.

In Deutschland konnte die Endenergieproduktivität gemäß Eurostat zwischen 2008 und 2017 nur um 11,5 Prozent 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 stieg das preisbereinigte BIP der Bundesrepublik zwischen 2008 und 2017 um 11,7 Prozent, während der Endenergieverbrauch nahezu unverändert blieb. Die Wirtschaftsleistung der EU stieg dagegen nur um 8,1 Prozent, doch der Endenergieverbrauch konnte um 4,4 Prozent reduziert werden, woraus insgesamt der größere Anstieg der europäischen ggü. der deutschen Endenergieproduktivität resultiert.

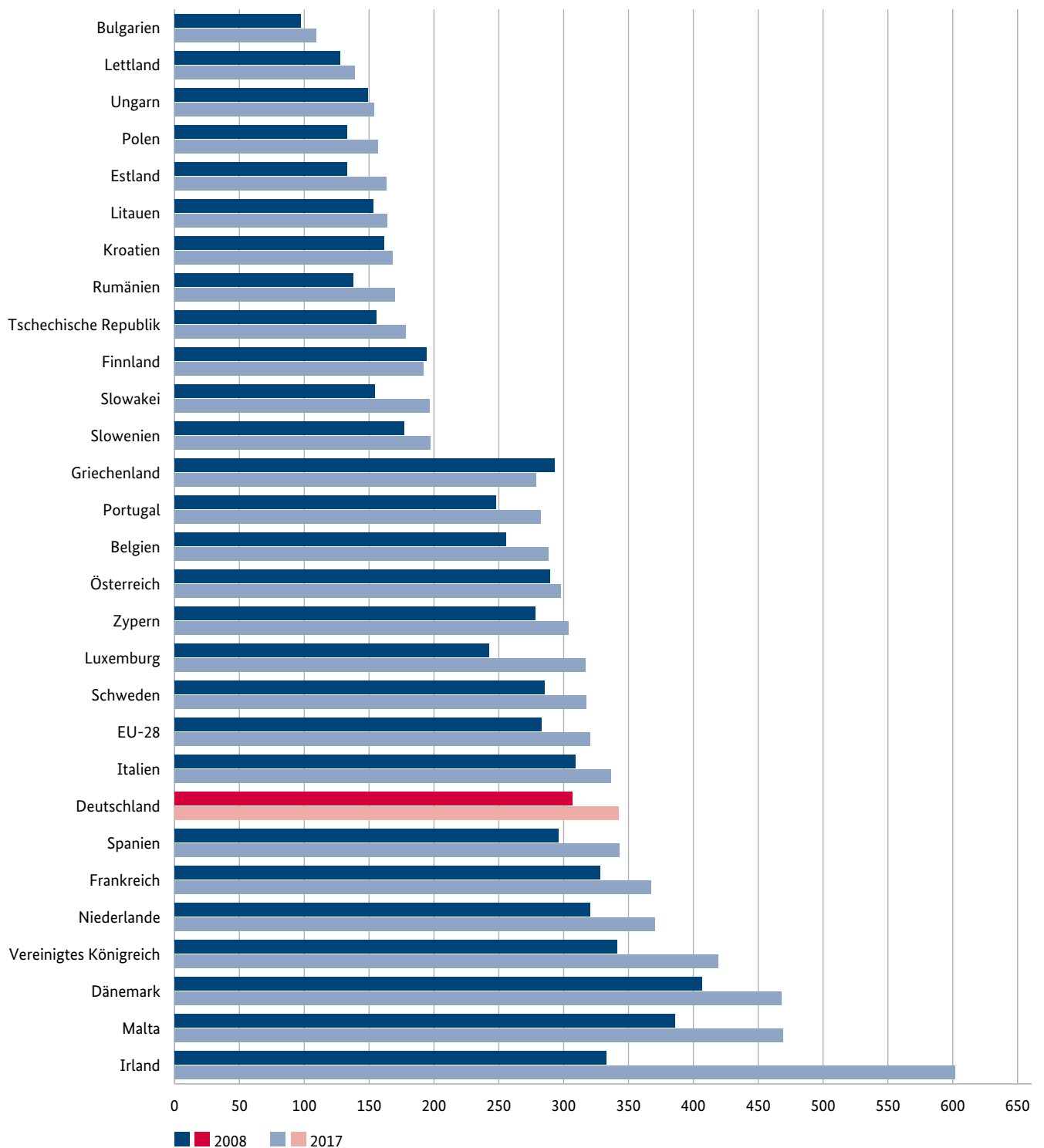
29 Vgl. Fußnote 28.

