



Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2020*



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

September 2020

Diese Broschüre wird ausschließlich als Download angeboten.

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

Bildnachweis

iconeer / Getty Images / Titel

Zentraler Bestellservice für Publikationen der Bundesregierung:

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

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 Wahlwerbenden oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2020*



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	7
Verzeichnis der Informationsboxen	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Einheiten und Umrechnungsfaktoren	9
1. Zusammenfassung	10
2. Von der Strom- zur Wärmewende	13
3. Entwicklung der Energieverbräuche und anderer Kenndaten	22
3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern	22
3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern	25
3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	28
3.4 Verbrennungsbedingte CO ₂ -Emissionen zur Energiewandlung	29
3.5 Primär- und Endenergieproduktivität	31
3.6 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie	34
3.7 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	37
3.8 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte	40
3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr	43
3.10 Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs	47
3.11 Netto-Stromverbrauch und -produktivität	51
3.12 Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren	52
3.13 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie	55

3.14	Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	57
3.15	Netto-Stromverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte	59
3.16	Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung.....	61
3.17	Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch – sektorübergreifend.....	64
3.18	Gebäuderelevante CO ₂ -Emissionen – sektorübergreifend.....	66
3.19	Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme im Sektor private Haushalte (witterungsbereinigt).....	68
4.	Wirtschaftliche Impulse und Umwelteffekte.....	69
4.1	Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	69
4.2	Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz	71
4.3	Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz	74
4.4	Sektorale Verwendung von Energieeffizienzgütern	77
4.5	Marktanteile energieeffizienter Güter.....	78
4.6	Importe und Rohstoffpreise für Primärenergie	80
4.7	Vermiedene Emissionen und Umweltschäden.....	82
5.	Energieverbrauch und -produktivität in der Europäischen Union.....	84
	Glossar.....	89
	Quellen- und Literaturverzeichnis.....	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hypothetischer Primärenergieverbrauch bei gleichbleibender Energieproduktivität	15
Abbildung 2:	Energieflussbild des Jahres 2018, in Petajoule	16
Abbildung 3:	Anteile der Anwendungsbereiche von Wärme und Kälte am Endenergieverbrauch 2018	18
Abbildung 4:	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern	22
Abbildung 5:	Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2018	24
Abbildung 6:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren	25
Abbildung 7:	Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2018	26
Abbildung 8:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern	27
Abbildung 9:	Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2018	27
Abbildung 10:	Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch 2008 und 2018	28
Abbildung 11:	Entwicklung der verbrennungsbedingten CO ₂ -Emissionen	29
Abbildung 12:	Primärenergieverbrauch und -produktivität	31
Abbildung 13:	Endenergieverbrauch und -produktivität	32
Abbildung 14:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie	34
Abbildung 15:	Endenergiemix des Sektors Industrie 1990, 2008 und 2018	35
Abbildung 16:	Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der Industrie 2008 und 2018	36
Abbildung 17:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	37
Abbildung 18:	Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008 und 2018	38
Abbildung 19:	Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch von GHD 2008 und 2018	39
Abbildung 20:	Endenergieverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte	40
Abbildung 21:	Endenergiemix des Sektors private Haushalte 1990, 2008 und 2018	41
Abbildung 22:	Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2018	42

Abbildung 23: Endenergieverbrauch – Sektor Verkehr (gemäß Inlandsabsatz).....	43
Abbildung 24: Anteile der Verkehrsträger am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2018.....	44
Abbildung 25: Energieintensitäten im Personen- und Güterverkehr (Energieverbräuche pro Verkehrsleistung inklusive Tank-Delta).....	45
Abbildung 26: Endenergiemix des Verkehrs (gemäß Inlandsabsatz) 1990, 2008 und 2018.....	46
Abbildung 27: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren.....	47
Abbildung 28: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018.....	49
Abbildung 29: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2018.....	50
Abbildung 30: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft.....	51
Abbildung 31: Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs nach Sektoren.....	52
Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008 und 2018.....	53
Abbildung 33: Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018.....	54
Abbildung 34: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie.....	55
Abbildung 35: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018.....	56
Abbildung 36: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Sektor GHD.....	57
Abbildung 37: Netto-Stromverbrauch von GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018.....	58
Abbildung 38: Netto-Stromverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte.....	59
Abbildung 39: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018.....	60
Abbildung 40: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Sektoren.....	61
Abbildung 41: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018.....	63
Abbildung 42: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2018.....	63

Abbildung 43: Entwicklung des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs.....	64
Abbildung 44: Anteil des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2018.....	65
Abbildung 45: CO ₂ -Emissionen des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs	66
Abbildung 46: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs.....	67
Abbildung 47: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte (witterungsbereinigt).....	68
Abbildung 48: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand im Zeitraum 2010 bis 2018 in Mrd. EUR.....	69
Abbildung 49: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand im Zeitraum 2010 bis 2018.....	72
Abbildung 50: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 in Mrd. EUR.....	75
Abbildung 51: Verwendung von Energieeffizienzgütern 2017: Verteilung der Umsätze nach Produktionsbereichen bzw. letzter Verwendung in Prozent.....	77
Abbildung 52: Marktanteile von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Pro- duktkategorien für die Jahre 2012 bis 2018.....	78
Abbildung 53: Umsatz von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2018 in Mrd. Euro.....	79
Abbildung 54: Entwicklung von Rohstoffpreisen und Primärenergieverbrauch.....	81
Abbildung 55: Primärenergiemix in der Europäischen Union (EU-28) 1990, 2008 und 2018 (gemäß Bruttoinlandsverbrauch)	84
Abbildung 56: Endenergiemix in der Europäischen Union (EU-28) 1990, 2008 und 2018	85
Abbildung 57: Europäischer Vergleich der Primärenergieproduktivität (in EUR/Gigajoule).....	87
Abbildung 58: Europäischer Vergleich der Endenergieproduktivität (in EUR/Gigajoule).....	88

Tabellenverzeichnis

Einheiten für Energie und Leistung.....	9
Vorsätze für Maßeinheiten.....	9
Umrechnungsfaktoren	9
Tabelle 1: Energieverbrauch und Energieproduktivität insgesamt.....	10
Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren in PJ.....	11
Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen in PJ.....	11
Tabelle 4: Volkswirtschaftliche Effekte durch Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebestand.....	12
Tabelle 5: Energieeffizienz- und Treibhausgasziele der Bundesregierung.....	19
Tabelle 6: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 in Mrd. EUR.....	70
Tabelle 7: Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 in Personen.....	72
Tabelle 8: Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen im Zeitraum 2015 bis 2018.....	73
Tabelle 9: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 in Mrd. EUR.....	76
Tabelle 10: Umsätze mit kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen 2015 bis 2018 in Mio. Euro.....	76
Tabelle 11: Primärenergieimporte 2018.....	80
Tabelle 12: Umwelt- und Klimakosten für 2020, in EUR-Cent pro kWh _{el} differenziert nach Energieträgern (inkl. Vorketten).....	83

Verzeichnis der Informationsboxen

Informationsbox 1: Förderprogramme zur Steigerung der Energieeffizienz im Sektor Industrie.....	17
Informationsbox 2: Quantitative Ziele der Energiepolitik.....	19
Informationsbox 3: Energieverbrauch anschaulich gemacht.....	20
Informationsbox 4: Rebound-Effekt.....	33
Informationsbox 5: Sektoraler Wandel: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors.....	39
Informationsbox 6: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs.....	48
Informationsbox 7: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung.....	62

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.	kWh	Kilowattstunde
BIP	Bruttoinlandsprodukt	MJ	Megajoule
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	MWh	Megawattstunde
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	Mt	Megatonne
BReg	Bundesregierung	NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
BWS	Bruttowertschöpfung	NEEAP	Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung	NEV	Nichtenergetischer 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 2018 gegenüber 2008 bzw. 2017 zusammen. Umfassende Daten zu den jüngsten Entwicklungen aufgrund der Corona-Pandemie im Jahr 2020 liegen derzeit nicht vor und werden in dieser Broschüre noch nicht abgebildet.

Gegenüber dem Jahr 2008 hat sich der Primärenergieverbrauch (PEV) im Jahr 2018 um 1.251 Petajoule (PJ) oder 8,7 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 auf-

weisen, trägt zum 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 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 sank der Endenergieverbrauch zwischen 2008 und 2018 um 196 PJ oder 2,1 Prozent. Auch der Netto-Stromverbrauch hat sich im selben Zeitraum um 2,1 Prozent oder elf Terawattstunden (TWh) (bzw. 40 PJ) reduziert.

Die Primärenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft stieg zwischen 2008 und 2018 um 24,7 Prozent auf 245 Euro je Gigajoule (GJ). Die Endenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft lag im Jahr 2018 bei 360 Euro je GJ. Dies ist eine Steigerung um 16,4 Prozent gegenüber 2008.

Tabelle 1: Energieverbrauch und Energieproduktivität insgesamt

	Einheit	1990	2008	2017	2018	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2017
Primärenergieverbrauch	PJ	14.906	14.380	13.523	13.129	-8,7%	-2,9%
Endenergieverbrauch	PJ	9.472	9.159	9.208	8.963	-2,1%	-2,7%
Netto-Stromverbrauch	TWh	455	524	519	513	-2,1%	-1,1%
Primärenergieproduktivität*	EUR BIP/GJ	141	197	235	245	24,7%	4,6%
Endenergieproduktivität*	EUR BIP/GJ	223	309	345	360	16,4%	4,3%
Netto-Stromproduktivität*	EUR BIP/MWh	4.633	5.397	6.116	6.278	16,3%	2,6%

* in Preisen von 2015

Im Bereich der Endverbrauchssektoren konnten sowohl die privaten Haushalte im Zeitraum von 2008 bis 2018 einen Beitrag (-238 PJ oder -9,3 Prozent) zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs (EEV) leisten als auch der Sektor

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (-144 PJ oder -10,0 Prozent). Dagegen stiegen der EEV des Verkehrs um 172 PJ oder 6,7 Prozent und der der Industrie um 14 PJ oder 0,5 Prozent an.

Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren in PJ

	Einheit	1990	2008	2017	2018	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2017
Industrie	PJ	2.977	2.587	2.666	2.601	0,5 %	-2,4 %
Verkehr	PJ	2.379	2.571	2.765	2.743	6,7 %	-0,8 %
Private Haushalte	PJ	2.383	2.558	2.342	2.320	-9,3 %	-0,9 %
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	PJ	1.733	1.443	1.434	1.299	-10,0 %	-9,4 %
Gesamt	PJ	9.472	9.159	9.208	8.963	-2,1 %	-2,7 %

Im Bereich der Anwendungen reduzierte sich der EEV von 2008 bis 2018 für die Raumwärme (-505 PJ oder -18,2 Prozent) und die Beleuchtung (-44 PJ oder -14,6 Prozent). Dagegen stieg der EEV für mechanische Energie (+209 PJ oder +6,2 Prozent), Prozesswärme (+61 PJ oder

+3,2 Prozent) und Prozesskälte (+40 PJ oder +26,8 Prozent). Ebenso wurde vermehrt Endenergie für Warmwasser (+30 PJ oder +7,1 Prozent), Klimakälte (+11 PJ oder +38,9 Prozent) sowie Informations- und Kommunikationstechnik (+2 PJ oder +0,7 Prozent) nachgefragt.

Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen in PJ

	Einheit	2008	2017	2018	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2017
Raumwärme	PJ	2.774	2.443	2.269	-18,2 %	-7,1 %
Warmwasser	PJ	427	440	457	7,1 %	3,7 %
Prozesswärme	PJ	1.923	2.036	1.984	3,2 %	-2,5 %
Klimakälte	PJ	29	39	40	38,9 %	1,9 %
Prozesskälte	PJ	151	190	191	26,8 %	0,9 %
Mechanische Energie	PJ	3.343	3.589	3.551	6,2 %	-1,0 %
Informations- und Kommunikationstechnik	PJ	213	213	215	0,7 %	0,9 %
Beleuchtung	PJ	300	259	256	-14,6 %	-1,0 %
Gesamt	PJ	9.159	9.208	8.963	-2,1 %	-2,7 %

Zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand wurden im Jahr 2018 rund 43,2 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 71,8 Milliarden Euro. Die getätigten Investitionen sind in Deutschland auch mit nennenswerten positiven Beschäftigungswirkungen verbunden. Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung

im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung belief sich auf rund 529.800 Beschäftigte im Jahr 2018. Auch mit Effizienzinvestitionen in anderen Feldern ist Beschäftigung verbunden, die bisher aber noch nicht hinreichend erfasst werden konnte. Diese Beschäftigungswirkungen müssen mit berücksichtigt werden. Die Beschäftigung durch die energetische Sanierung stellt insofern eine Untergrenze für die (Brutto-)Beschäftigung durch Energieeffizienz dar.

Tabelle 4: Volkswirtschaftliche Effekte durch Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebestand

	2010	2018	Veränderung ggü. 2010
Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand (in Mrd. Euro)	36,1	43,2	+19,6 %
Umsätze durch energetische Sanierung im Gebäudebestand (inkl. Wärmeisolation) (in Mrd. Euro)	62,9	71,8	+14,2 %
Beschäftigte durch energetische Gebäudesanierung im Bestand (in 1.000 Pers.)	521,9	529,8	+1,5 %

2. Von der Strom- zur Wärmewende

Deutschland verbrauchte im Jahr 2018 rund 13.129 Petajoule (PJ) oder 3647 Terawattstunden (TWh) Primärenergie.¹ Dies waren im Vergleich zum Vorjahr 2,9 Prozent weniger. Im Jahr 2019 sank der Primärenergieverbrauch nach erster Schätzung um weitere 2,3 Prozent auf rd. 12.832 PJ (AGEB 2020a). Damit haben sich Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch weiter entkoppelt. Insgesamt bleibt der Handlungsbedarf weiterhin hoch, um die Einsparziele der Jahre 2020 und 2030 (minus 20 bzw. minus 30 Prozent im Vergleich zu 2008) zu erfüllen (BMW 2019).

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. 36 PJ oder 10 TWh Energie (AGEB 2020c). Auch wenn aus physikalischer Sicht Energie nicht verbraucht, sondern nur umgewandelt wird, ist sie in nutzbarer Form 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 sollen minimiert werden. Dabei soll vor allem bei gleichbleibendem Nutzen der energetische Aufwand gesenkt werden. Steigende Nutzen wie die wachsende Wohnfläche zehren wiederum einen Teil der durch Energieeffizienz erzielten Gewinne wieder auf.

Deutschlands Energieversorgung beruht zudem heute noch zum größten Teil auf fossilen Energieträgern, die zum überwiegenden Teil importiert werden müssen (s. Kapitel 4). Der fossile Energieverbrauch ist gekoppelt an zahlreiche negative Auswirkungen: Tiefe Eingriffe in die Natur am Ort der Rohstoffförderung, weite Transportwege, die teilweise durch geopolitische Spannungsgebiete verlaufen und auf lange Sicht möglicherweise steigende Kosten der Beschaffung aufgrund der Endlichkeit der Ressourcen. Darüber hinaus sind fossile Energien die Hauptverursacher des Klimawandels. Die damit verbundenen Umweltbelastungen und Auswirkungen haben Folgen für die Gesundheit der Menschen, schaden Flora und Fauna und sind zudem 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 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. Im Januar 2019 stellte sie ihren Abschlussbericht vor. Hierin machte sie Vorschläge, wie die Dekarbonisierung der Stromerzeugung bis zum Jahr 2038 erreicht werden könnte (Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ 2019). Auf dieser

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 Umwandlungs-, Fackel-, Speicher-, Leitungsverlusten und Eigenverbrauch der Erzeugungsanlagen sowie von nichtenergetischen Verbräuchen zur Verfügung steht. In Deutschland lag der Endenergieverbrauch in den Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Verkehr und private Haushalte im Jahr 2018 bei rd. 8.963 PJ (vgl. Abb. 3).

Basis setzt die Bundesregierung derzeit den Kohleausstieg gesetzlich um und legt damit auf der Erzeugungsseite mittelfristig den Grundstein für eine CO₂-freie Energieversorgung.

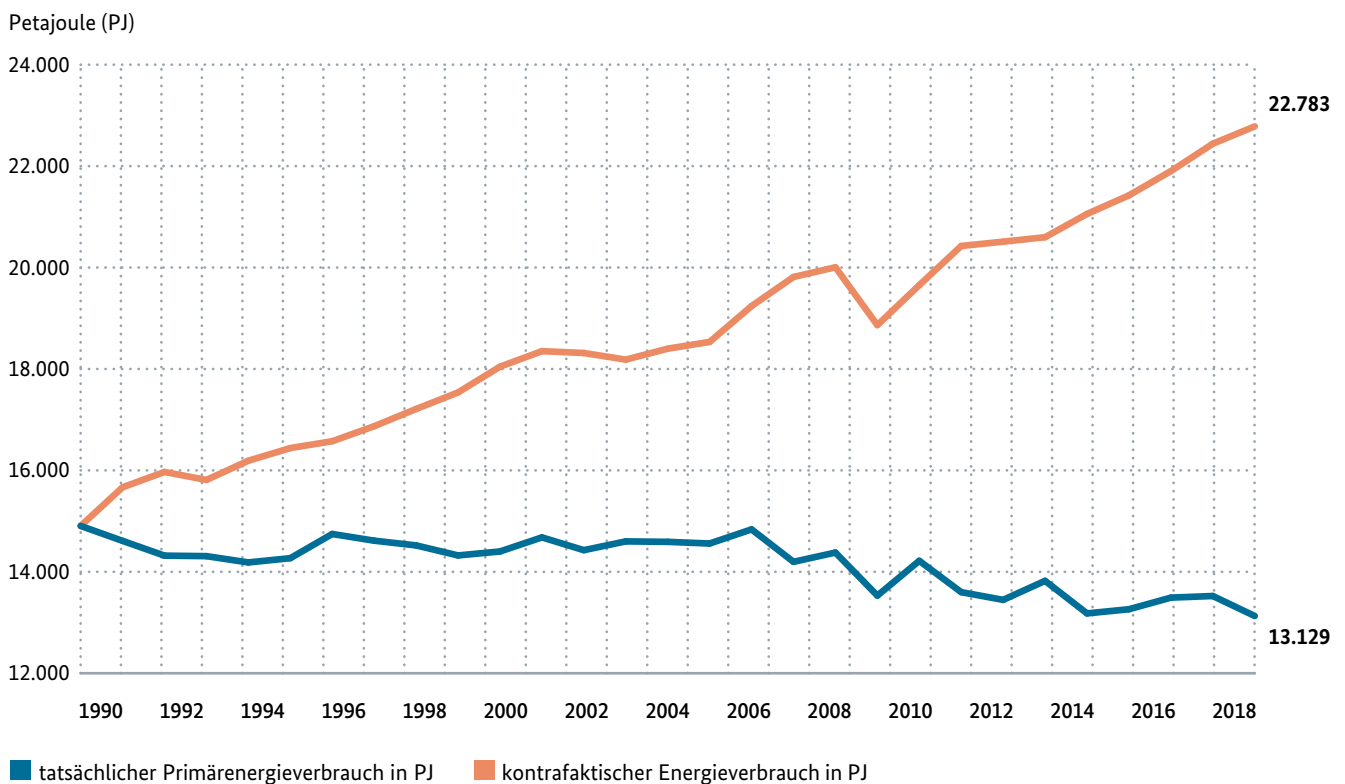
Die Herausforderungen der Energiewende betreffen jedoch nicht nur die Erzeugungsseite. Die Potenziale an erneuerbaren Energien sind in Deutschland begrenzt und müssen daher möglichst effizient zum Einsatz kommen. Entscheidend für das Gelingen der Energiewende und die Erreichung der Klima- und Energieziele ist daher auch ein effizienter Umgang mit Energie und ein absoluter Rückgang des Energieverbrauchs. Um diese Fragestellungen zu adressieren, hat die Bundesregierung am 18. Dezember 2019 eine nationale Energieeffizienzstrategie 2050 verabschiedet. Insbesondere ist in der Energieeffizienzstrategie ein nationales Energieeffizienzziel für 2030 von minus 30 Prozent des Primärenergieverbrauchs (PEV) (ggü. 2008) verankert. Bis 2050 soll der PEV halbiert werden. Zur Erreichung dieser Energieeffizienzziele wurde ein Instrumenten- und Maßnahmenmix mit weitreichenden sektorbezogenen und sektorübergreifenden Wirkungen entwickelt. Dabei werden die energieeffizienzrelevanten Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030 (z. B. Ausbau Förderangebote, CO₂-Bepreisung) einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz bis 2030 leisten. Diese und weitere Maßnahmen werden im fortgeschriebenen Nationalen Ak-

tionsplan Energieeffizienz NAPE 2.0 gebündelt, konkretisiert und umgesetzt. Die Energieeffizienzpolitik der Bundesregierung basiert dabei auf einem breiten Instrumentenmix für alle Sektoren, der auf dem Grundsatz „Beratung und Information, Fördern, Fordern und Forschen“ aufbaut.

Nur durch eine kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz ist ein stetiges Wirtschaftswachstum mit Klimaschutz vereinbar. Im Energiekonzept von 2010 (BReg 2010) wurde das ambitionierte Ziel formuliert, Deutschland zu einer der weltweit energieeffizientesten Volkswirtschaften zu formen und bis 2050 den PEV gegenüber 2008 zu halbieren. Dieses Ziel ist und bleibt Grundlage für die Energieeffizienzpolitik der Bundesregierung (CDU, CSU und SPD 2018). Die Energieeffizienzstrategie untermauert mit der Setzung eines Zwischenziels von minus 30 Prozent des PEV bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 2008 den langfristigen Minderungspfad des Energiekonzepts.

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

Abbildung 1: Hypothetischer Primärenergieverbrauch bei gleichbleibender Energieproduktivität



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 01/2020

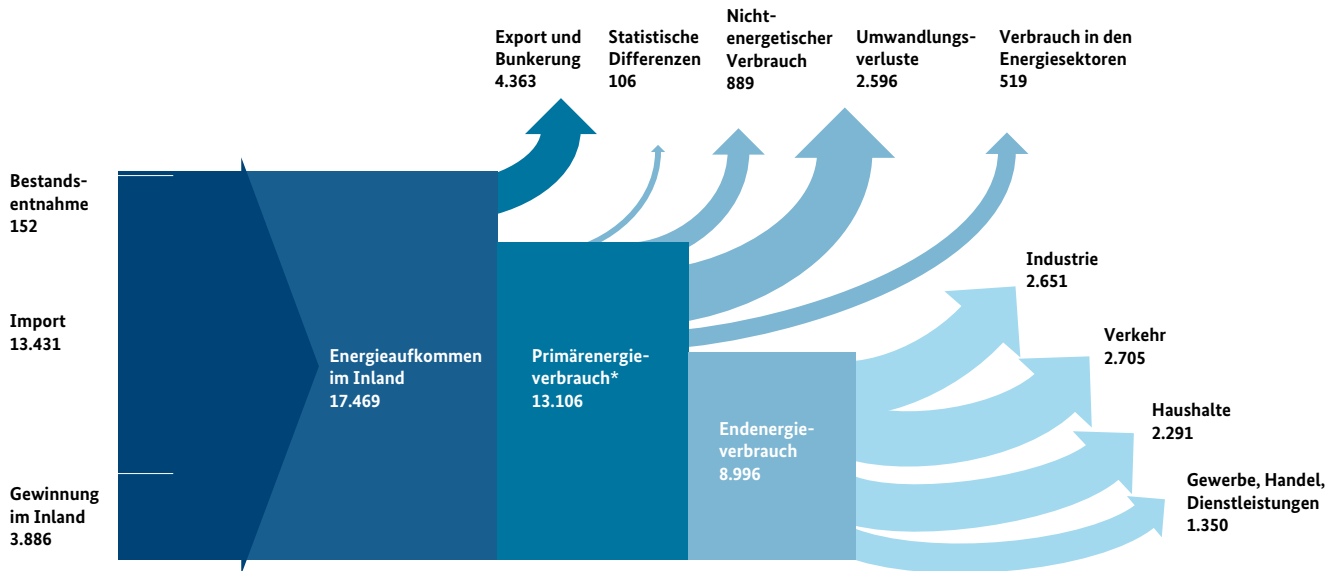
Energie effizient zu nutzen bedeutet, auch bei steigender Wertschöpfung weniger Energie zu verbrauchen, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger produzieren zu können, geringere Energiekosten zu haben, die Energieinfrastrukturen kosteneffizient und energiewendetauglich weiterzuentwickeln, weniger Energie importieren zu müssen sowie erneuerbare Energien besser integrieren zu können. Die deutsche Volkswirtschaft

ist also umso wettbewerbs- und zukunftsfähiger, je energieeffizienter sie ist. Auch deswegen ist die Energieeffizienz eine der tragenden Säulen der Energiewende.

Hierzu verdeutlicht das Energieflussbild (s. Abbildung 2) für die Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2018 (AGEB 2019) Herkunft und Einsatz von Energie.²

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 nichtenergetischen 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.

Abbildung 2: Energieflussbild des Jahres 2018, in Petajoule



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 13,8 %.
Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

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

Quelle: AGEB, Energieflussbild (vereinfacht in PJ), Stand 08/2019

Energieeffizienz stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, da der Energieverbrauch in weiten Teilen der industriellen Produktion ein relevanter Kostenfaktor ist. Effiziente Produktionsverfahren und zertifizierte Energiemanagementsysteme sind deshalb schon heute von entscheidender Bedeutung, um die Produktionskosten zu reduzieren und im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Energieeffizienz-

maßnahmen 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).

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 Jahr 2018 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“ trat am 1. April 2019 in Kraft 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 Querschnittstechniken, Techniken 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 seit dem Start im Jahr 2019 bis einschließlich 2023 rund 1,1 Milliarden Euro zur Verfügung. Damit sollen etwa 25.000 Effizienzmaßnahmen angereizt und dadurch die Menge an Treibhausgasemissionen um insgesamt 4 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr reduziert werden.

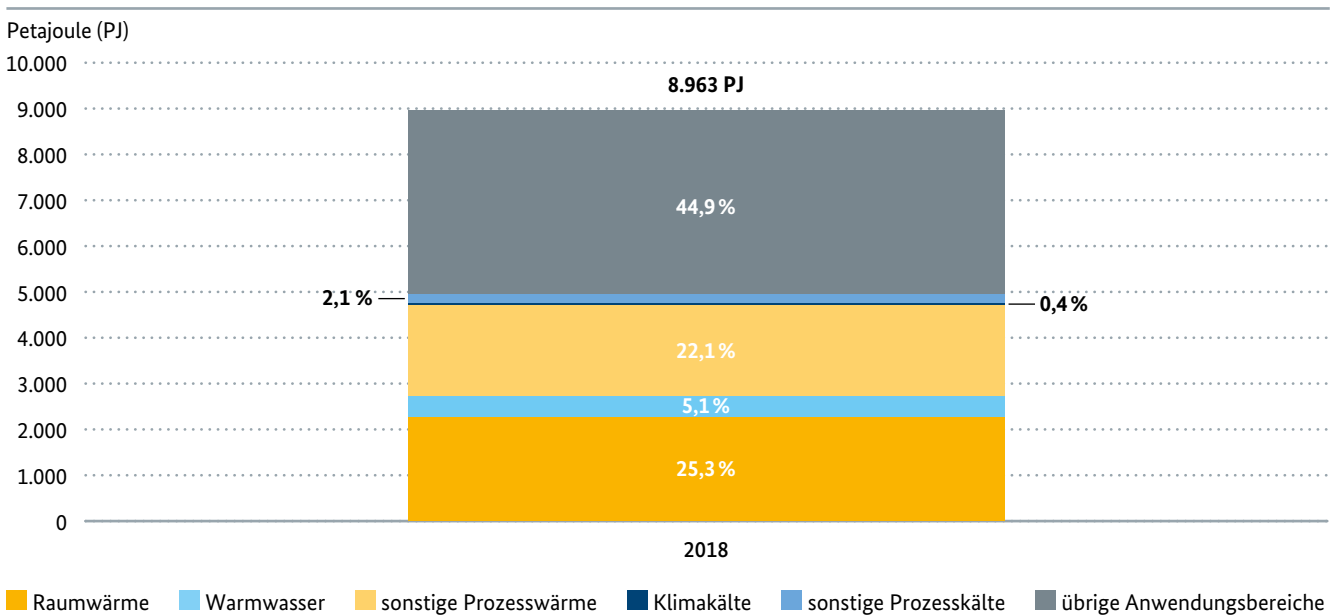
Besonders im Wärmebereich bestehen große Chancen wie auch Herausforderungen. Der Wärmebereich³ hat einen Anteil von 55,1 Prozent am Endenergieverbrauch (EEV) (s. Abbildung 3). Hiervon entfallen allein 25,3 Prozentpunkte auf den EEV für Raumwärme sowie 22,1 Prozentpunkte auf die sonstige Prozesswärme (Industrieprozesse, Kochen etc.).

Somit kommt der „Wärmewende“, d.h. der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden, Industrie, Handel und Gewerbe, eine wichtige Rolle zu. Somit rückt diese verstärkt in den Fokus der Anstrengungen. Dies geschieht nicht nur, weil wesentliche Beiträge des Wärme-sektors für die Erreichung der Energie- und Klimaziele unabdingbar sind. Die Wärmewende stellt gleichzeitig auch eine Chance für den Wirt-

schafts- und Industriestandort Deutschland dar, da sie die Möglichkeit birgt, Wertschöpfung dort zu generieren, wo hiesige Unternehmen traditionell stark sind: bei technisch anspruchsvollen, systemisch klugen Lösungen, welche Energieeffizienz sowie 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 erneuer-

Abbildung 3: Anteile der Anwendungsbereiche von Wärme und Kälte am Endenergieverbrauch 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

bare Energie im Wärmebereich wird es nicht möglich sein, den heutigen Wärmebedarf vollständig durch erneuerbare Energien zu decken. Hierfür hat die Bundesregierung bereits ein breites 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 gegenüber den Prognosen des Jahres 2007 festgelegt. Dieses Ziel soll im Jahr

2023 überprüft und potenziell nachgeschärft werden (Europäische Kommission 2018a). Zudem führt die neue Governance-Verordnung umfassende Berichtspflichten ein, nach denen 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.

Darüber hinaus stellte die EU-Kommission im Dezember 2019 das Konzept für einen „Europäischen Grünen Deal“ für eine nachhaltige EU-Wirtschaft vor (Europäische Kommission 2019b). Damit sollen die Netto-Emissionen von Treibhausgasen bis zum Jahr 2050 auf null reduziert

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 Energie-

wende. Das Energiekonzept sowie das Klimaschutzgesetz und die Effizienzstrategie der Bundesregierung definieren die wichtigsten Effizienz- und Einsparziele bis 2020 und 2050 (BReg 2010 bzw. 2019):

Tabelle 5: Energieeffizienz- und Treibhausgasziele der Bundesregierung

	Basisjahr	Energieeffizienz- und Klimaziele der Bundesregierung			
		2018	Ziel 2020	Ziel 2030**	Ziel 2050
Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	14.380 PJ	-8,7% 13.129 PJ	-20% 11.504 PJ	-30% 10.066 PJ	-50% 7.190 PJ
Endenergieproduktivität (ggü. 2008) BIP (2015) je GJ Endenergieverbrauch	309 €/GJ	-1,5% p.a. 360 €/GJ	-2,1% p.a. 396 €/GJ	-2,1% p.a. 488 €/GJ	-2,1% p.a. 740 €/GJ
Bruttostromverbrauch (ggü. 2008)***	615 TWh	-4,4% 589 TWh	-10% 554 TWh		-25% 462 TWh
Endenergieverbrauch Verkehr (ggü. 2005)	2.586 PJ	+6,1% 2.743 PJ	-10% 2.328 PJ		-40% 1.552 PJ
Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	1.251 Mio. t	-31,4% 858 Mio. t*	-40% 751 Mio. t	-57% 543 Mio. t	-80% 250 Mio. t

* vorläufige Angaben

** gemäß Energiekonzept bzw. Klimaschutzgesetz und Effizienzstrategie

*** ohne Pumpspeicher (PSE)

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010 bzw. Klimaschutzgesetz und Effizienzstrategie; beide Stand 12/2019; AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020, Strommix, Stand 02/2020; UBA, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990–2018, Stand 01/2020

und das Wirtschaftswachstum von der Ressourcennutzung abgekoppelt werden. Ziel ist es, die EU zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Dahingehend formulierte sie im März 2020 den Vorschlag für ein Europäisches Klimaschutzgesetz (Europäische Kommission 2020). Anhand dessen sollen das Ziel zur Klimaneutralität 2050 im EU-Recht verankert und Anpassungsbemü-

hungen intensiviert werden. Aktuelle Überlegungen der Europäischen Kommission zielen auf eine frühere Novellierung der Energieeffizienz-Richtlinie (bereits im Jahr 2021) ab, um der ambitionierteren Reduktion von Treibhausgasen bis 2050 im Rahmen des „Green Deals“ Rechnung zu tragen.

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 2018 betrug der Primärenergieverbrauch in Deutschland rund 13.129 Petajoule (PJ). Dies entspricht in etwa dem Primärenergieverbrauch von Frankreich, Belgien und Luxemburg zusammen.
- Im Jahr 2018 betrug der Primärenergieverbrauch Deutschlands 88,1 Prozent des Jahres 1990 (rd. 14.906 PJ). Deutschland hat somit seinen Primärenergieverbrauch im Jahr 2018 gegenüber dem Jahr 1990 um rund 1.776 PJ oder 11,9 Prozent reduziert. Dieser Rückgang ist größtenteils vergleichbar mit dem Primärenergieverbrauch der Tschechischen Republik.
- Der Endenergieverbrauch in Deutschland lag 2018 bei rd. 8.963 PJ. Das entspricht 68,3 Prozent des Primärenergieverbrauchs im selben 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 größtenteils vergleichbar sind mit dem Primärenergieverbrauch der Niederlande und Dänemarks zusammen. Hinzukommen weitere Verluste beim Umwandeln der Endenergie in Nutzenergie in Höhe von nochmals ca. 30 Prozent, zum Beispiel in ineffizienten und veralteten Heizkesseln.
- In Deutschland lag der Bruttostromverbrauch im Jahr 2018 bei rd. 589 Terawattstunden (TWh). Die Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien lag im selben Jahr bei rd. 225 TWh. Um den Stromverbrauch bilanziell zu decken, bräuchte es somit eine Erzeugungssteigerung aus erneuerbaren Energien um gut 160 Prozent.

Die vorliegende vierte 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 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 schließen 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 Preisschwankungen Deutschland abhängig ist, die durch eine rationelle Energieverwendung verringert werden. Kapitel 5 zeigt die Entwicklung der Energieeffizienz in der Europäischen Union (EU) und wie Deutschland im Vergleich zu seinen europäischen Nachbarn abschneidet. Darüber hinaus finden sich im Glossar Begriffserklärungen.

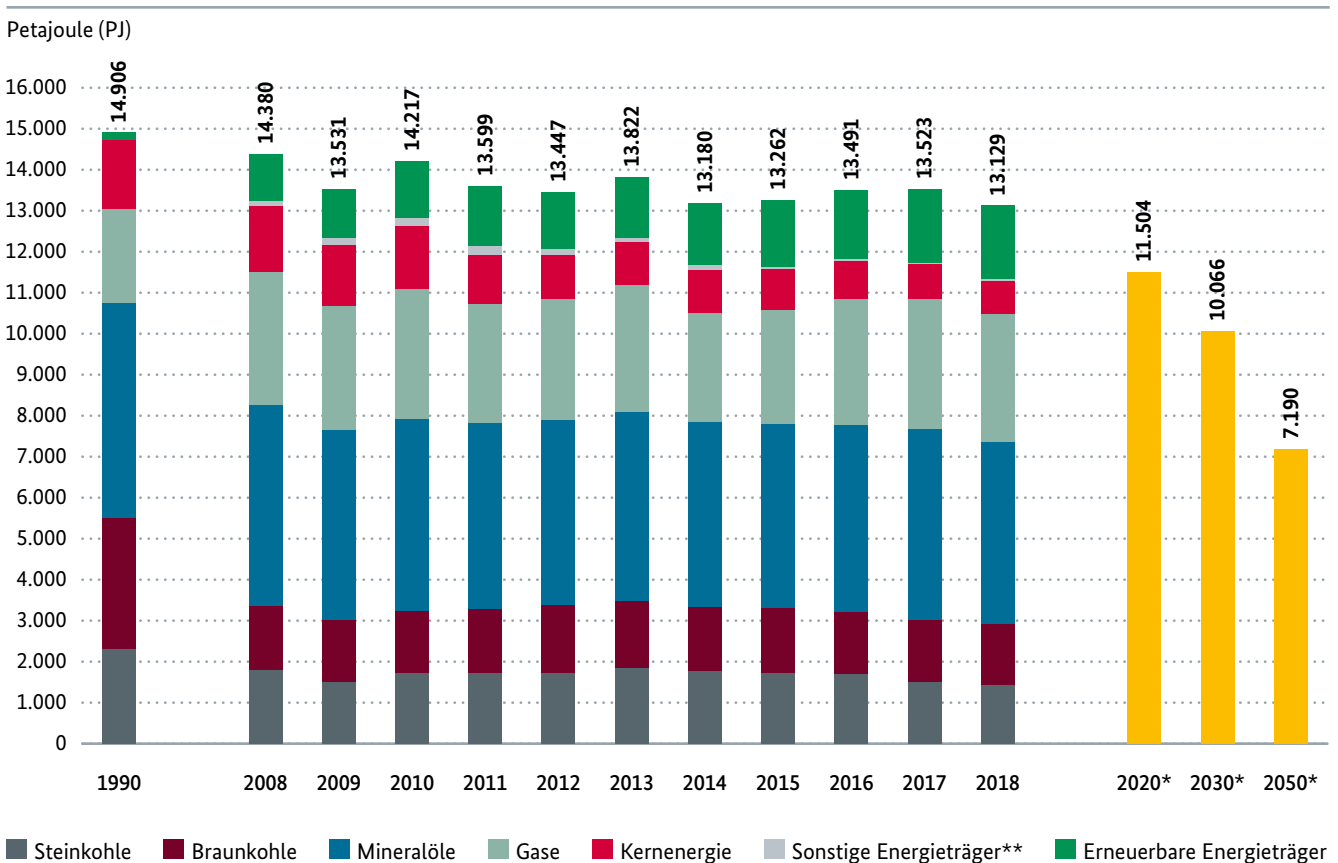
Dieser Broschüre liegen die Daten des Berichtsjahres 2018 zugrunde. Waren zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichts bereits konsistente Daten des Berichtsjahres 2019 verfügbar, so werden diese entsprechend dargestellt. Umfassende Daten zu den jüngsten Entwicklungen aufgrund der Corona-Pandemie im Jahr 2020 liegen derzeit nicht vor und werden in dieser Broschüre noch nicht abgebildet.

3. Entwicklung der Energieverbräuche und anderer Kenndaten

3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Im Zeitraum von 1990 bis 2018 ging der Primärenergieverbrauch um 11,9 Prozent zurück. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Verbrauch im Jahr 2018 um 2,9 Prozent gefallen. Gründe für diesen Rückgang waren unter anderem der rückläufige Einsatz fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie die milde Witterung.

Abbildung 4: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern



* Ziele gemäß Energiekonzept und Energieeffizienzstrategie der Bundesregierung: Senkung des Primärenergieverbrauchs bis 2020 um 20%, bis 2030 um 30% und bis 2050 um 50% ggü. 2008

** Grubengas, nichterneuerbare Abfälle, Abwärme sowie Stromaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; BReg, Energiekonzept, Stand 09/2010 bzw. Effizienzstrategie, Stand 12/2019

Der Primärenergieverbrauch (PEV) 2018 in Deutschland ging seit 1990 um 1.776 PJ oder 11,9 Prozent und seit 2008 um 1.251 PJ oder 8,7 Prozent zurück. Im Vergleich zum Vorjahr ist der PEV 2018 um 394 PJ oder 2,9 Prozent

gefallen. Gründe für diesen Rückgang waren unter anderem der rückläufige Einsatz fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie die milde Witterung.

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 33,9 Prozent, es folgen Gase (23,6 Prozent), erneuerbare Energien (13,7 Prozent), Braunkohle (11,3 Prozent), Steinkohle (10,9 Prozent), Kernenergie (6,3 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 Definition⁴ 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 2018 hat sich im Vergleich zum Vorjahr leicht verändert, wobei vor allem der Einsatz von Mineralöl (-220 PJ), Steinkohle (-74 PJ) und Gasen (-68 PJ) zurückging. Der Einsatz von Mineralölen nahm in allen Sektoren ab, wobei in den privaten Haushalten mehr Erdgas und erneuerbare Energieträger verwendet wurden. Auch die Substitution von Stein- und Braunkohlen vorwiegend im Kraftwerksbereich durch erneuerbare Energien setzte sich fort.

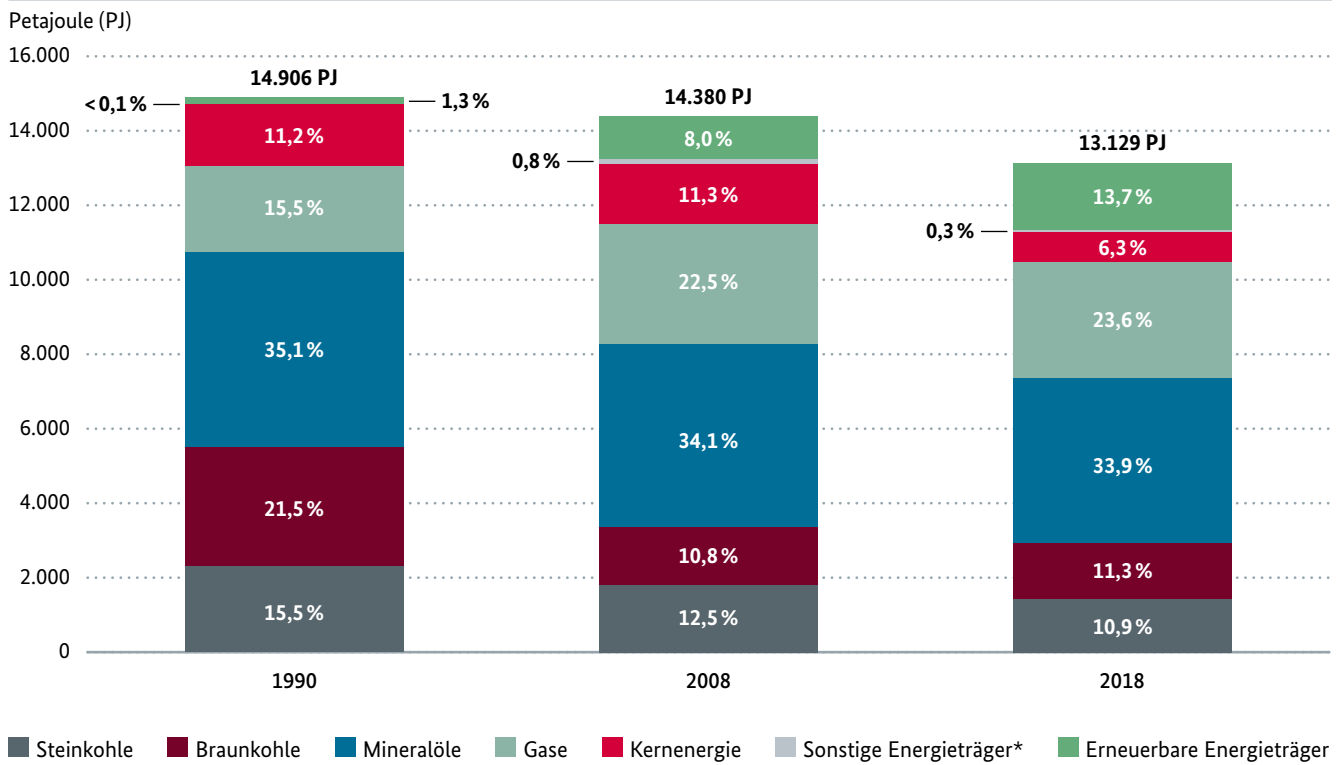
4 Wandel des Primärenergiemixes: Die AG Energiebilanzen e. V. (AGEB) nutzt im Bereich der Brennstoffe (Steinkohle, Heizöl, Erdgas etc.) die erfassten Mengen und den unteren Heizwert der jeweiligen Energieträger, um den Energieverbrauch in Joule zu ermitteln, um somit die unterschiedlichen Energieträger 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 zehn 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 Energiemixes zu einer rechnerischen Effizienzsteigerung des PEV im deutschen Energiesystem aufgrund methodischer Setzungen in der Energiebilanz führen.

Abbildung 5: Primärenergimix in Deutschland 1990, 2008 und 2018



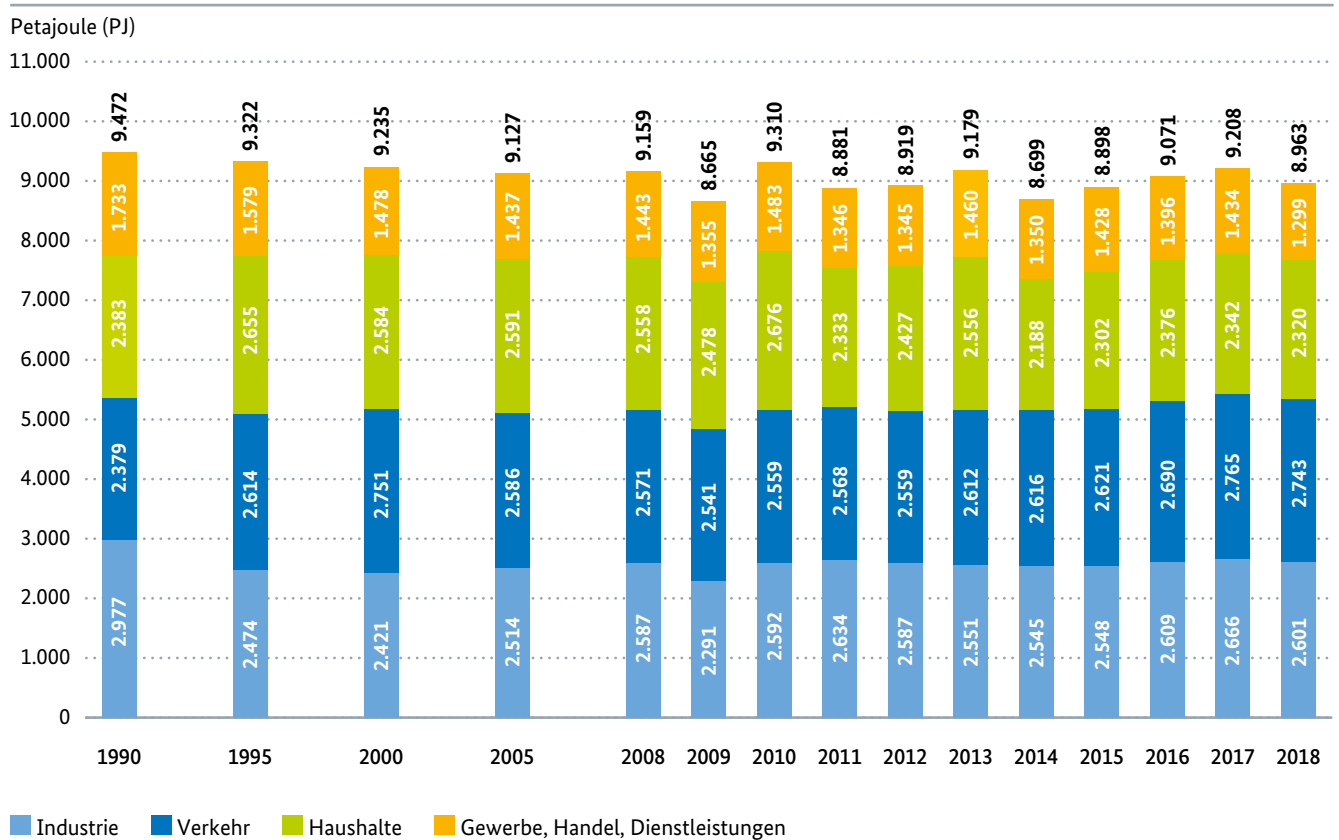
* Grubengas, nichterneuerbare Abfälle und Abwärme sowie Stromaustauschsaldo

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Endenergieverbrauch in Deutschland ist im Zeitraum 1990 bis 2018 um 5,4 Prozent gesunken. Im langjährigen Trend ist der Energieverbrauch im Verkehrssektor gestiegen, während er vor allem in den Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie sank.