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



* berechnet mit BIP in Preisen von 2010

Abbildung 55: 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 Konstant-Halten 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 pro Bezugseinheit eingesetzt wird, wie bspw. Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung, Person oder Wohnfläche. Sie wird auch als spezifischer Energieverbrauch bezeichnet.
- Im ökonomischen Kontext drückt die Energieintensität 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 „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.

Energieproduktivität Die Energieproduktivität ist der Kehrwert der Energieintensität. Sie ist ein Maß dafür, wie viele Geldeinheiten wirtschaftlicher Leistung, bspw. gemessen als Bruttoinlandsprodukt, pro Einheit eingesetzter Energie erzeugt werden. 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.

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

Die Endenergieproduktivität kann auch auf einzelne Endenergiesektoren bezogen werden, die eine ökonomisch messbare Wertschöpfung generieren (Industrie- und GHD-Sektor). 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.

- 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. Für Gebäude 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 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 zu Grunde 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

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%. Der höchste Wert (1 bzw. 100%) kann in der Praxis bei Maschinen nicht erreicht werden, weil bei allen Vorgängen Wärme- oder Reibungsverluste auftreten.

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.

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) (2018a): *Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: 07/2018,*
<https://ag-energiebilanzen.de/10-0-Auswertungstabellen.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018): *Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 08/2018,* <https://ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2016.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018c): *Energieflussbild (vereinfacht in PJ) 2017, Stand 08/2018,* <https://ag-energiebilanzen.de/9-0-Energieflussbilder.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018d): *Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland, Stand 11/2018,*
<https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018e): *Projekt Temperaturbereinigung, Stand 11/2018 (unveröffentlicht)*

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2018f): *Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern (Strommix), Stand 12/2018,* https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20181214_brd_stromerzeugung1990-2018.xlsx

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2019): *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen legt Bericht zum Energieverbrauch 2018 vor. AGEB Pressedienst Nr.2, 2019 (27. März),*
https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_pressedienst_02_2019.pdf

Blazejczak, J.; Edler, D.; Gehrke, B.; Gornig, M.; Schasse, U. unter Mitarbeit von Kaiser, C. (2019): *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 Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2018): *Klimaschutz in Zahlen – Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2018,*
<https://www.bmu.de/publikation/klimaschutz-in-zahlen-2018/>

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) (2015): *Energieeffizienzstrategie Gebäude*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2016): *Grünbuch Energieeffizienz. Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Stand 08/2016*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2017): *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) (2018): *Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2017*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2017.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019a): *Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi, Stand 01/2019*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019b): *Zweiter Fortschrittsbericht zur Energiewende „Energie der Zukunft“. Berichtsjahr 2017*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschrittsbericht-monitoring-energiewende.html>

Bundesregierung (BReg) (2010): *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Stand 09/2010*, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.html>

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (2017): *Bundesstelle für Energieeffizienz (Hrsg.): 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

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (2018): *Bundesstelle für Energieeffizienz [Hrsg.]: Empirische Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen. Endbericht 04/2017, Eschborn*

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (2019): *Bundesstelle für Energieeffizienz: Empirische Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen. Erhebung 2018: Methoden, Ergebnisse, Thesen. Präsentation, Berlin 29.01.2019*

CDU, CSU und SPD (2018): *Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD – 19. Legislaturperiode*, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/koalitionsvertrag-zwischen-cdu-csu-und-spd-195906>