Abbildung 6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020

Der Endenergieverbrauch⁵ (EEV) in Deutschland ist von 1990 bis 2018 um 509 PJ oder 5,4 Prozent gesunken. Im Vergleich zum Vorjahr ging er im Jahr 2018 um 245 PJ oder 2,7 Prozent zurück. Grund hierfür war vor allem die mildere Witterung.

End- oder Sekundärenergie entsteht durch Umwandlung von Primärenergie in eine Form, die der Endverbraucher nutzen kann, z. B. Strom, Fernwärme oder Heizöl.⁶ Wie beim Primärenergieverbrauch beeinflussen die effiziente Nutzung

5 Der EEV ergibt sich aus dem PEV abzüglich von Umwandlungs-, Fackel-, Speicher-, Leitungsverlusten und Eigenverbrauch der Erzeugungsanlagen sowie des nichtenergetischen Verbrauchs.

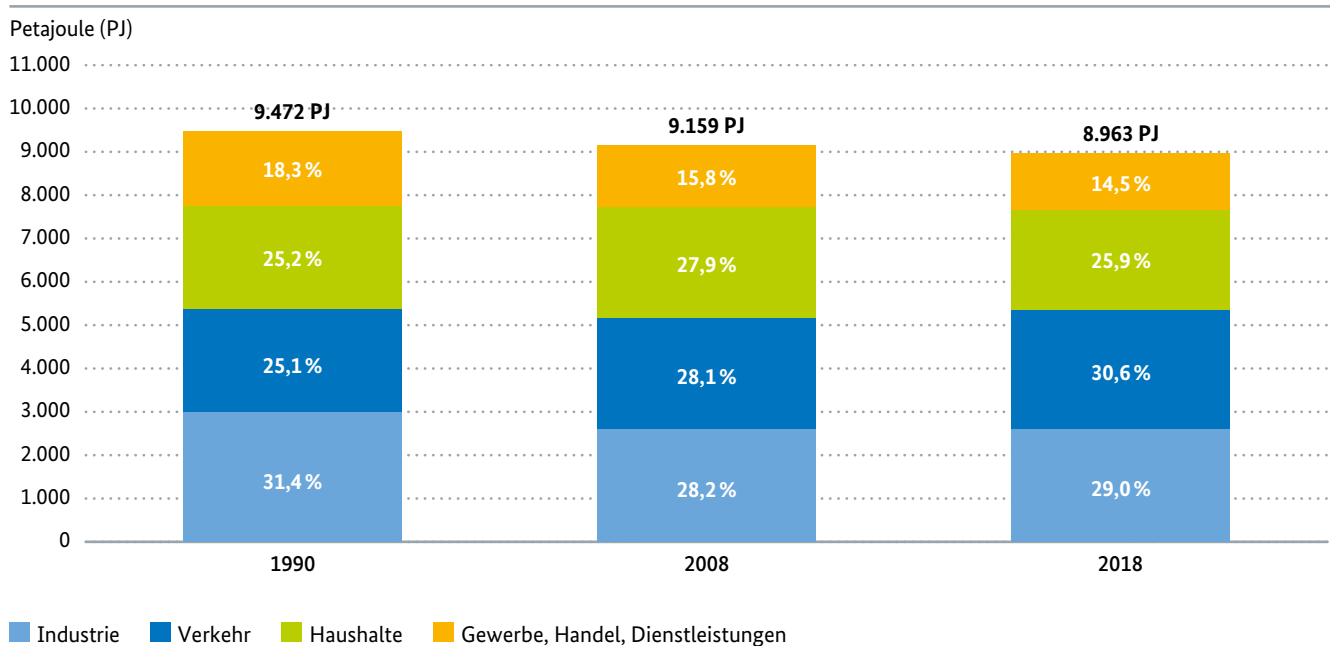
6 Teilweise verbrauchen die Endenergiesektoren auch Primärenergieträger. Die Industrie bspw. nutzt Rohsteinkohle zur Metallherzeugung und private Haushalte verbrauchen Erdgas zum Heizen. Sowohl beim PEV als auch EEV werden die verschiedenen Produkte (Heizöl, Steinkohlebriketts, Kokereigas usw.) zu Energieträgergruppen zusammengefasst. Die Aggregationen entsprechen denen der Auswertungstabellen der Energiebilanz (AGEb 2020c).

von Energie, wirtschaftliche Veränderungen und Änderungen im (Konsum-)Verhalten auch den EEV. 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 10,3 Prozent steigen. Nachdem die Jahre 2016

und 2017 nur wenig vom langjährigen Mittel abwichen, war 2018 wiederum wärmer.

Im Jahr 2018 lagen die sektoralen Anteile am EEV des Verkehrs bei 30,6 Prozent (2.743 PJ), der Industrie bei 29 Prozent (2.601 PJ), der privaten Haushalte bei 25,9 Prozent (2.320 PJ) und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) bei 14,5 Prozent (1.299 PJ). Im Vergleich zum Vorjahr ging der Energieverbrauch in allen Sektoren zurück, d.h. GHD um 135 PJ oder 9,4 Prozent, Industrie um 65 PJ oder 2,4 Prozent, private Haushalte um 22 PJ oder 0,9 Prozent sowie Verkehr um 22 PJ oder 0,8 Prozent.

Abbildung 7: Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2018

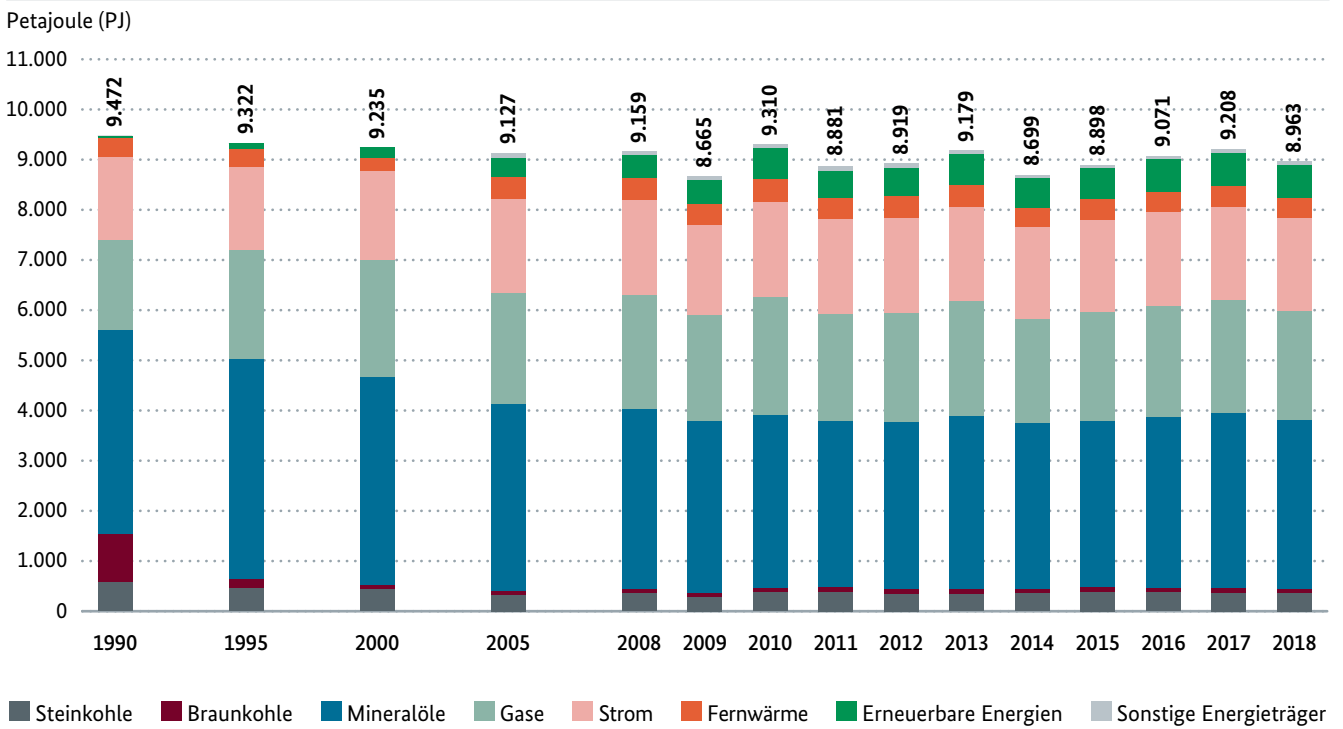


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

In 2018 waren Mineralölprodukte mit einem Anteil von 37,4 Prozent (3.351 PJ) die mit Abstand wichtigsten Endenergieträger. Gase deckten 24,4 Prozent (2.189 PJ) des EEV ab. Der Anteil des Stroms belief sich auf 20,6 Prozent (1.848 PJ). Erneuerbare Energien mit 7,4 Prozent (660 PJ), Fernwärme mit 4,4 Prozent (394 PJ) und Steinkohleprodukte mit 4 Prozent (360 PJ) hatten ebenfalls bedeutende Anteile am EEV. Braun-

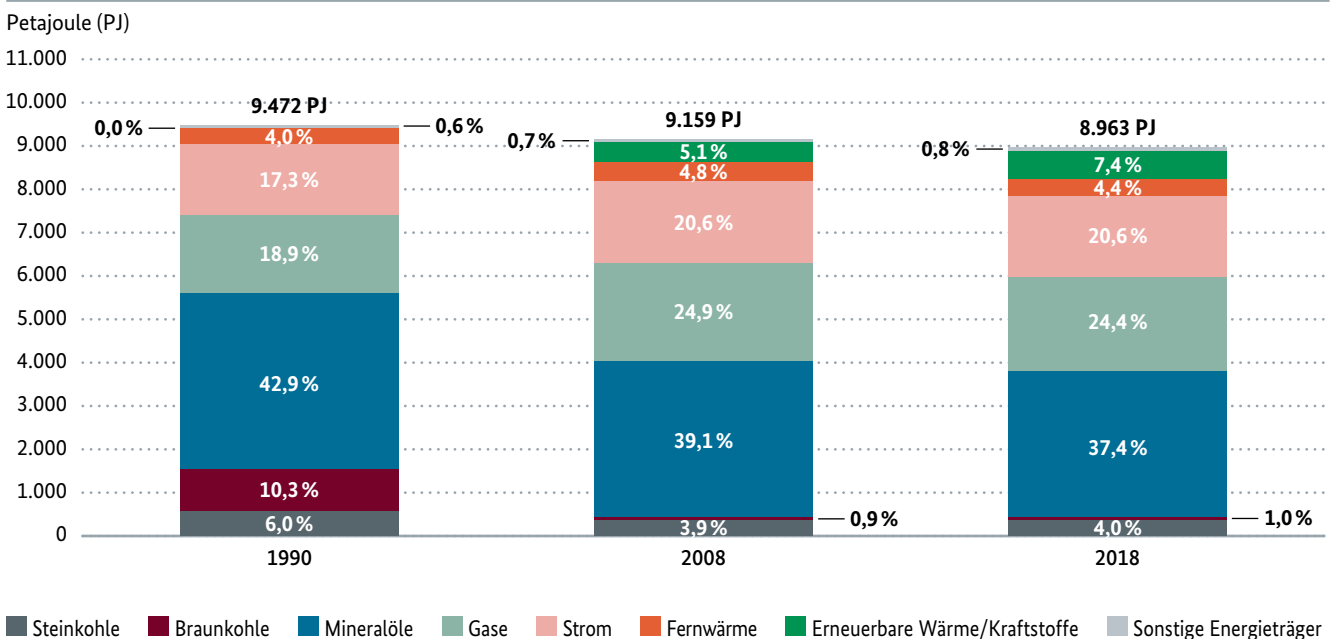
kohleprodukte (1 Prozent bzw. 86 PJ) und sonstige Energieträger (0,8 Prozent bzw. 76 PJ) ergänzten den Endenergiemix im Jahr 2018. Im Vergleich zum Vorjahr fiel vor allem der Verbrauch von Mineralöl (141 PJ oder 4 Prozent) und Gasen (55 PJ oder 2,4 Prozent), die in den Sektoren GHD und Industrie weniger, in privaten Haushalten hingegen verstärkt eingesetzt wurden.

Abbildung 8: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

Abbildung 9: Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008 und 2018

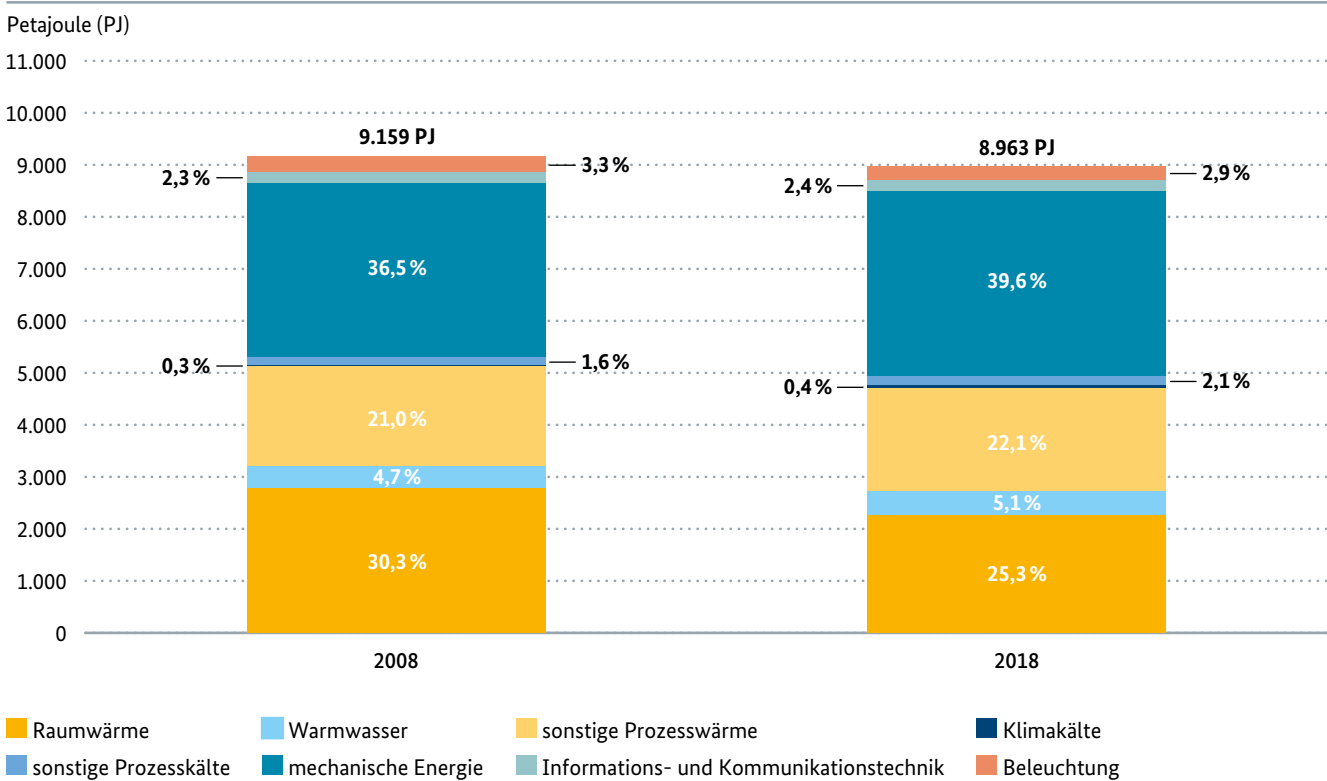


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen

Der größte Teil der Endenergie im Jahr 2018 wurde mit 3.551 PJ (39,6 Prozent) zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt, gefolgt von Raumwärme mit 2.269 PJ (25,3 Prozent) und Prozesswärme mit 1.984 PJ (22,1 Prozent).

Abbildung 10: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Die Anteile der einzelnen Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch (EEV) werden mit Abstand von den drei größten dominiert, d.h. mechanische Energie mit 3.551 PJ (39,6 Prozent), Raumwärme mit 2.269 PJ (25,3 Prozent) und Prozesswärme mit 1.984 PJ (22,1 Prozent). Diese Dreier-Dominanz hat sich seit 2008 kaum verändert.

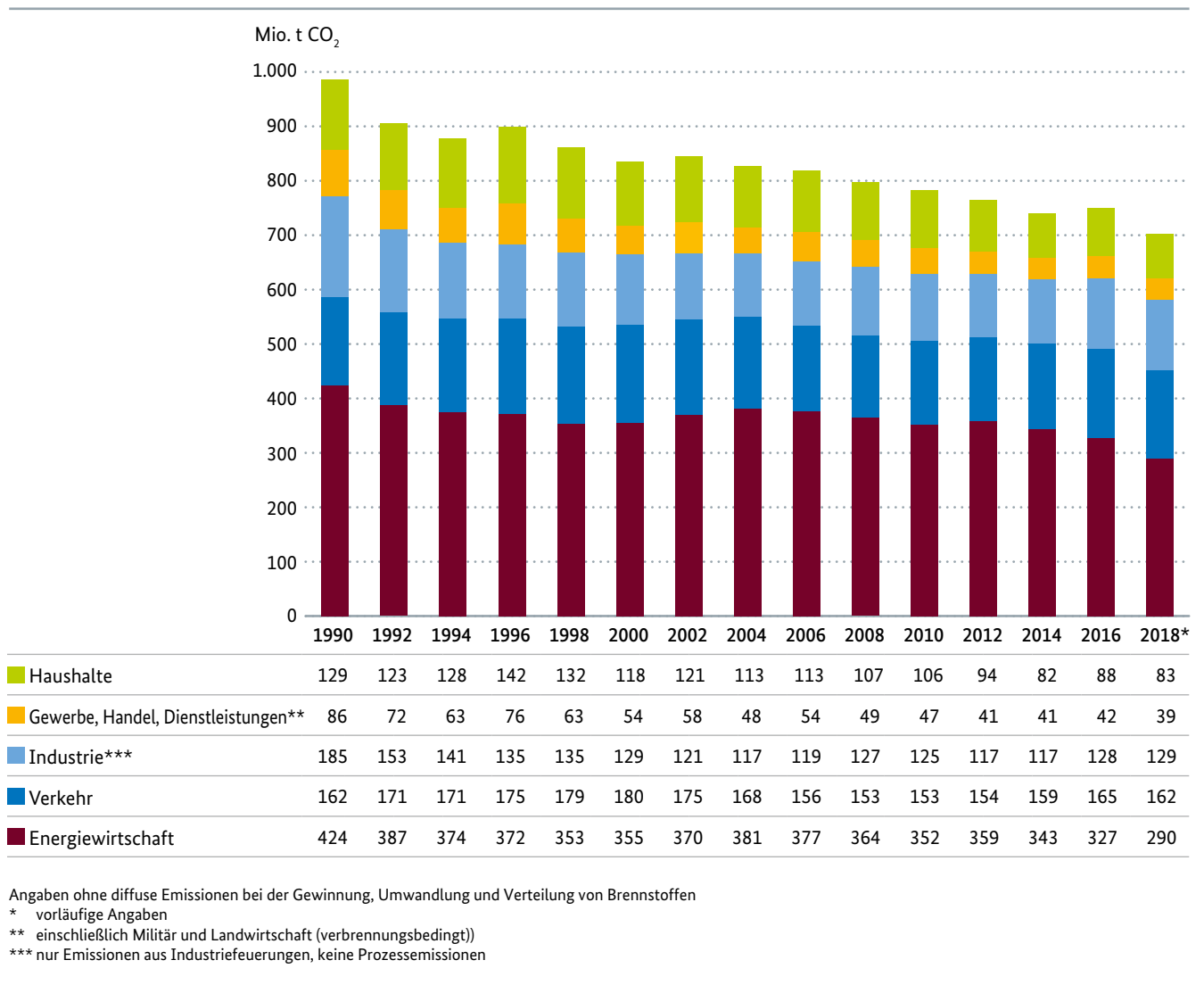
Dabei ist über die Jahre im Vergleich von 2008 zu 2018 ein Anstieg des Energieeinsatzes für mechanische Energie um 209 PJ oder 6,2 Prozent zu verzeichnen. Dies lässt sich durch eine

steigende Verkehrsleistung im Verkehrssektor sowie einen vermehrten Stromeinsatz für Motoranwendungen im GHD-Sektor erklären. Darüber hinaus stieg der EEV an sonstiger Prozesswärme um 61 PJ oder 3,2 Prozent, was auf das anhaltende Wirtschaftswachstum zurückzuführen ist. Der Energieeinsatz für Raumwärme sank im selben Zeitraum hingegen trotz Zunahme von Wohnfläche und Bevölkerung (nicht temperaturbereinigt) um 505 PJ oder 18,2 Prozent. Dies liegt vor allem an der energetischen Sanierung des Altbaubestandes und dem Einbau effizienterer Heizsysteme sowie zuletzt an einem eher milden Jahr 2018.

3.4 Verbrennungsbedingte CO₂-Emissionen zur Energiewandlung

Im Jahr 2018 lagen die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen zur Energiewandlung bei 702 Millionen Tonnen CO₂. Damit wurden 28,8 Prozent weniger CO₂ als im Jahr 1990 freigesetzt.

Abbildung 11: Entwicklung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen



Quelle: UBA, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2018, Stand 01/2020

Der langfristige Trend des verbrennungsbedingten Ausstoßes von Kohlenstoffdioxid (CO₂) zur Energiewandlung ist rückläufig. Im Jahr 2018 wurden 28,8 Prozent weniger CO₂ durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt als im Jahr 1990 (UBA 2020a). Hauptquelle für die

Emissionen von rund 702 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2018 war mit 41,3 Prozent die Energiewirtschaft, also die öffentliche Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien sowie Erzeuger von Festbrennstoffen. Danach folgten der Verkehrssektor mit 23 Prozent, Industrie mit 18,4 Prozent,

private Haushalte mit 11,8 Prozent sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 5,5 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 2018 sind die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um rund 31 Mil-

lionen Tonnen oder 4,2 Prozent gesunken. Die größte mengenmäßige Minderung fand mit rund 16 Millionen Tonnen CO₂ in der Energiewirtschaft statt.

Mit rund 702 Millionen Tonnen CO₂ entsprachen die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung 93 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen.⁷ Die restlichen sieben 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 im Jahr 2018 in Deutschland Treibhausgase im Umfang von rund 858 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten freigesetzt.^{8,9} Die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung waren demnach für 81,8 Prozent der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (UBA 2020a).

7 Ohne CO₂-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (vorläufige Daten).

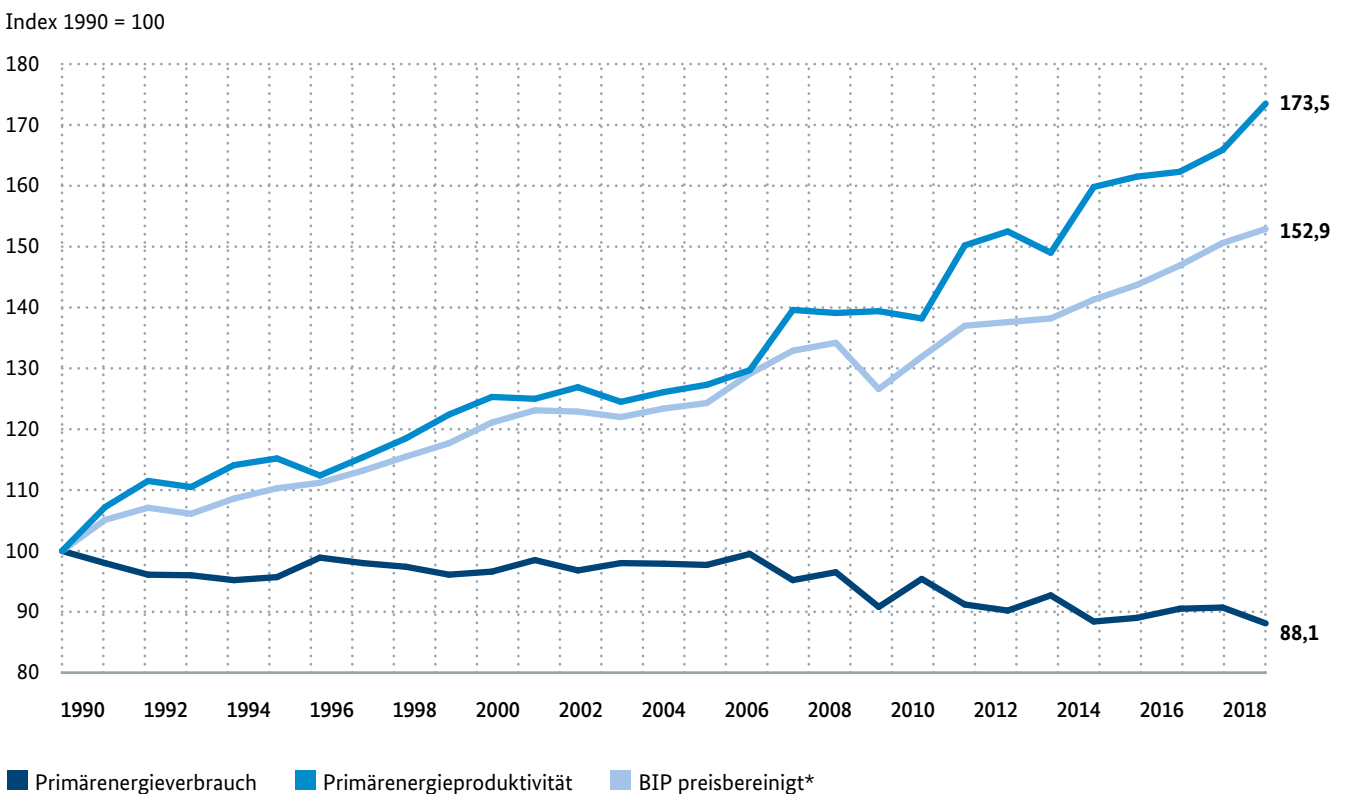
8 Ohne THG-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (vorläufige Daten).

9 Emissionen anderer Treibhausgase als Kohlenstoffdioxid (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 2018 um 73,5 Prozent gestiegen.
Die Endenergieproduktivität hat sich im selben Zeitraum um 61,5 Prozent erhöht.

Abbildung 12: Primärenergieverbrauch und -produktivität



* in Preisen von 2015, verkettet

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 01/2020

Bezogen auf den Primärenergieverbrauch (PEV) hat sich die Energieproduktivität (s. Glossar) im Zeitraum von 1990 bis 2018 um 73,5 Prozent erhöht. Die entsprechende durchschnittliche Wachstumsrate¹⁰ der Primärenergieproduktivität betrug 2 Prozent pro Jahr. Im Jahr 2018 hat sich die Primärenergieproduktivität gegenüber dem Vorjahr nochmals um 4,6 Prozent verbessert.

Großen Anteil daran hatte das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt, welches von 1990 bis 2018 um 52,9 Prozent stieg, während der PEV im gleichen Zeitraum um 11,9 Prozent zurückging. Diese Entkopplung von Wirtschaftswachstum und PEV ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor, auf einen wirtschaftlicheren Einsatz der Energieträger in den Verbrauchs-

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

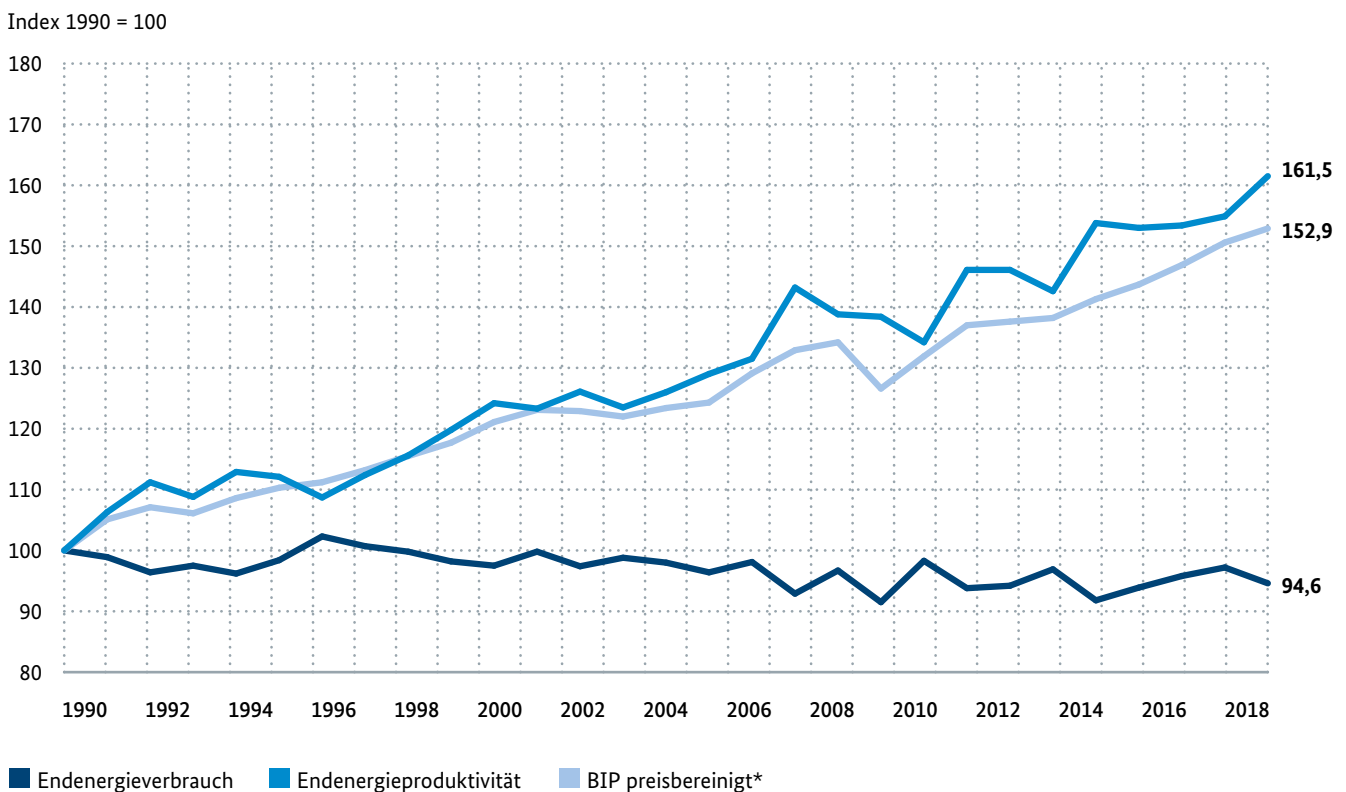
sektoren und auf strukturelle Veränderung der Wirtschaft zurückzuführen. Der Rückgang der energieintensiven Industrie in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung oder der generelle Wandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft sind tiefgreifende ökonomische Veränderungen, die zu einer höheren Primärenergieproduktivität führen.

Die Endenergieproduktivität hat sich im Zeitraum von 1990 bis 2018 um 61,5 Prozent erhöht, was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,7 Prozent pro Jahr entsprach. Im Zeitraum von 2008 bis 2018 betrug die jährliche Zunahme der Endenergieproduktivität durchschnittlich 1,5 Prozent und lag damit unter dem entsprechen-

den Zielwert des Energiekonzepts von 2,1 Prozent. Während das Bruttoinlandsprodukt von 1990 bis 2018 um 52,9 Prozent wuchs, ging der Endenergieverbrauch um 5,4 Prozent zurück. Im Jahr 2018 hat sich die Endenergieproduktivität gegenüber dem Vorjahr nochmals um 4,3 Prozent verbessert.

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.

Abbildung 13: Endenergieverbrauch und -produktivität



* in Preisen von 2015, verkettet

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. Doch 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 (BMW 2016):

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

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

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

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

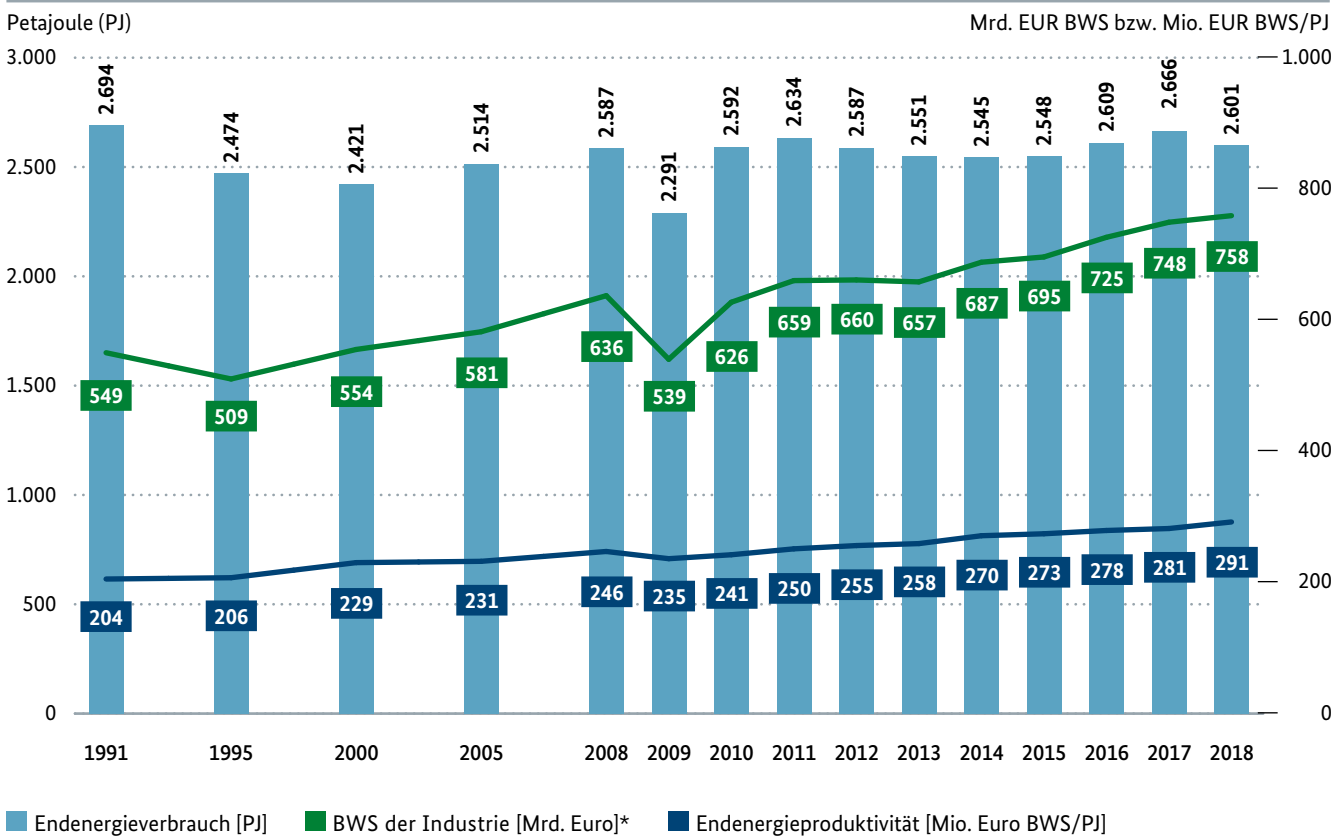
- **Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte:** Aufgrund veränderter Nachfrage-, Produktions- und Verteilungsstrukturen infolge technologischer Effizienzverbesserungen kann eine vermehrte gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Energie entstehen.

Effizientere Personenkraftfahrzeuge können dazu führen, dass durch die gesunkenen Fahrtkosten des Individualverkehrs die öffentlichen Nahverkehrsmittel Fahrgäste verlieren. Die geringere Nachfrage beim öffentlichen Personennahverkehr (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 2018 und lag zuletzt wieder leicht unter dem Niveau von 1991. Gleichzeitig ist die Endenergieproduktivität mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,3 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 42,9 Prozent gestiegen.

Abbildung 14: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie



* in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020; BMWi, Energiedaten, Stand 03/2020

Im Sektor Industrie ging der Endenergieverbrauch (EEV) im Zeitraum von 1991 bis 2018 um 93 PJ oder 3,4 Prozent zurück, während die Bruttowertschöpfung (BWS) um 208 Milliarden Euro oder 37,9 Prozent zulegte. Daraus resultierte ein Anstieg der Endenergieproduktivität für denselben Zeitraum um 42,9 Prozent.

Zwischenzeitlich sank der EEV 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 EEV der Industrie, abgesehen von einem Einbruch im Krisenjahr 2009, bei steigender Bruttowertschöpfung mehr oder

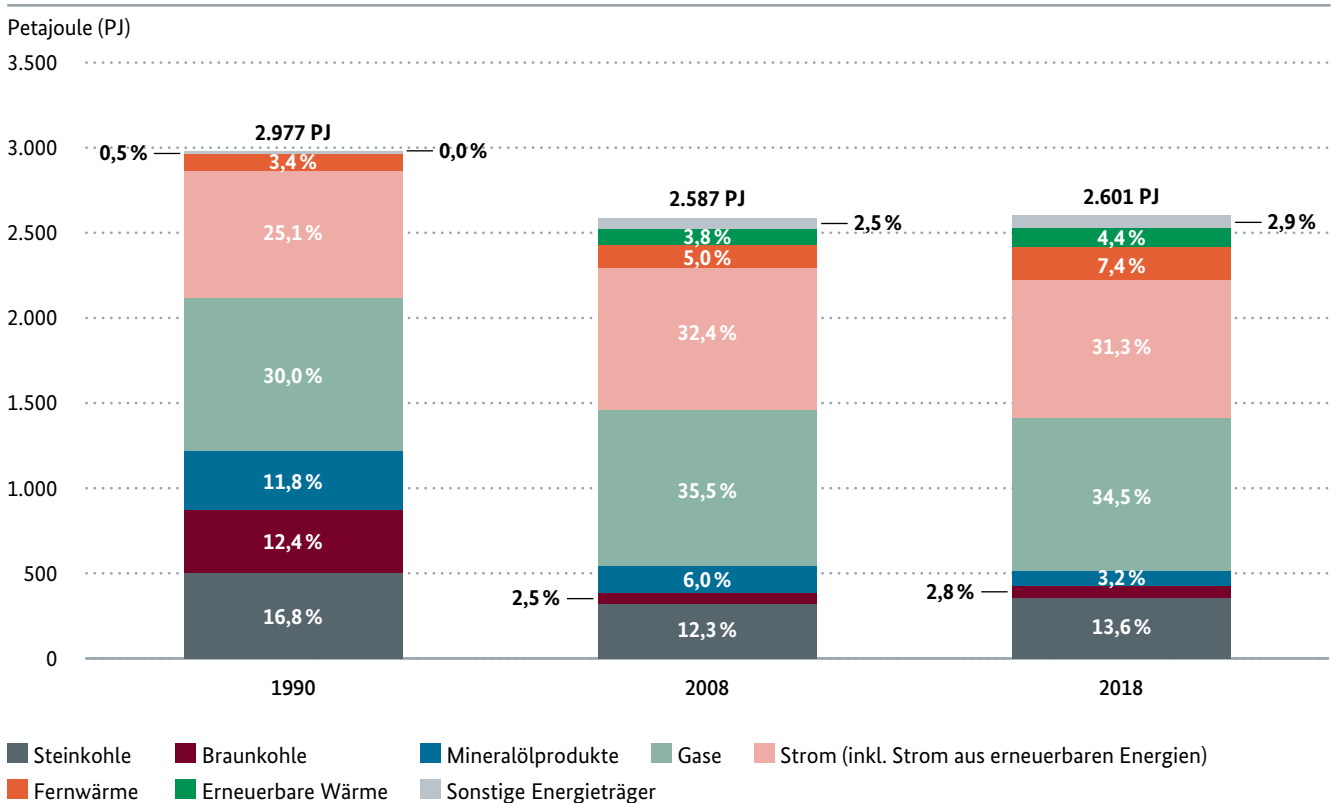
minder konstant. Im Jahr 2018 ist im Vergleich zum Vorjahr trotz wiederum gestiegener wirtschaftlicher Aktivität ein Rückgang des EEV um 65 PJ oder 2,4 Prozent zu verzeichnen.

Der EEV ging im Zeitraum von 1991 bis 2018 durchschnittlich um 0,1 Prozent pro Jahr zurück (nicht witterungsbereinigt), wobei der Verbrauch zwar Schwankungen unterlag, doch zuletzt wieder leicht unter dem Niveau von 1991 lag. Die gleichzeitige Steigerung der Bruttowertschöpfung um jahresdurchschnittlich 1,2 Prozent ergibt für die Endenergieproduktivität eine Wach-

tumsrate von durchschnittlich 1,3 Prozent pro Jahr.

Seit 1990 reduzierte sich der Endenergiemix vor allem bei Braunkohlen, Mineralölprodukten und Steinkohlen und stieg bei erneuerbarer Wärme, Fernwärme und Strom. Die Hauptenergieträger im Jahr 2018 waren jedoch mit Abstand weiterhin Gase mit 899 PJ (34,5 Prozent) und Strom mit 814 PJ (31,3 Prozent), gefolgt von Steinkohle mit 353 PJ (13,6 Prozent) und Fernwärme mit 191 PJ (7,4 Prozent).

Abbildung 15: Endenergiemix des Sektors Industrie 1990, 2008 und 2018

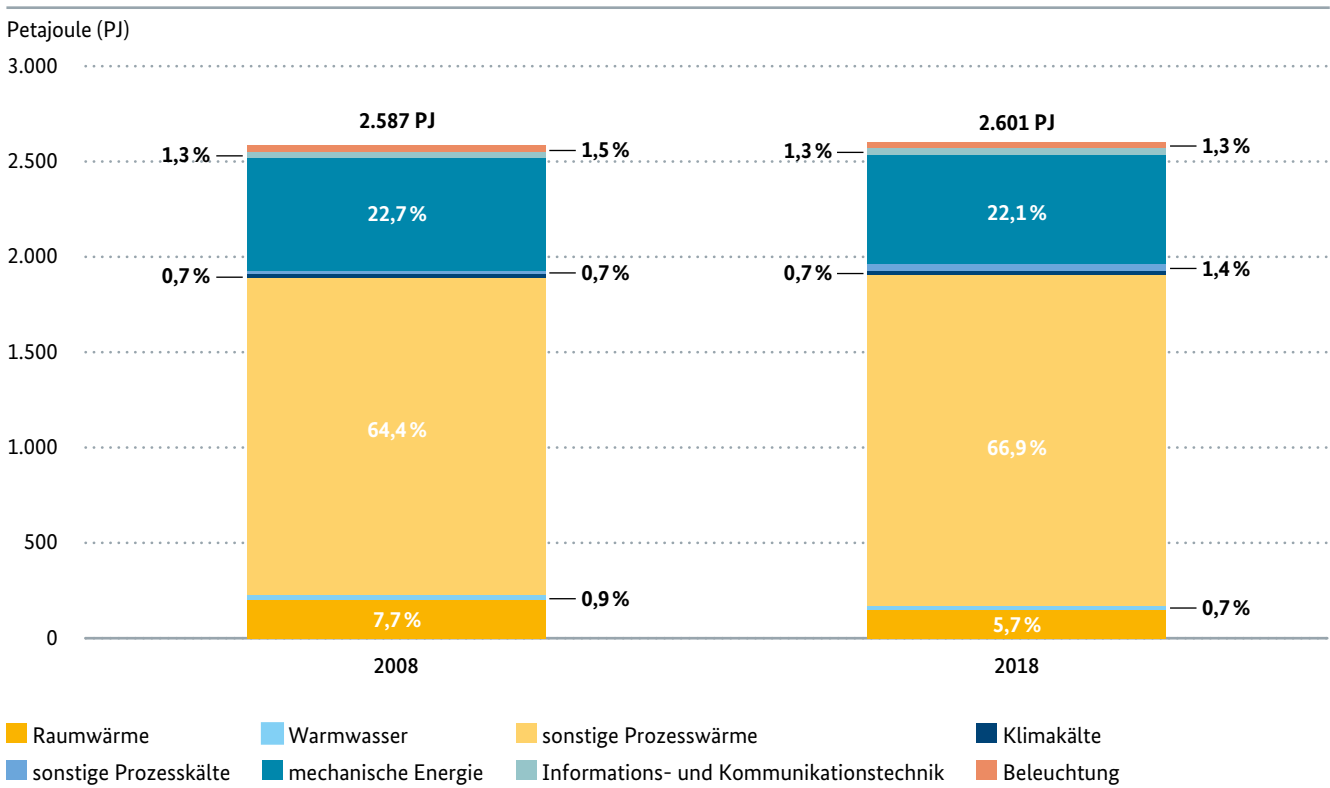


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

Bei den Anwendungsbereichen dominierte über die Jahre 2008 bis 2018 mit Abstand die Prozesswärme, die im Jahr 2018 1.739 PJ oder 66,9 Prozent des EEV ausmachte. Für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen

wurden 574 PJ oder 22,1 Prozent der Endenergie eingesetzt. Im Vergleich zum Vorjahr 2017 wurde in diesen beiden Anwendungsbereichen trotz der gesteigerten wirtschaftlichen Aktivität weniger Energie verbraucht.