European Network of Transmission System Operators for Gas (ENTSOG) (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

Europäische Kommission (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 (2018a): *Richtlinie (EU) 2018/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32018L2002>

Europäische Kommission (2018b): *Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018R1999>

Europäische Kommission (2019): *Bewertung der Fortschritte der Mitgliedstaaten hinsichtlich der nationalen Energieeffizienzziele für 2020 und bei der Durchführung der Richtlinie zur Energieeffizienz gemäß Artikel 24 Absatz 3 der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz (2018)*. COM(2019) 224 final, Brüssel 2019, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/DE/COM-2019-224-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF>

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 (2018): *Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe, Berechnungen für das Jahr 2018, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) sowie des Bundesinstituts für Bau, Stadt- und Raumforschung (BBSR), unveröffentlichtes Manuskript, Berlin, August 2018.*

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

International Energy Agency (2018): *World Energy Investment 2018*, <https://webstore.iea.org/world-energy-investment-2018>

Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (2019): *Abschlussbericht*, https://www.kommission-wsb.de/WSB/Redaktion/DE/Downloads/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2019): *Energiebilanzen der Länder*. <http://www.lak-energiebilanzen.de/laenderbilanzen/>

Lutz, Christian; Flaute, Markus; Lehr, Ulrike; Kemmler, Andreas; Kirchner, Almut; auf der Maur, Alex; Ziegenhagen, Inka; Wünsch, Marco; Koziel, Sylvia; Piégsa, Alexander; Straßburg, Samuel (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende, GWS Research Report 2018/04, Osnabrück.
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende.html>

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

Munich Re [Hrsg.] (2017): 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) (1998): Energy Statistics Methodology. 1998 edition,
<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956218/ENERGY-STATISTICS-METHODOLOGY-1998.pdf/62c32a37-fa89-420d-9279-112156527ce2>

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat) (2019a): Bruttoinlandsverbrauch, Stand 04/2019

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat) (2019b): Energetischer Endverbrauch, Stand 04/2019

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat) (2019c): Bruttoinlandsprodukt, Stand 05/2019

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018a): Fachserie 18, Reihe 1.4, Stand 09/2018

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018b): Investitionen für den Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe 2016. Fachserie 19, Reihe 3.1, Wiesbaden, 2018

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019): Inlandsproduktberechnung – Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 05/2019

Umweltbundesamt (2010) [Hrsg.]: Klimawandel und Gesundheit – Welche Probleme verursachen Wärme liebende Schadorganismen? Abschlussbericht, Internationales UBA/BMU-Fachgespräch: 09. und 10. November 2009, Berlin-Dahlem,
<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/klimawandel-gesundheit>

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. Climate Change 27/2016*, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-emissionsfaktoren-fuer-fossile-brennstoffe>

Umweltbundesamt (2018): *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Methodische Grundlagen*. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-30-zur-ermittlung-von>

Umweltbundesamt (UBA) (2018): *Daten und Rechenmodell TREMOD, Version 5.82, Stand 09/2018*

Umweltbundesamt (UBA) (2019a): *Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2017, Stand 12/2018*, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2018_12_19_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v1.0.1_0.xlsx

Umweltbundesamt (UBA) (2019b): *CO₂-Emissionsfaktorenliste für Energie & Industrieprozesse, Stand 02/2019*, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/co2_ef_nir_2019_brennstoffe_industrie_zusammen.xlsx

Umweltbundesamt (UBA) (2019c): *Zentrales System Emissionen, Stand 02/2019*

Umweltbundesamt (UBA) (2019d): *Primärenergiegewinnung und -importe, Stand 07/2018*, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe>

Umweltbundesamt (2019e): *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze – Stand 02/2019*. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-30-zur-ermittlung-von>

Umweltbundesamt (UBA) (2019f): *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2018. Climate Change 10/2019, Dessau-Roßlau*, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-5>

www.machts-effizient.de

www.bmwi.de