Abbildung 16: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der Industrie 2008 und 2018

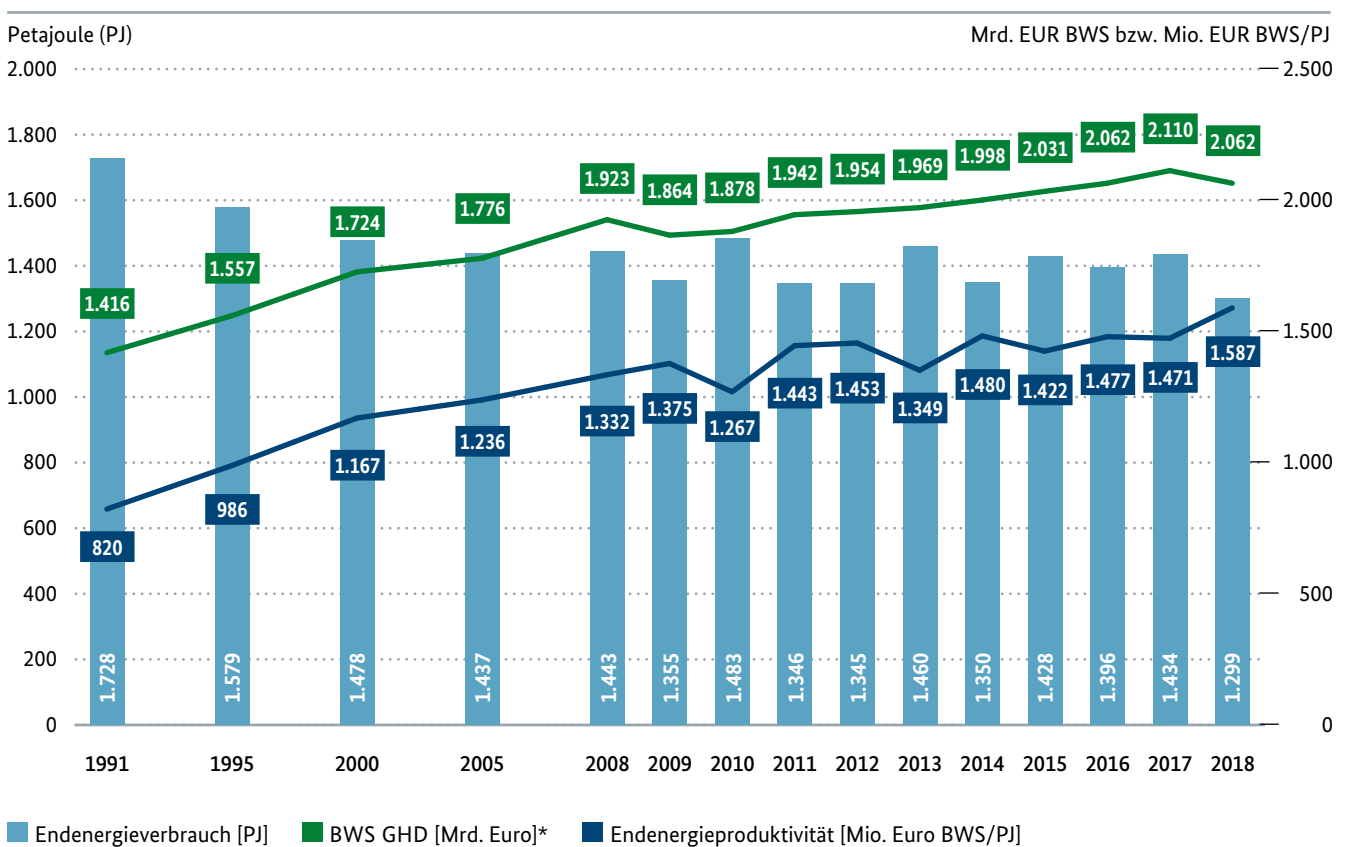


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

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

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sank der Endenergieverbrauch von 1991 bis 2018 um 24,8 Prozent. Die Endenergieproduktivität ist im selben Zeitraum mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2,5 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 93,7 Prozent gestiegen.

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



* in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020; BMWi, Energiedaten, Stand 03/2020

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sank der Endenergieverbrauch (EEV) von 1991 bis 2018 um 429 PJ oder 24,8 Prozent, während die Bruttowertschöpfung um 646 Milliarden Euro oder 45,6 Prozent zulegte. Daraus resultierte ein Anstieg der Endenergieproduktivität für denselben Zeitraum um 93,7 Prozent.

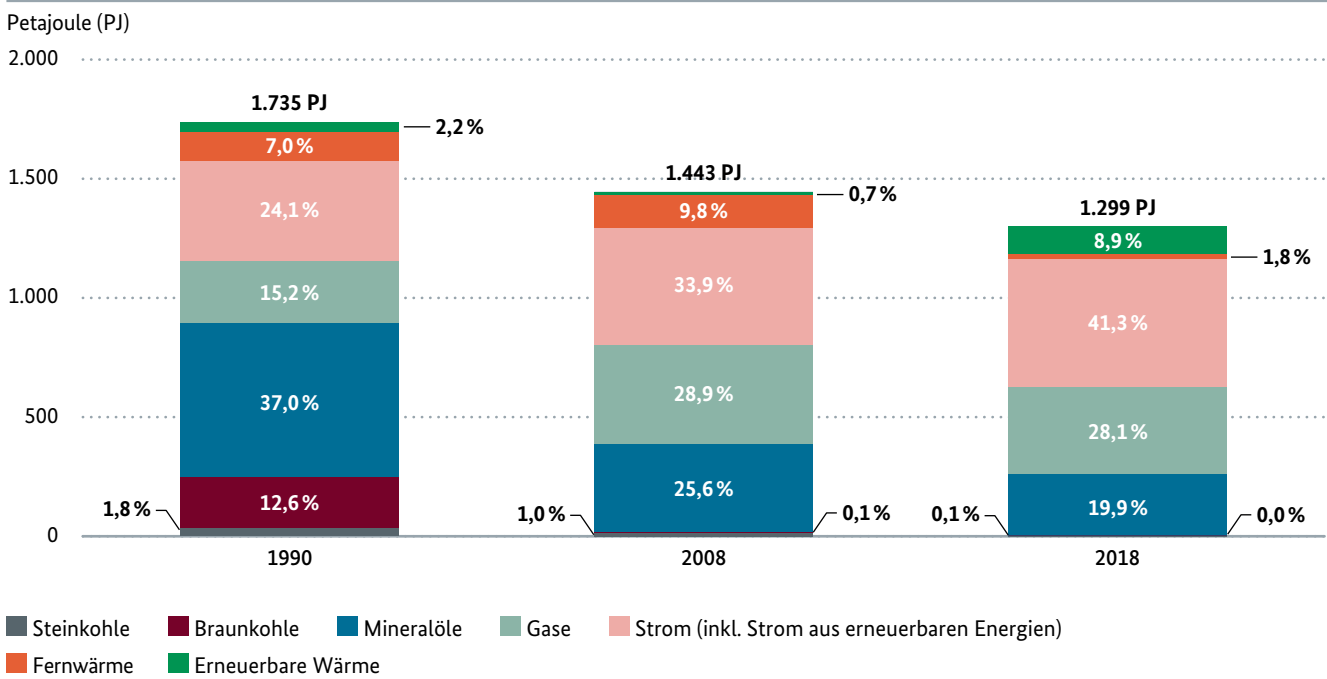
Im Jahr 2018 ist der EEV im Vergleich zum Vorjahr um 135 PJ oder 9,4 Prozent gesunken. Gegenüber dem Jahr 2008 ist er damit nach Schwankungen bis 2017 nun nennenswert zurückgegangen, während die Bruttowertschöpfung um 7,3 Prozent anstieg. Nach einem Einbruch im wirtschaftlichen Krisenjahr 2009 sind die Verbrauchsanstiege in 2010 und 2013 auf die

relativ kalten Temperaturen während der Heizperiode zurückzuführen.

Der EEV sank im Zeitraum von 1991 bis 2018 durchschnittlich um 1,1 Prozent pro Jahr (nicht witterungsbereinigt). Die gleichzeitige Steigerung der Bruttowertschöpfung um jahresdurchschnittlich 1,4 Prozent ergibt für die Endenergieproduktivität eine Wachstumsrate von durchschnittlich 2,5 Prozent pro Jahr.

Seit 1990 haben Mineralölprodukte an Bedeutung verloren. Im Jahr 2018 sind die Hauptenergieträger mittlerweile Strom mit 536 PJ oder 41,3 Prozent und Gase mit 366 PJ oder 28,1 Prozent. Braunkohle wurde aus dem Endenergiemix des GHD-Sektors, insbesondere durch einen Energieträgerwechsel im Bereich Raumwärme, verdrängt.

Abbildung 18: Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008 und 2018

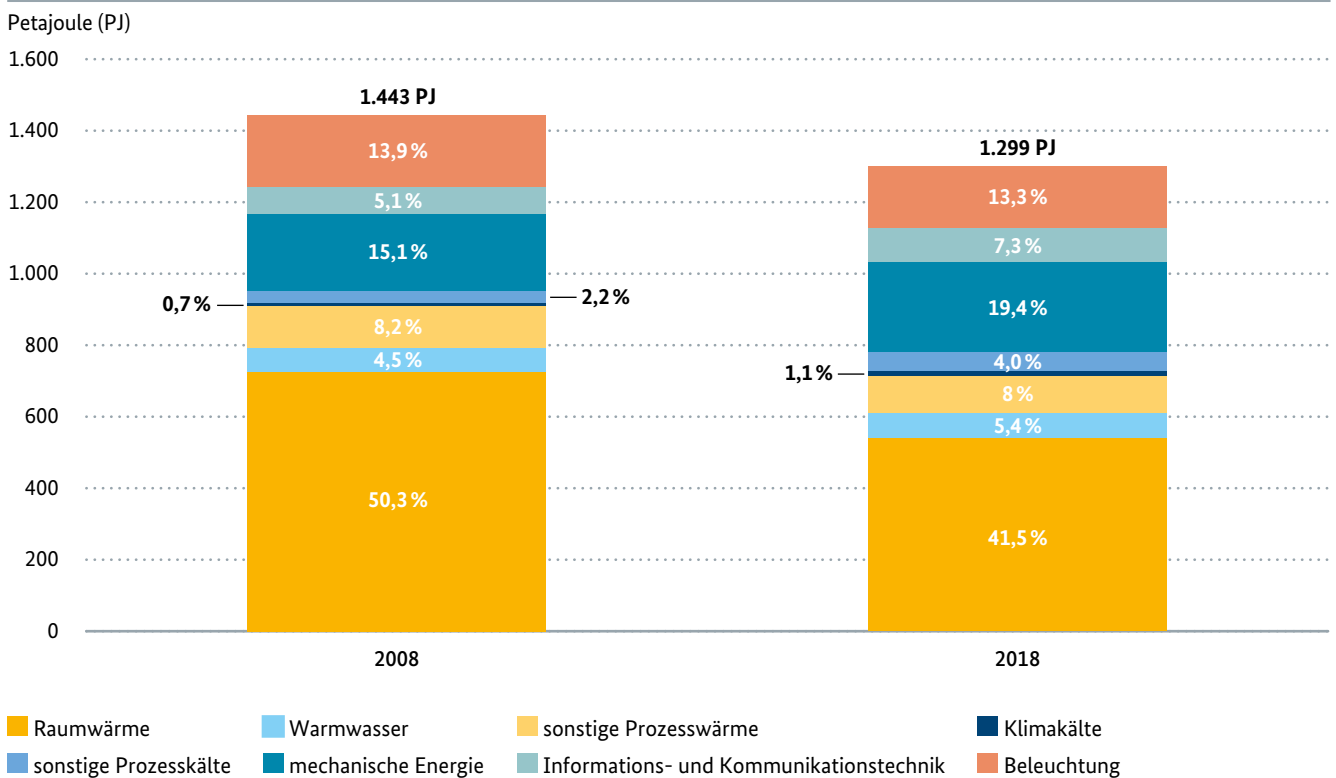


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

Der Anwendungsbereich Raumwärme dominierte über die Jahre 2008 bis 2018 mit Abstand den EEV und war 2018 mit 539 PJ für 41,5 Prozent verantwortlich. Größere Anteile daran hatten auch mechanische Energie mit 252 PJ oder 19,4 Prozent sowie Beleuchtung mit 173 PJ oder 13,3 Prozent.

Von 2008 bis 2018 ging der Energieverbrauch für Raumwärme um 187 PJ oder 25,7 Prozent, Beleuchtung um 27 PJ oder 13,7 Prozent und sonstige Prozesswärme um 14 PJ oder 11,6 Prozent zurück. Andererseits stieg der Energieeinsatz für mechanische Energie um 35 PJ oder 15,9 Prozent, Informations- und Kommunikationstechnik um 21 PJ oder 28,1 Prozent und sonstige Prozesskälte um 19 PJ oder 59,3 Prozent an.

Abbildung 19: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch von GHD 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Informationsbox 5: Sektoraler Wandel: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors

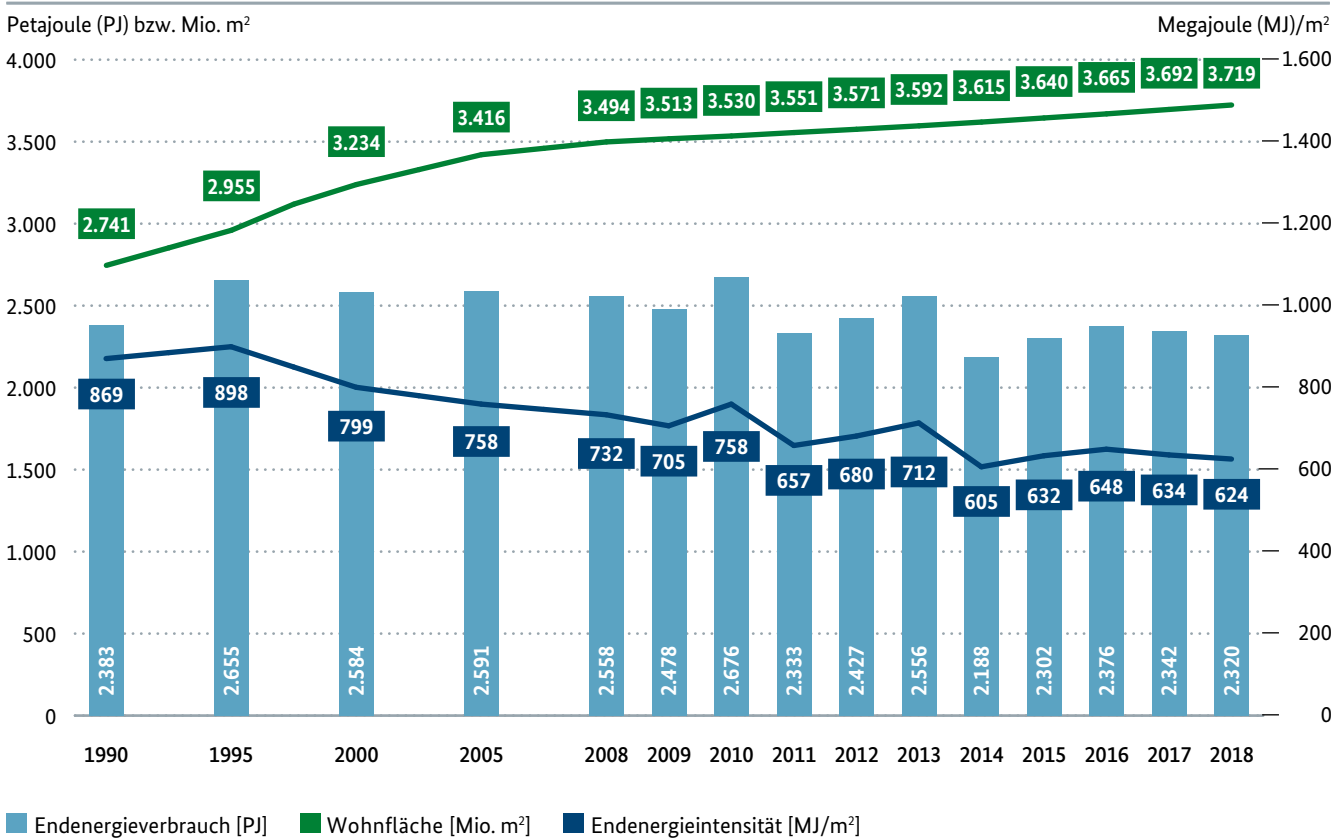
1991 erwirtschaftete der Dienstleistungssektor rund 62 Prozent der gesamten realen Bruttowertschöpfung. Der Dienstleistungssektor umfasst u.a. Handelsunternehmen, das Banken- und Versicherungsgewerbe, die freien Berufe (Ärzte, Architektinnen, Rechtsanwälte usw.), den öffentlichen Dienst, aber auch Tourismus und das Gesundheitswesen. 2018 steuerte dieser tertiäre Sektor rund 69 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung bei. Der Anteil der Industrie (ohne Baugewerbe) reduzierte sich im gleichen Zeitraum von rund 31 auf rund 25 Prozent. Auch anhand der Beschäftigungsentwicklung ist der Bedeutungsgewinn des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) ablesbar. Die Beschäftigungszahl im Bereich der Dienstleistungen stieg von 1991 bis 2018 um rund 40 Prozent. Im Industriesektor sind dagegen rund 24 Prozent weniger Menschen angestellt als im Jahr 1991 (Destatis 2020).

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 sank der Endenergieverbrauch von 1990 bis 2018 um 2,6 Prozent. Währenddessen stieg die Wohnfläche um 35,7 Prozent. Damit ist die Energieintensität, also der gesamte Endenergieverbrauch umgelegt auf die Wohnfläche, in diesem Zeitraum um 28,2 Prozent zurückgegangen.

Abbildung 20: Endenergieverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; BMWi, Energiedaten, Stand 03/2020; Destatis, Bevölkerung, Stand 04/2020

Die privaten Haushalte benötigten im Jahr 2018 mit 2.320 PJ (nicht witterungsbereinigt) 2,6 Prozent weniger Energie als 1990. Gleichzeitig wuchs die Wohnfläche um 978 Millionen Quadratmeter oder 35,7 Prozent, womit die Energieintensität (s. Glossar), also der gesamte Endenergieverbrauch (EEV) umgelegt auf die Wohnfläche, um 28,2 Prozent zurückging.

Aufgrund der Bedeutung der Raumwärme ist der EEV der Haushalte stark witterungsabhängig: 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 EEV 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. Im Zuge der milderen Witterung im Jahr 2018 sank der EEV im Vergleich zum Vorjahr um 22 PJ oder 0,9 Prozent.

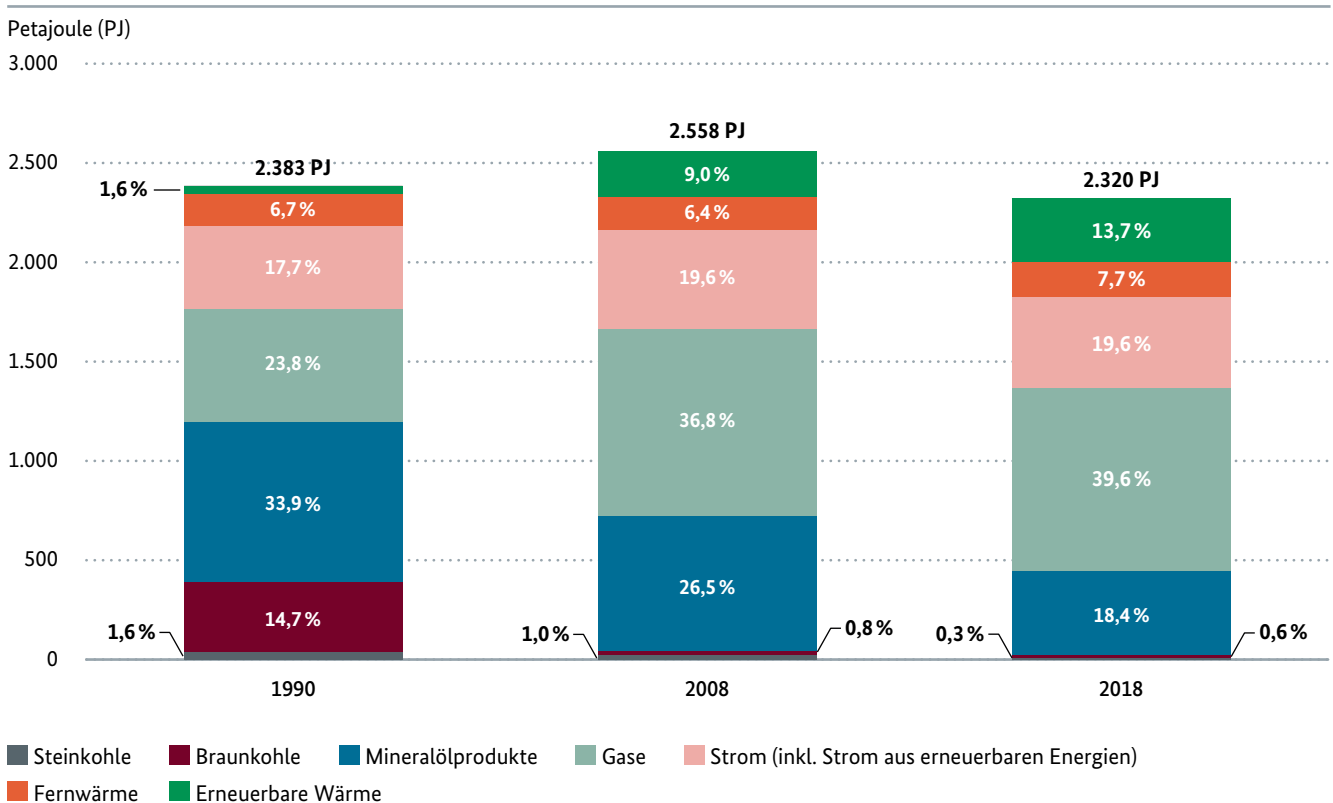
Die Veränderungsrate des EEV lag im Zeitraum von 1990 bis 2018 bei durchschnittlich 0,1 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Wohnfläche von jahresdurchschnittlich 1,1 Prozent im selben Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (Energieverbrauch pro Wohnfläche) durchschnittlich um 1,2 Prozent pro Jahr.

Verbrauchte jeder Einwohner Deutschlands 1990 im Durchschnitt 29,9 GJ (bzw. 8,3 MWh), so stieg dieser Wert bis zum Jahr 1996 auf 35,2 GJ (bzw. 9,8 MWh). Im Jahr 2018 sank dieser Wert auf

27,9 GJ (bzw. 7,8 MWh) pro Person. Im Vergleich zum Vorjahr war dies ein weiterer Rückgang um 345 MJ (bzw. 96 kWh) pro Person.

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 2018 mit 920 PJ einen Anteil von 39,6 Prozent am EEV. Der Stromverbrauch hat trotz eines Rückgangs mit 456 PJ oder 19,6 Prozent des EEV den Anteil von Heizöl in Höhe von 427 PJ oder 18,4 Prozent überflügelt. Während erneuerbare Wärme (318 PJ oder 13,7 Prozent) verstärkt in privaten Haushalten eingesetzt wurde, ging der Verbrauch von Fernwärme (179 PJ oder 7,7 Prozent) zurück. Braunkohle wurde hingegen fast nicht mehr genutzt.

Abbildung 21: Endenergiemix des Sektors private Haushalte 1990, 2008 und 2018

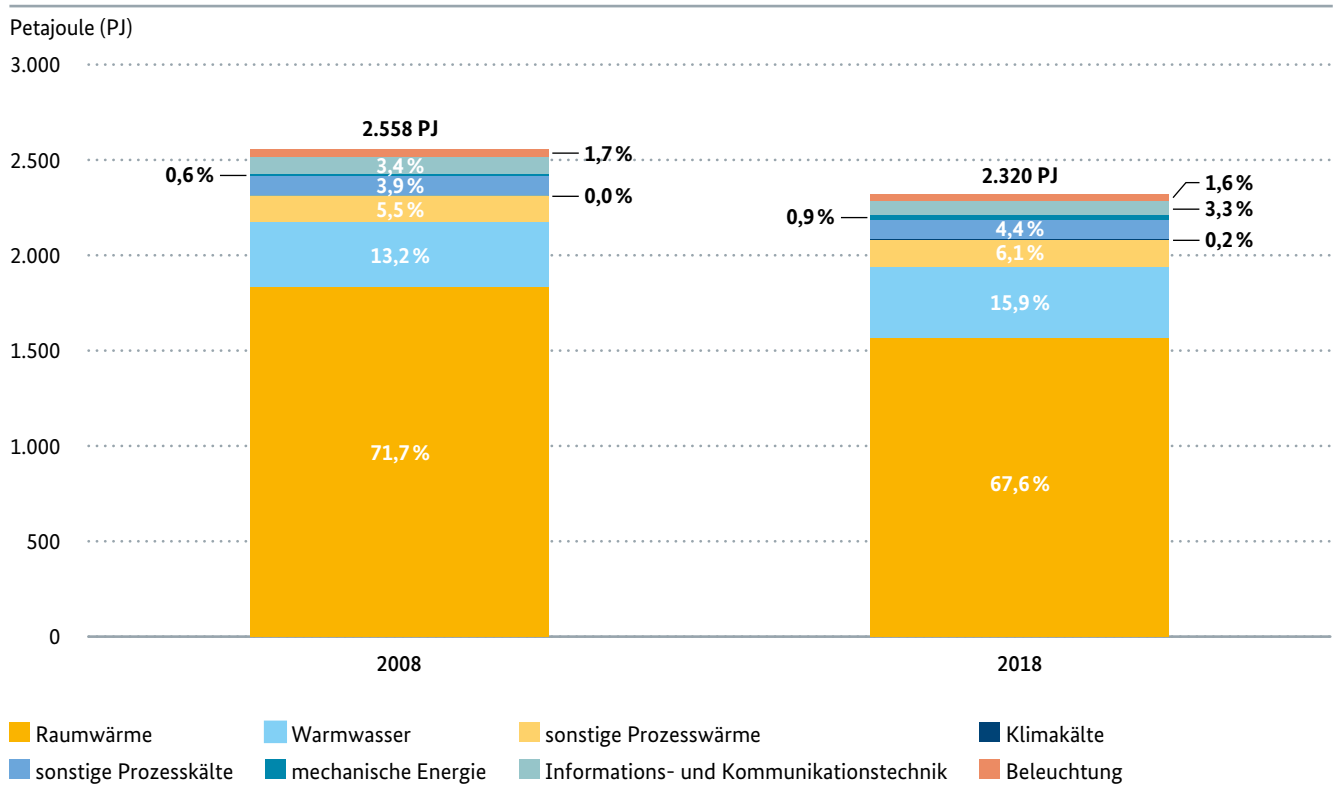


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

Der Anwendungsbereich Raumwärme dominierte über die Jahre 2008 bis 2018 den EEV und hatte im Jahr 2018 mit 1.568 PJ weiterhin einen Anteil von über zwei Drittel (67,6 Prozent). Die übrigen Anwendungsbereiche entfielen auf den Energieverbrauch für Warmwasser mit 370 PJ oder 15,9 Prozent, sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 141 PJ oder 6,1 Prozent und Prozesskälte (vor allem Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln) mit 102 PJ oder 4,4 Prozent. Der Energieverbrauch für Informations- und Telekommunikationstechnik hatte mit 77 PJ oder 3,3 Prozent wie auch der für Beleuchtung mit 37 PJ oder 1,6 Prozent einen relativ geringen Anteil.

Im Vergleich zu 2008 sank bis 2018 der Energieeinsatz für Raumwärme um 265 PJ oder 14,5 Prozent aufgrund energetischer Sanierungen und effizienterer Heizsysteme. Auch der Verbrauch für Informations- und Kommunikationstechnik (-11 PJ oder -13 Prozent) und für Beleuchtung (-7 PJ oder -15,8 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 Warmwasser (+31 PJ oder +9,2 Prozent), z. T. im Zuge des Bevölkerungswachstums, und der für mechanische Energie (+6 PJ oder +42,3 Prozent), da immer mehr Antriebstechnik in die Haushalte einzieht.

Abbildung 22: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008 und 2018

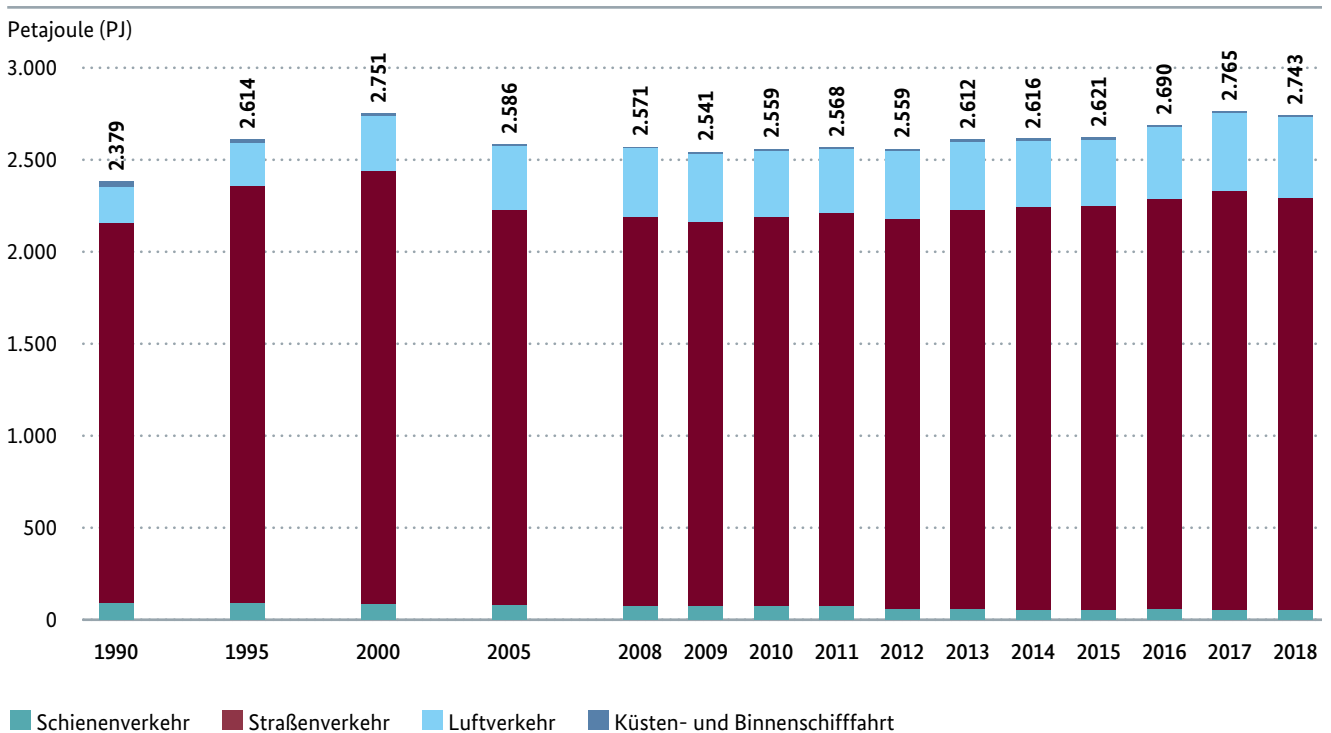


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr

Im Verkehrssektor ist der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) von 1990 bis 2018 um 15,3 Prozent gestiegen. Es werden zu über 94 Prozent Kraftstoffe aus Mineralöl eingesetzt. Biokraftstoffe und Strom spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle.

Abbildung 23: Endenergieverbrauch – Sektor Verkehr (gemäß Inlandsabsatz)



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020

Im Verkehrssektor ist der Endenergieverbrauch (EEV) (gemäß Inlandsabsatz) von 1990 bis 2018 um 364 PJ oder 15,3 Prozent gestiegen. Zeitgleich wuchs die Verkehrsleistung im Personenverkehr um gut 50 Prozent bzw. verdoppelte sich nahezu im schweren Güterverkehr.¹¹

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 EEV 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 2018 um 184 PJ oder 7,2 Prozent. Insgesamt ist der EEV im Verkehr von 1990 bis 2018 um 364 PJ oder 15,3 Prozent gestiegen auf insgesamt 2.743 PJ.

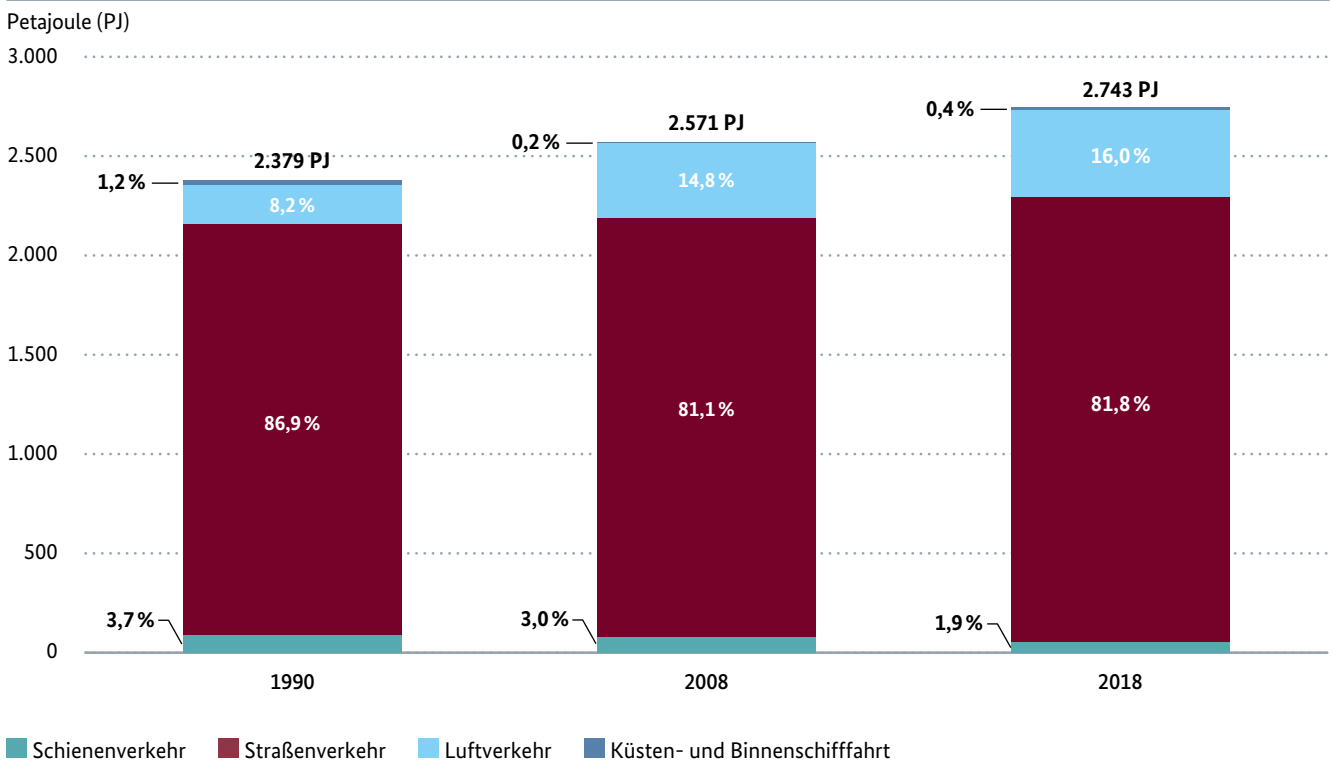
Maßgeblich war hierbei die Entwicklung des Straßenverkehrs mit einem Anteil von durchweg über 81 Prozent am EEV des Verkehrssektors. So

11 Dies umfasst im Straßengüterverkehr nur schwere Nutzfahrzeuge ab 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht, nicht leichte Lkw/Transporter, für die keine Verkehrsleistungsstatistiken verfügbar sind. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes stieg deren Anteil zuletzt auf rund ein Fünftel des EEV im Güterverkehr.

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 2018 um 126 PJ. Über die ganze Zeitspanne von 1990 bis 2018 wuchs der EEV im Straßenverkehr um 177 PJ oder 8,6 Prozent auf 2.243 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 Schie-

nenverkehr (37 PJ oder 42,2 Prozent von 1990 bis 2018), der im Jahr 2018 52 PJ oder 1,9 Prozent des EEV im Sektor Verkehr ausmachte, und bei der Schifffahrt (17 PJ oder 61,7 Prozent von 1990 bis 2018), die entsprechend 11 PJ oder 0,4 Prozent ausmachte. Durchweg Zuwächse verbuchte andererseits der Luftverkehr (+242 PJ oder +123,5 Prozent von 1990 bis 2018), der im Jahr 2018 für 438 PJ oder 16 Prozent des EEV im Verkehrssektor verantwortlich war.

Abbildung 24: Anteile der Verkehrsträger am Endenergieverbrauch 1990, 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020

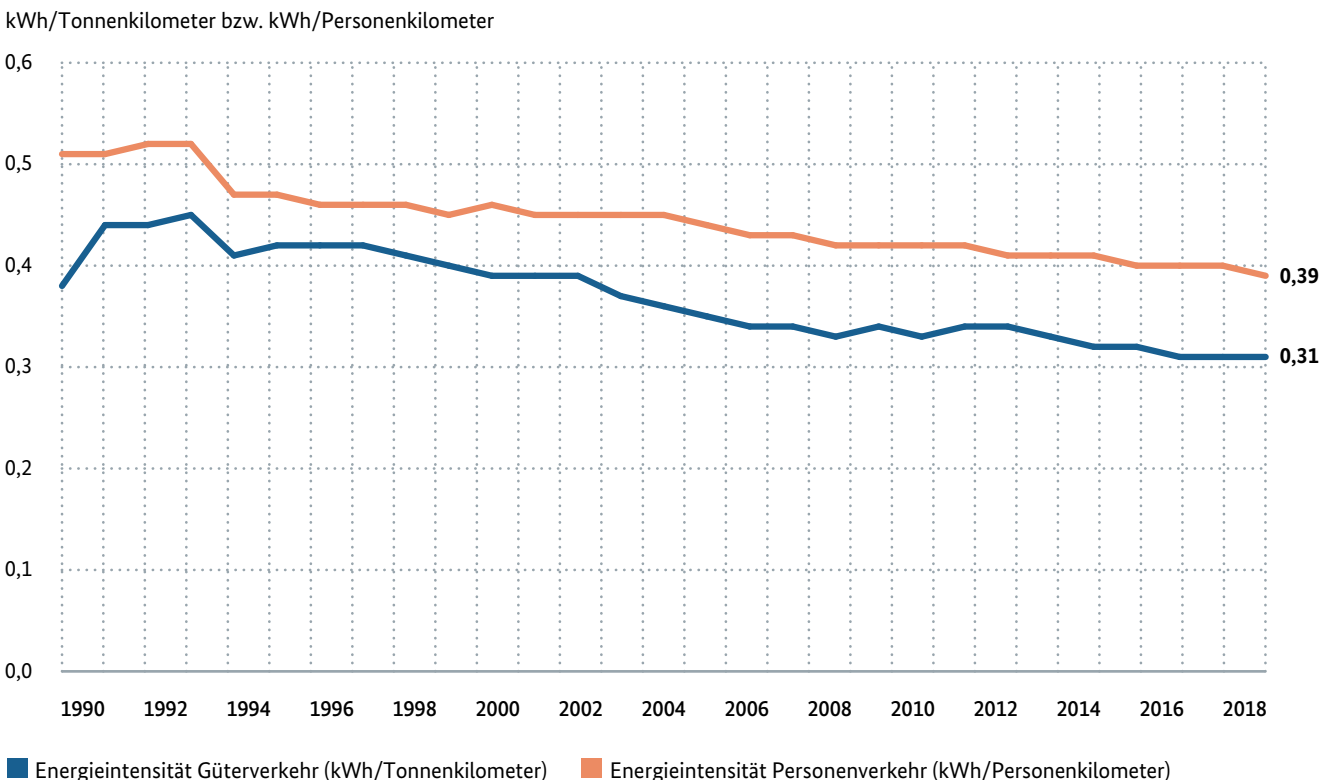
Zur Betrachtung der Endenergieintensität¹² im Sektor Verkehr werden Daten aus dem Verkehrsmodell TREMOD des Umweltbundesamtes genutzt, um die Energieverbräuche im Personen- und Güterverkehr bezogen auf die inländischen Verkehrsleistungen abzuschätzen. Auch im Ausland getankte und in Deutschland verbrauchte Kraftstoffe (das sogenannte Tank-Delta: Grauimporte, Tanktourismus) werden hierbei in Grundzügen berücksichtigt.

Im Personenverkehr lag somit die Veränderungsrate des EEV im Zeitraum von 1990 bis 2018 durchschnittlich bei 0,5 Prozent pro Jahr.

Mit einer Wachstumsrate der Verkehrsleistung von jahresdurchschnittlich 1,5 Prozent im selben Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) durchschnittlich um 0,9 Prozent pro Jahr.

Im schweren Güterverkehr lag die Veränderungsrate des EEV¹³ im Zeitraum von 1990 bis 2018 durchschnittlich bei 1,7 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Verkehrsleistung von jahresdurchschnittlich 2,5 Prozent im selben Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) durchschnittlich um 0,7 Prozent pro Jahr.

Abbildung 25: Energieintensitäten im Personen- und Güterverkehr (Energieverbräuche pro Verkehrsleistung inklusive Tank-Delta)



Quelle: UBA, Daten und Rechenmodell TREMOD (Version 6.03), Stand 01/2020

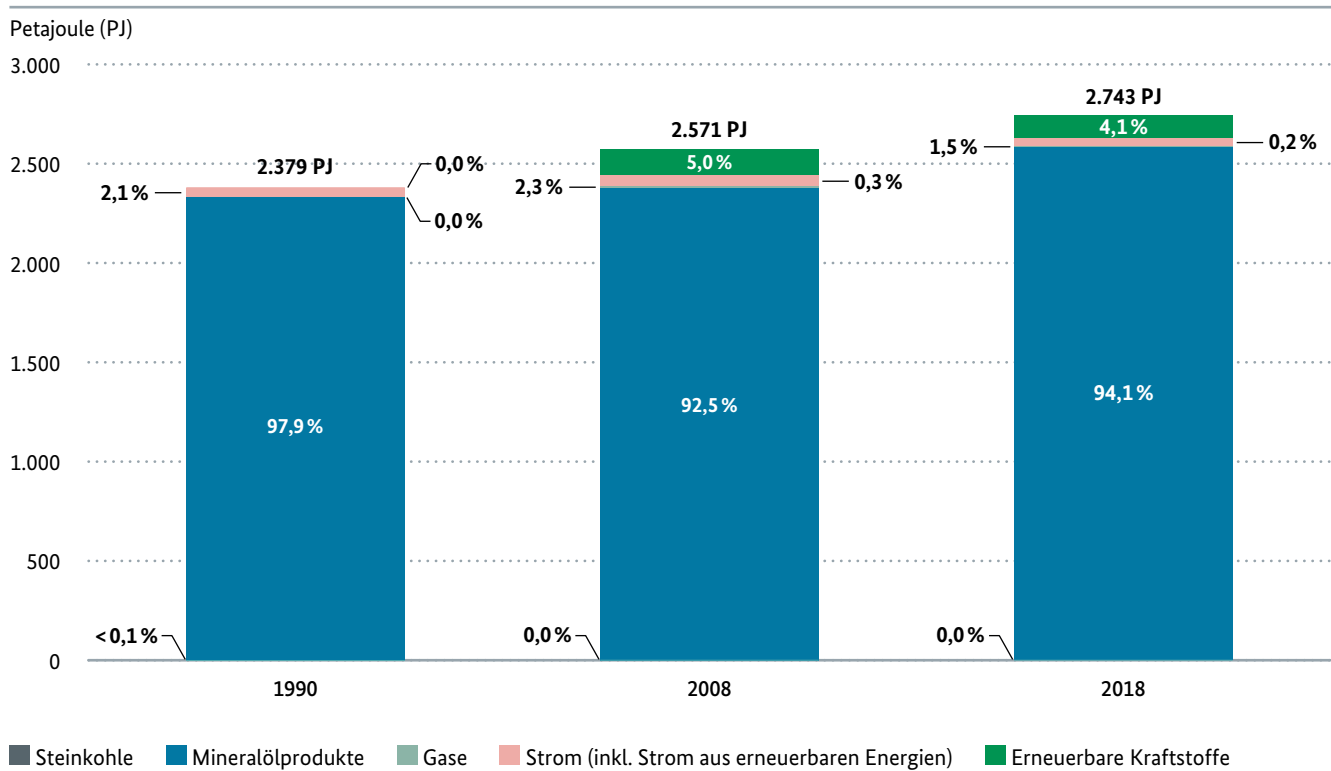
12 Die Energieintensität im Personenverkehr berechnet sich aus dem Energieverbrauch geteilt durch die Personenkilometer. Letzteres ist das Produkt aus der Anzahl der beförderten Personen und der zurückgelegten Distanz. Im Güterverkehr wird die Energieintensität aus dem Energieverbrauch geteilt durch die Tonnenkilometer berechnet. Letzteres ist das Produkt aus der transportierten Masse und dem zurückgelegten Weg. Vgl. dabei auch Fn. 11.

13 Vgl. Fn. 11.

Beim Energieträgermix dominierten seit 1990 Mineralölprodukte mit einem Anteil von durchweg über 91 Prozent und summierten sich im Jahr 2018 auf 2.582 PJ oder 94,1 Prozent des EEV im Verkehrssektor. Biokraftstoffe und Strom spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle und machten zuletzt 4,1 Prozent (113 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.

Fast die gesamte im Verkehr eingesetzte Energie wird zur Erzeugung von mechanischer Energie verwendet. Jedoch wird bei Verbrennungsmotoren durchschnittlich deutlich weniger als die Hälfte für den Antrieb umgewandelt. Ein großer Anteil geht als Abwärme und als Verformungsarbeit in den Reifen verloren.

Abbildung 26: Endenergiemix des Verkehrs (gemäß Inlandsabsatz) 1990, 2008 und 2018

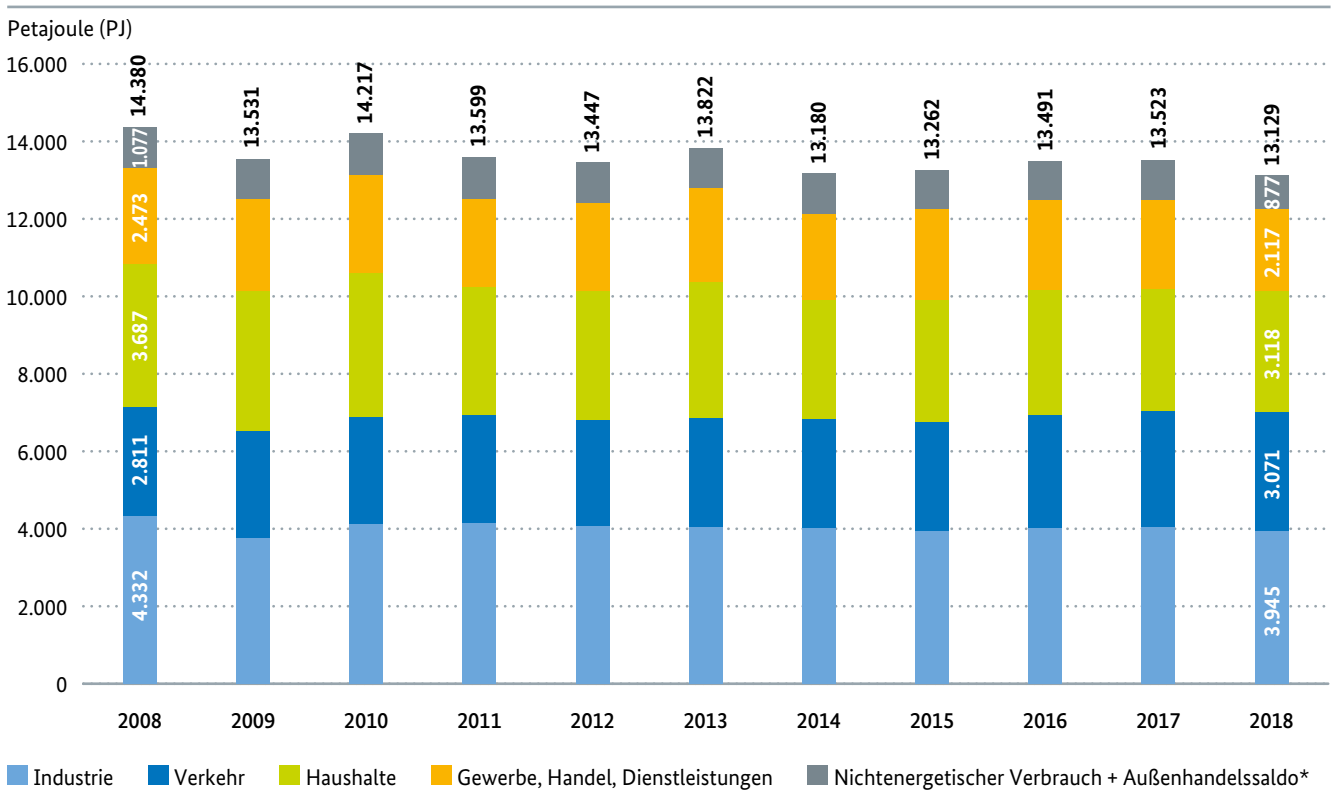


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020

3.10 Nachfragebezogene 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 nachfragebezogen zuzuweisen. Seit 2008 hat sich der nachfragebezogene Primärenergieverbrauch für alle Sektoren mit Ausnahme des Verkehrs reduziert.

Abbildung 27: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren



* Außenhandel Strom und Fernwärme

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020

Wird die in Informationsbox 6 beschriebene Methode genutzt, um eine nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs (PEV) auf die Sektoren vorzunehmen, so war die Industrie im Jahr 2018 mit 3.945 PJ für 30,1 Prozent des PEV verantwortlich. Auf die privaten Haushalte entfielen 3.118 PJ oder 23,7 Prozent. Der Verkehr

verursachte 23,4 Prozent bzw. 3.071 PJ des PEV. Der GHD-Sektor hatte mit 16,1 Prozent (2.117 PJ) den geringsten Anteil der Verbrauchssektoren.¹⁴ Die restlichen 6,7 Prozent (877 PJ) des PEV verantworteten der nichtenergetische Verbrauch (NEV) und der positive Außenhandelssaldo mit Sekundärenergieträgern (Strom und Fernwärme).

14 S. Kapitel 3.2: Im Vergleich dazu lag der Endenergieverbrauch der Industrie im Jahr 2018 bei 2.601 PJ bzw. der privaten Haushalte bei 2.320 PJ bzw. im Verkehrssektor bei 2.743 PJ und im GHD-Sektor bei 1.299 PJ.

Informationsbox 6: Nachfragebezogene 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 Nachfragebezogene 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 mithilfe der Energiebilanz – in der die Umwandlungs- und Leitungsverluste sowie der Eigenverbrauch des Umwandlungssektors dokumentiert sind – berechnet, welcher Primärenergieeinsatz im Zusammenhang steht mit der Bereitstellung des Sekundärenergieträgers, der für eine bestimmte Anwendung eingesetzt wird. Dabei werden auch die Sekundärenergieträger berücksichtigt, die exportiert werden oder die im Inland abseits der energetischen Nutzung Verwendung finden (nichtenergetischer 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 durch einen Endenergiesektor nachgefragt, so steigt dementsprechend der Primärenergiebedarf dieses Endenergiesektors. 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 Ver-

kehrssektor 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)

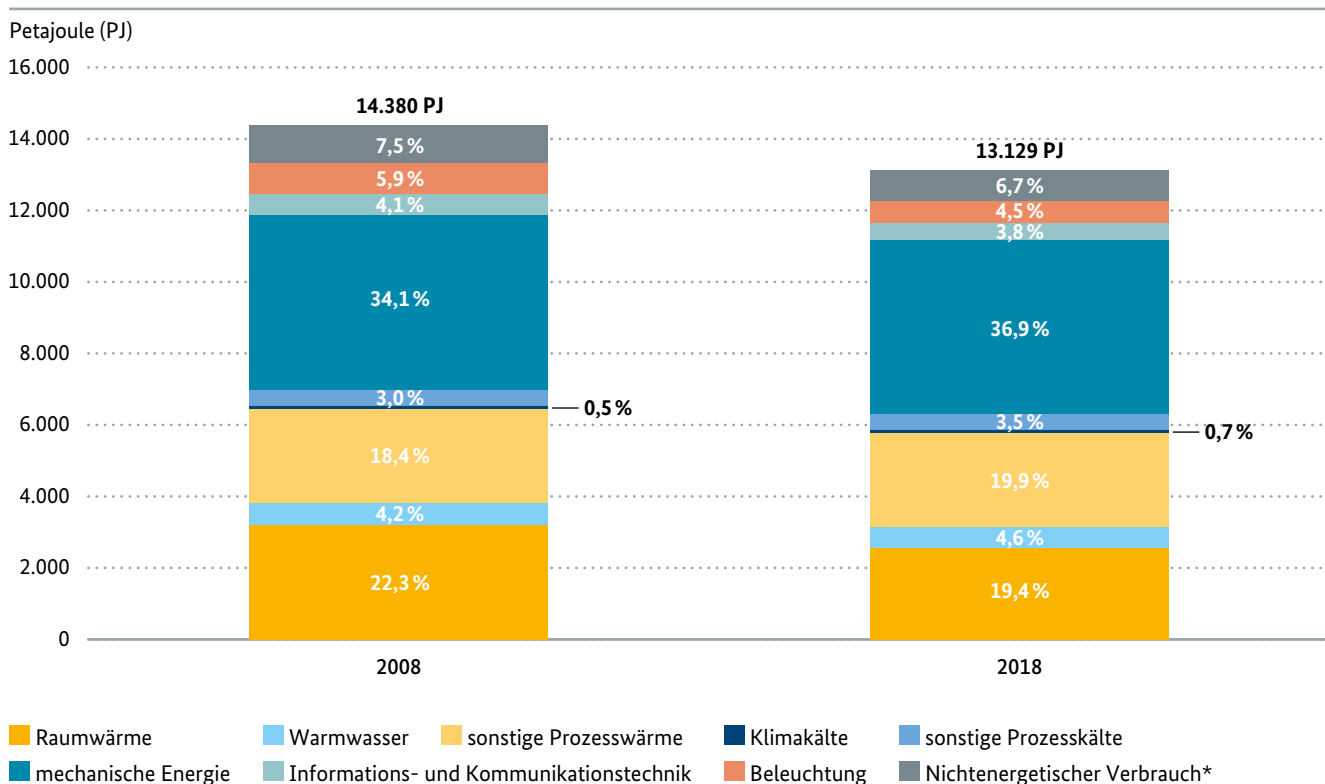
Stromerzeugung überschaubar.¹⁵ Daher ist der Verkehr, wenn man den nachfragebezogenen Anteil am PEV betrachtet, nur der drittgrößte Verbrauchssektor nach der Industrie und den privaten Haushalten.

Wird der PEV den Anwendungen nach der oben beschriebenen Methode zugeordnet, so entfielen 4.851 PJ oder 36,9 Prozent auf die mechanische

Energie. 2.616 PJ oder 19,9 Prozent waren auf die Prozesswärme zurückzuführen. Darüber hinaus war die Raumwärme mit 2.552 PJ oder 19,4 Prozent ein wesentlicher Treiber des PEV.

Der restliche PEV stand im Zusammenhang mit Anwendungen im Bereich Warmwasser (599 PJ oder 4,6 Prozent), Beleuchtung (595 PJ oder 4,5 Prozent), Informations- und Kommunikati-

Abbildung 28: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018



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

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

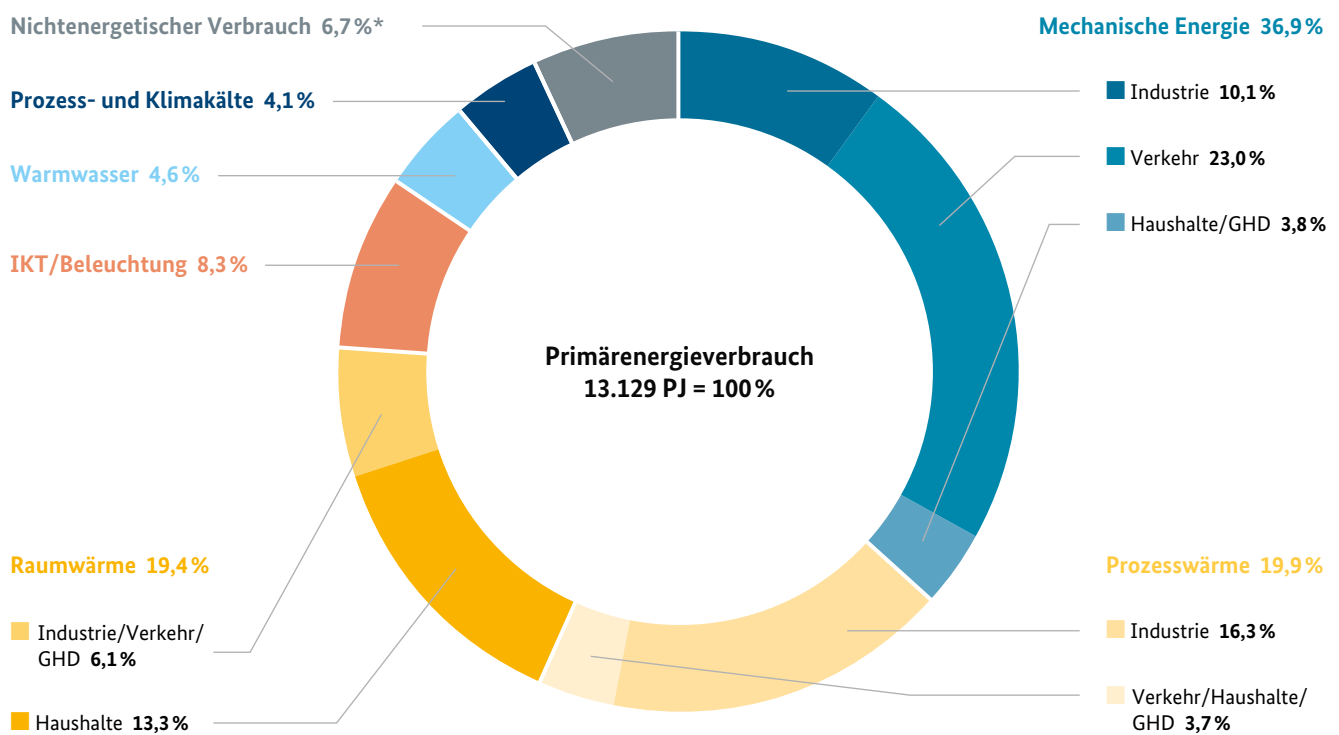
15 Im Verkehrssektor dominieren die Sekundärenergieträger Benzin, Diesel und Kerosin. Diese werden in Raffinerien aus Rohöl gewonnen. Dabei bleiben ca. 95 Prozent der chemischen Energie, die im Rohöl gespeichert sind, erhalten. Diese steht dem Verbraucher in Form von Kraftstoffen zur Verfügung. Die Umwandlungsverluste belaufen sich entsprechend 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 Energieträgern (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.

onstechnik (499 PJ oder 3,8 Prozent), Prozesskälte (454 PJ oder 3,5 Prozent) und Klimatisierung (87 PJ oder 0,7 Prozent).¹⁶ Effizienzsteigerungen sind somit vor allem in den Bereichen mecha-

nische Energie, Prozesswärme und Raumwärme sinnvoll, da über drei Viertel des PEV auf diese Anwendungen zurückzuführen sind.

Abbildung 29: Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2018



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

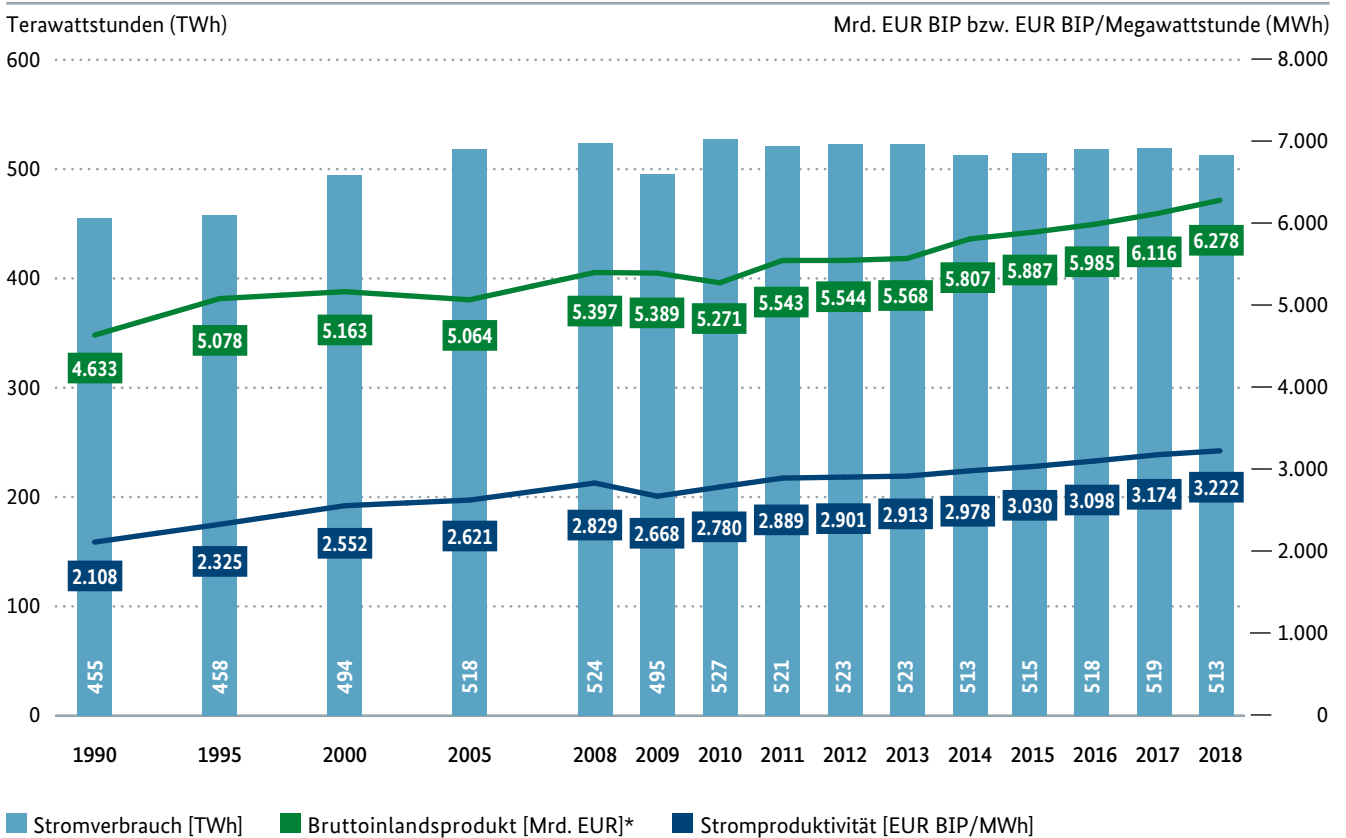
Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

16 S. Kapitel 3.3: Im Vergleich dazu lag der EEV für mechanische Energie im Jahr 2018 bei 3.551 PJ und der für Raumwärme bei 2.269 PJ. Die Prozesswärme machte 1.984 PJ des EEV aus, Warmwasser 457 PJ, Beleuchtung 256 PJ, Informations- und Kommunikationstechnik 215 PJ, Prozesskälte 191 PJ und Klimakälte 40 PJ.

3.11 Netto-Stromverbrauch und -produktivität

Der Endenergieverbrauch von Strom stieg im Zeitraum von 1990 bis 2018 um 58 TWh oder 12,8 Prozent. Das Bruttoinlandsprodukt wuchs im selben Zeitraum um 52,9 Prozent. Damit ist die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt) zeitgleich um 35,5 Prozent gestiegen.

Abbildung 30: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft



* in Preisen von 2015, verkettet

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 01/2020

Bis zum Jahr 2018 stieg der Stromverbrauch um 58 TWh oder 12,8 Prozent gegenüber 1990, während das Bruttoinlandsprodukt um 52,9 Prozent wuchs. Damit ist die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt) zeitgleich um 35,5 Prozent gestiegen.

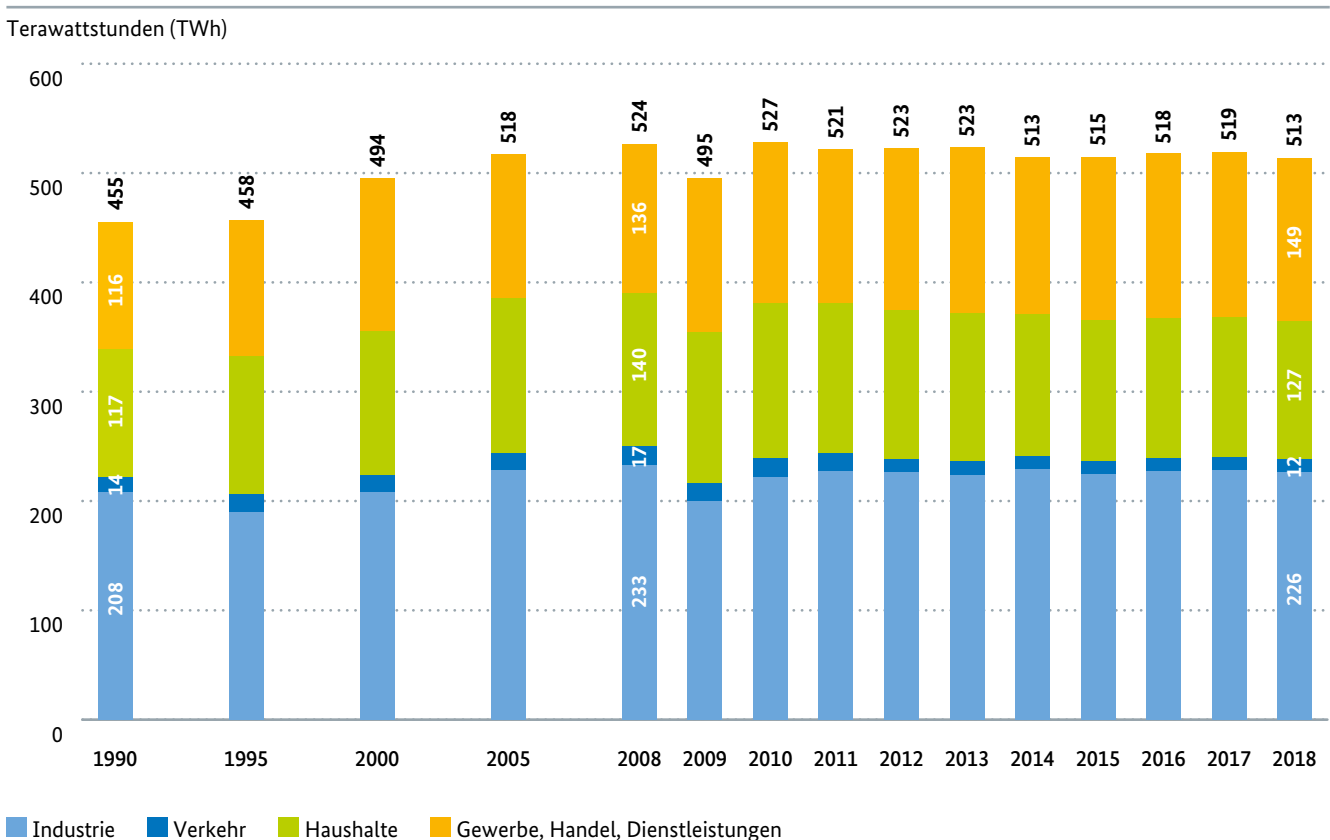
In diesem Zeitraum lagen die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,4 Prozent, des Bruttoinlandsprodukts bei 1,5 Prozent und der Stromproduktivität bei 1,1 Prozent.

Im Vergleich zum Vorjahr 2017 ging der Stromverbrauch um 5,6 TWh oder 1,1 Prozent zurück.

3.12 Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen und Sektoren

Größter Stromverbraucher war im Jahr 2018 weiterhin die Industrie mit 226 TWh oder 44 Prozent Anteil. Der größte Teil des Stroms wurde für mechanische Energie eingesetzt (203 TWh oder 39,5 Prozent).

Abbildung 31: Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs nach Sektoren

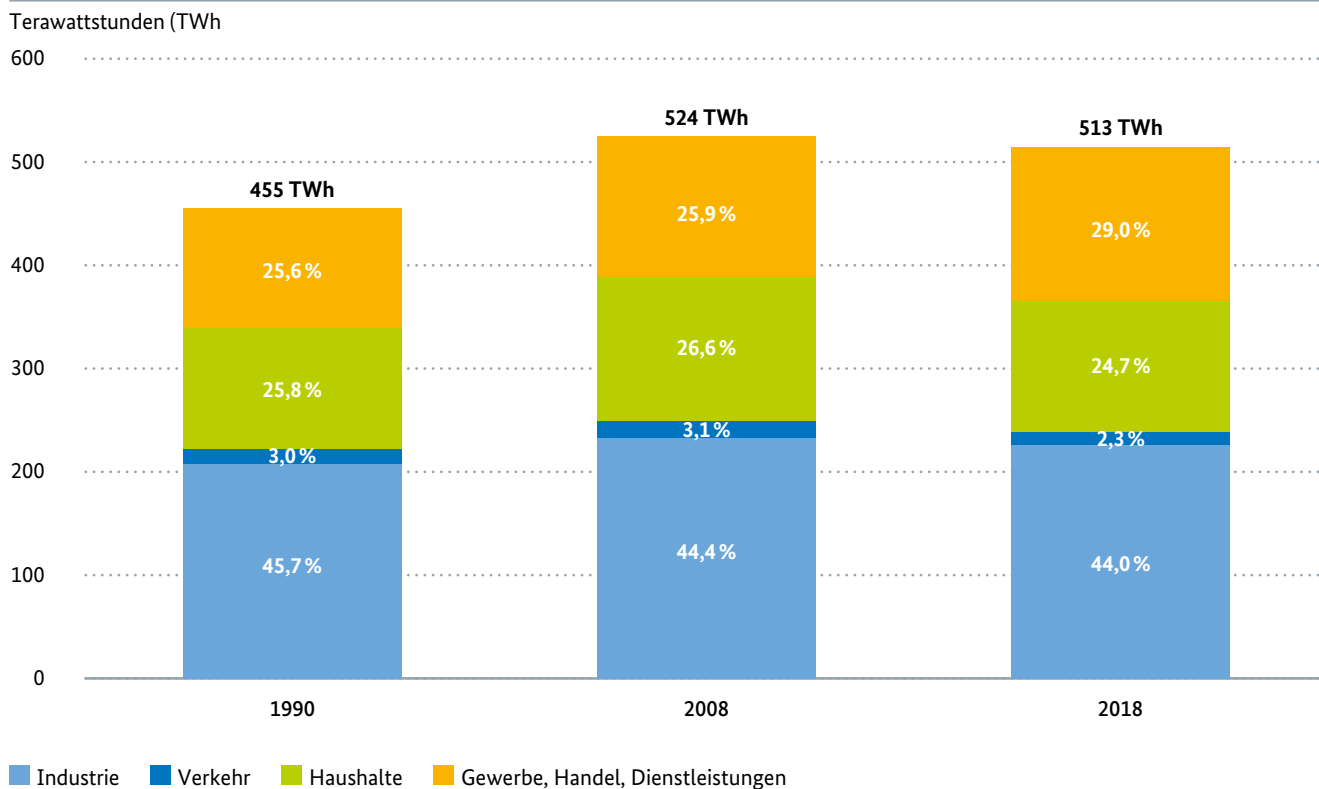


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

Den größten Anteil am Stromverbrauch hatte 2018 weiterhin die Industrie mit 226 TWh oder 44,7 Prozent. Der GHD-Sektor war für 149 TWh oder 29 Prozent des Stromverbrauchs verantwortlich. 127 TWh oder 24,7 Prozent wurden in

den privaten Haushalten verbraucht. Der Verkehrssektor benötigte nur geringe Mengen an Strom, wobei 12 TWh rund 2,3 Prozent des gesamten Netto-Stromverbrauchs (513 TWh) im Jahr 2018 entsprachen.

Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008 und 2018

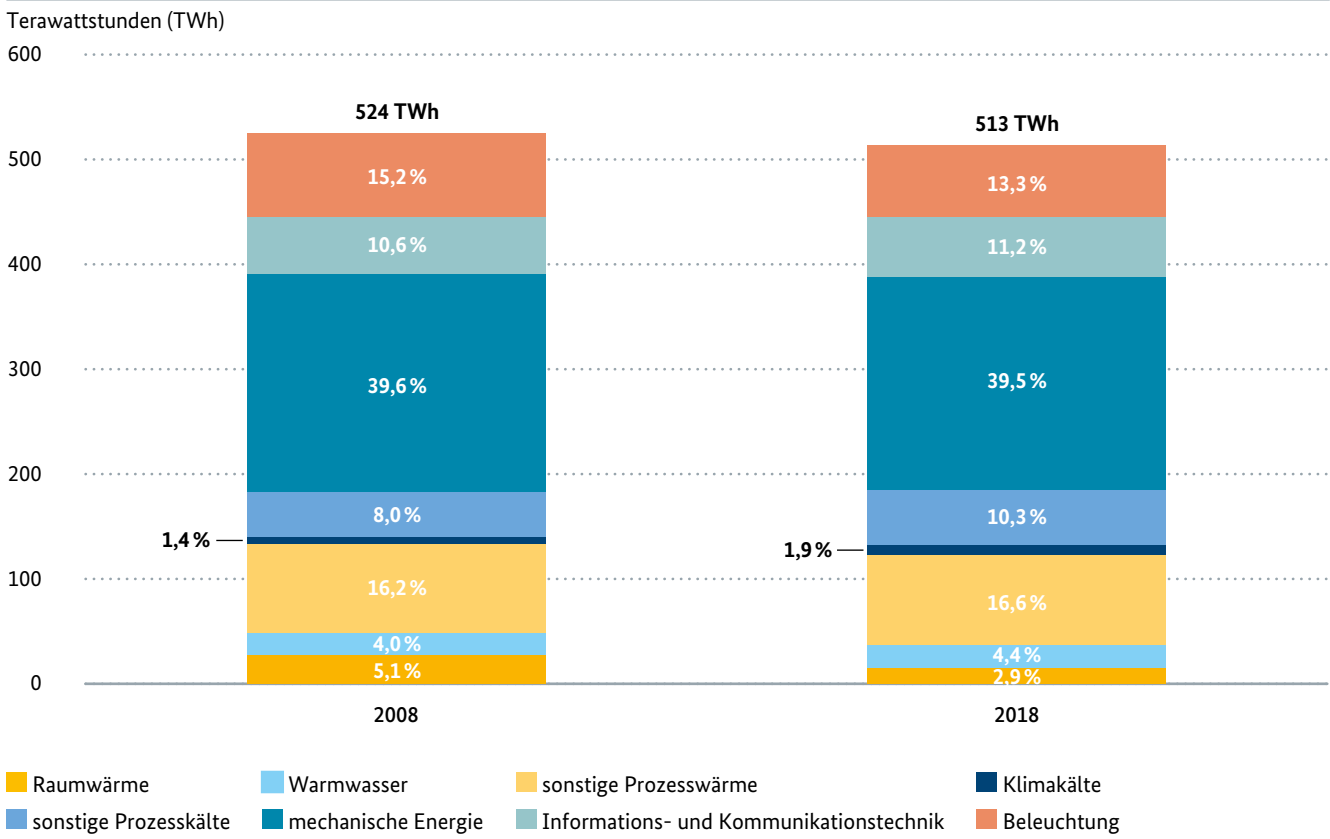


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020

Seit 2008 verzeichneten die privaten Haushalte den stärksten absoluten Rückgang mit 12,9 TWh oder 9,2 Prozent, gefolgt vom Verkehrssektor mit einer Abnahme von 4,8 TWh oder 29,1 Prozent. Die Industrie verbrauchte im Jahr 2018 6,5 TWh

oder 2,8 Prozent weniger Strom als in 2008. Demgegenüber stieg der Stromverbrauch im GHD-Sektor im Zeitraum von 2008 bis 2018 um 13,3 TWh oder 9,8 Prozent.

Abbildung 33: Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Der größte Teil des Stroms wurde 2018 weiterhin für mechanische Energie eingesetzt (203 TWh oder 39,5 Prozent). Für Prozesswärme wurden 85 TWh (16,6 Prozent) und für Beleuchtung 68 TWh (13,3 Prozent) eingesetzt.

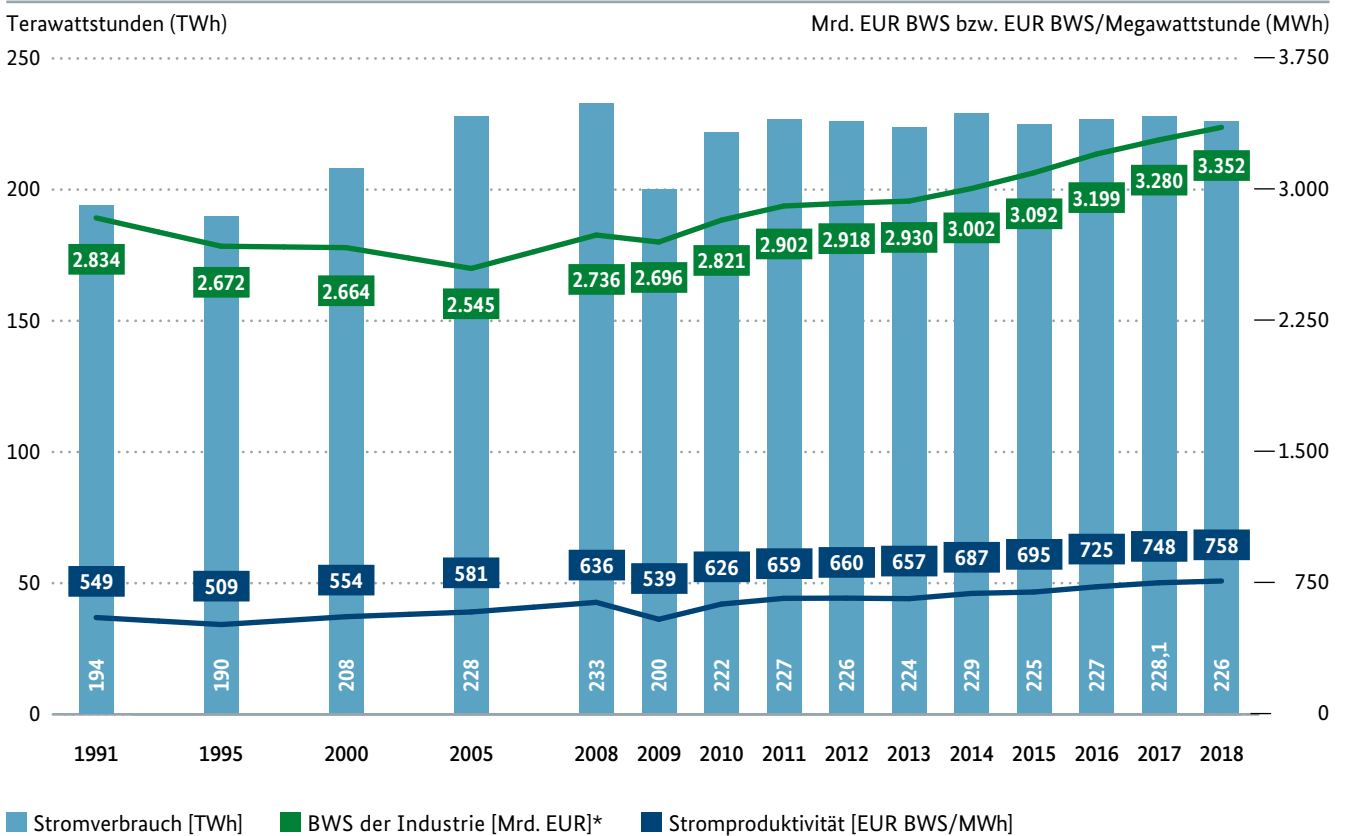
Zwischen 2008 und 2018 ist ein Rückgang des Stromeinsatzes für Raumwärme um 11,5 TWh oder 43,4 Prozent zu verzeichnen. Dies kann auf den Abbau von Nachtspeicherheizungen zurück-

geführt werden, der sich momentan noch stärker auswirkt als der Zubau von Wärmepumpen, die mit Strom betrieben werden. Zudem ging der Beleuchtungsstromverbrauch im selben Zeitraum um 11,6 TWh oder 14,5 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 11,2 TWh oder 26,8 Prozent.

3.13 Netto-Stromverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie

Im Sektor Industrie ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2018 um 32,2 TWh oder 16,6 Prozent gestiegen. Während die Bruttowertschöpfung um 37,9 Prozent wuchs, stieg die Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung des Sektors) im selben Zeitraum um 18,3 Prozent.

Abbildung 34: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie



* in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; BMWi, Energiedaten, Stand 03/2020

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 2008 auf 233 TWh. Nach dem Einbruch im wirtschaftlichen Krisenjahr 2009 ist die Stromnachfrage der Industrie seit 2010 auf relativ konstantem Niveau. Im Jahr 2018

ist der Stromverbrauch im Vergleich zum Vorjahr um 2 TWh oder 0,9 Prozent zurückgegangen auf 228,1 TWh.

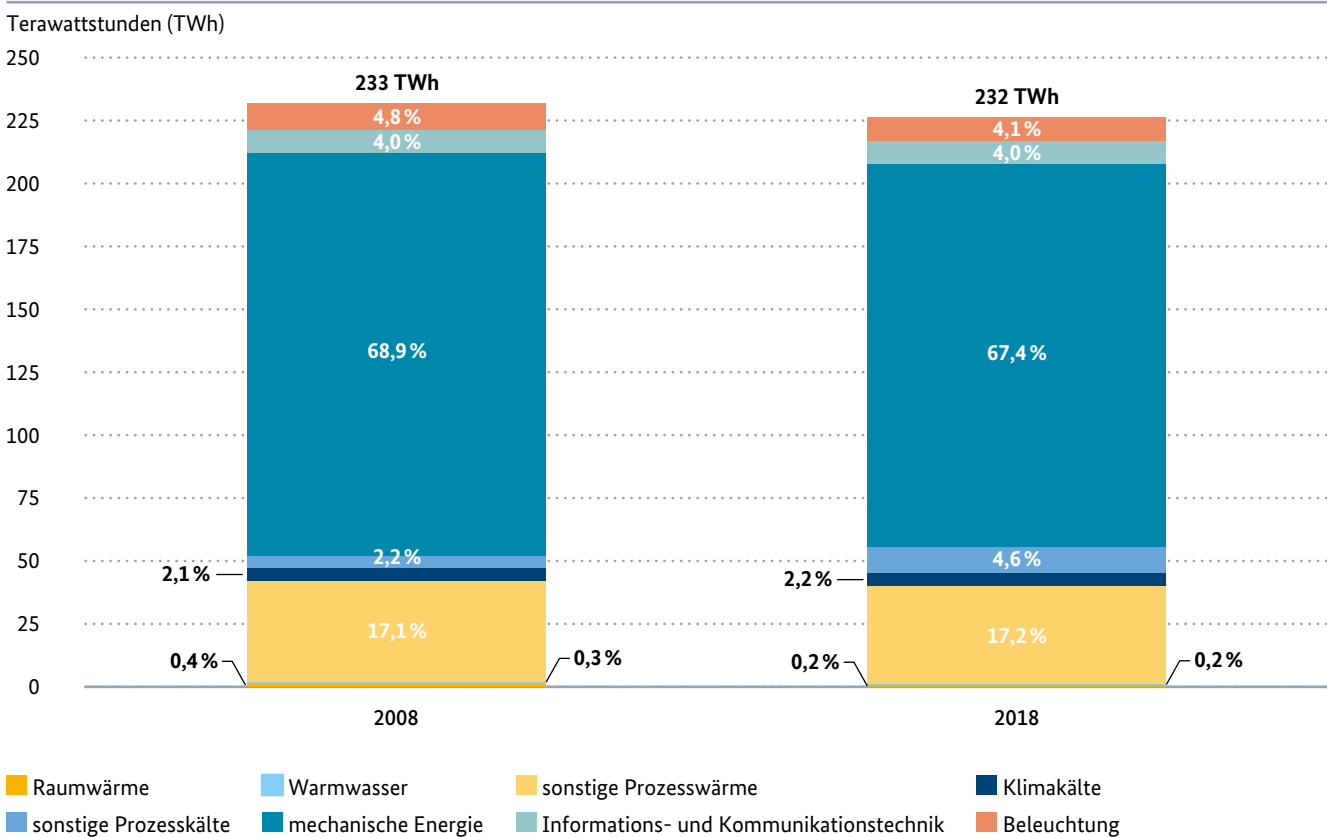
Im Zeitraum von 1991 bis 2018 lagen in der Industrie die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,6 Prozent, der Bruttowertschöpfung bei 1,2 Prozent und der Stromproduktivität bei 0,6 Prozent.

Strom war mit 31,3 Prozent Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie weiterhin der zweitwichtigste Energieträger nach Gasen (34,5 Prozent).

Bei den Anwendungsbereichen dominierte der Einsatz von Strom für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen mit 152,4 TWh (67,4 Prozent). Gegenüber 2008 hat sich der Stromverbrauch für die einzelnen An-

wendungen im Jahr 2018 kaum verändert. Eine Ausnahme ist der Anstieg des Energieeinsatzes für sonstige Prozesskälte um 5,2 TWh, der sich damit fast verdoppelt hat auf 10,4 TWh. Einen leichten Rückgang um 8 TWh oder 5 Prozent gab es bei der mechanischen Energie auf zuletzt 152,4 TWh. Zudem ging der Stromverbrauch für Beleuchtung durch den Einsatz effizienter Lampen um 1,8 TWh oder 16,3 Prozent auf 9,3 TWh zurück.

Abbildung 35: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018

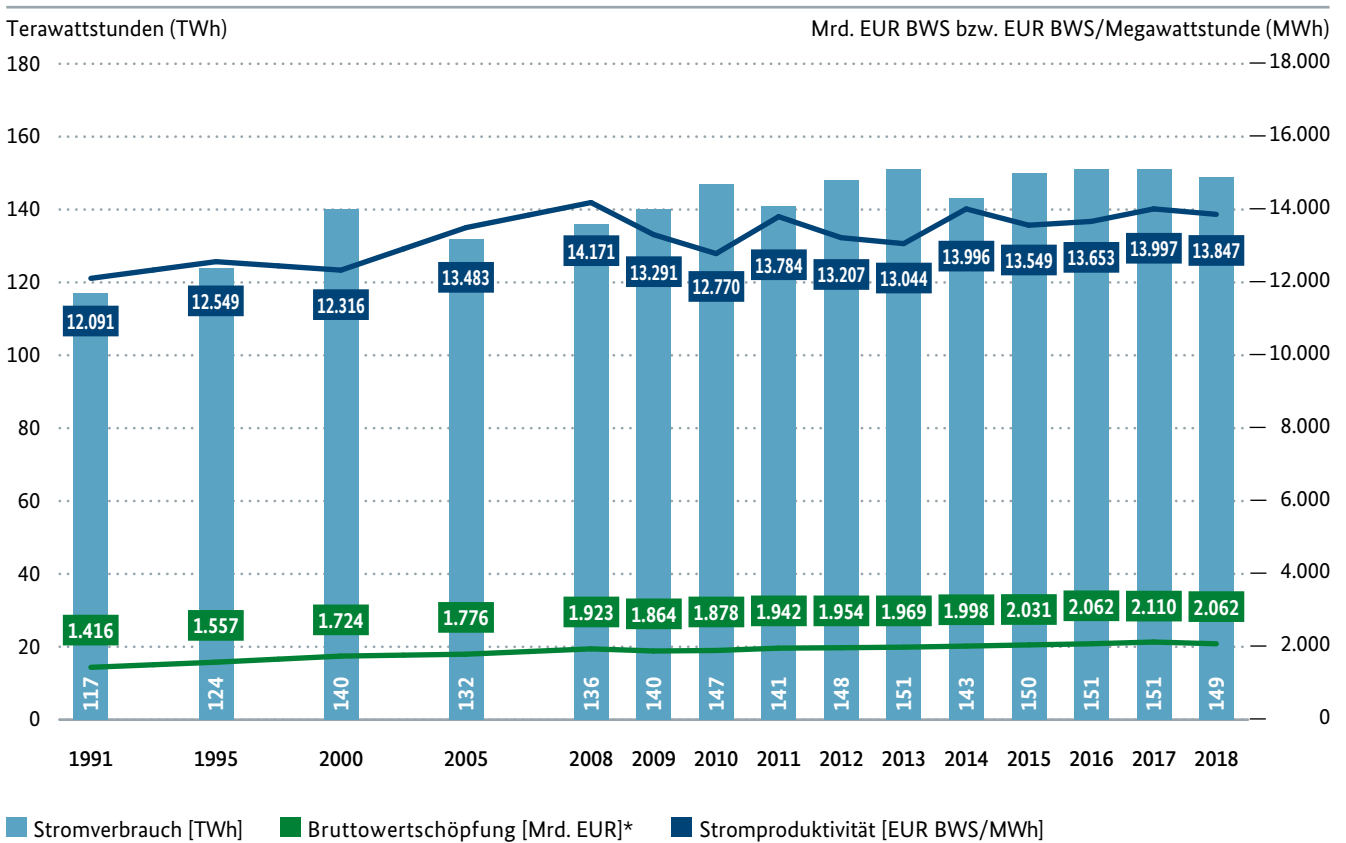


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

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 2018 um 31,8 TWh oder 27,2 Prozent gestiegen. Während die Bruttowertschöpfung um 45,6 Prozent wuchs, stieg die Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung des Sektors) im selben Zeitraum um 14,5 Prozent.

Abbildung 36: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Sektor GHD



* in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020; BMWi, Energiedaten, Stand 03/2020

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) stieg der Stromverbrauch von 1991 bis 2018 im Zuge der gestiegenen Bruttowertschöpfung um 31,8 TWh oder 27,2 Prozent auf 148,9 TWh. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Stromverbrauch im Jahr 2018 um 1,8 TWh oder 1,2 Prozent zurückgegangen.

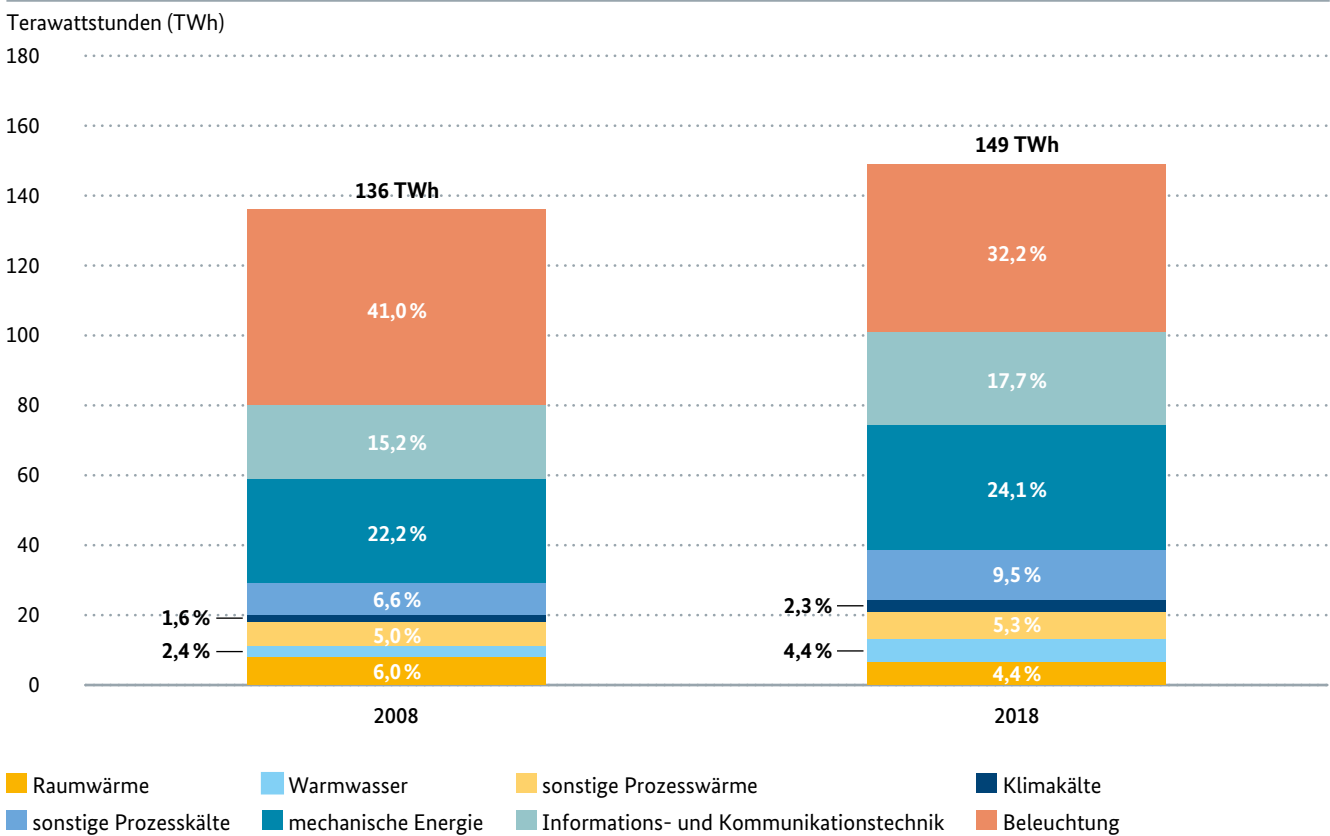
Im Zeitraum von 1991 bis 2018 lagen im Sektor GHD die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,9 Prozent, der Bruttowertschöpfung bei 1,4 Prozent und der Stromproduktivität bei 0,5 Prozent.

Insgesamt war Strom mit einem Anteil von 41,3 Prozent am Endenergieverbrauch des Sektors GHD mit Abstand dessen wichtigster Energieträger vor Gasen (28,1 Prozent) und Mineralöl (19,9 Prozent).

Der Anwendungsbereich Beleuchtung hatte im Jahr 2018 mit 48,1 TWh oder 32,3 Prozent den größten Anteil am Stromverbrauch. Zudem kamen die Anwendungsbereiche mecha-

nische Energie mit 35,9 TWh auf einen Anteil von 24,1 Prozent, die Informations- und Kommunikationstechnik mit 26,4 TWh auf 17,7 Prozent sowie die Prozesskälte mit 14,2 TWh auf 9,5 Prozent. Relativ dazu geringe Stromverbräuche entfielen auf die Anwendungen Prozesswärme (7,9 TWh oder 5,3 Prozent), Warmwasser (6,5 TWh oder 4,4 Prozent), Raumwärme (6,5 TWh oder 4,4 Prozent) und Klimakälte (3,4 TWh oder 2,3 Prozent).

Abbildung 37: Netto-Stromverbrauch von GHD nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018

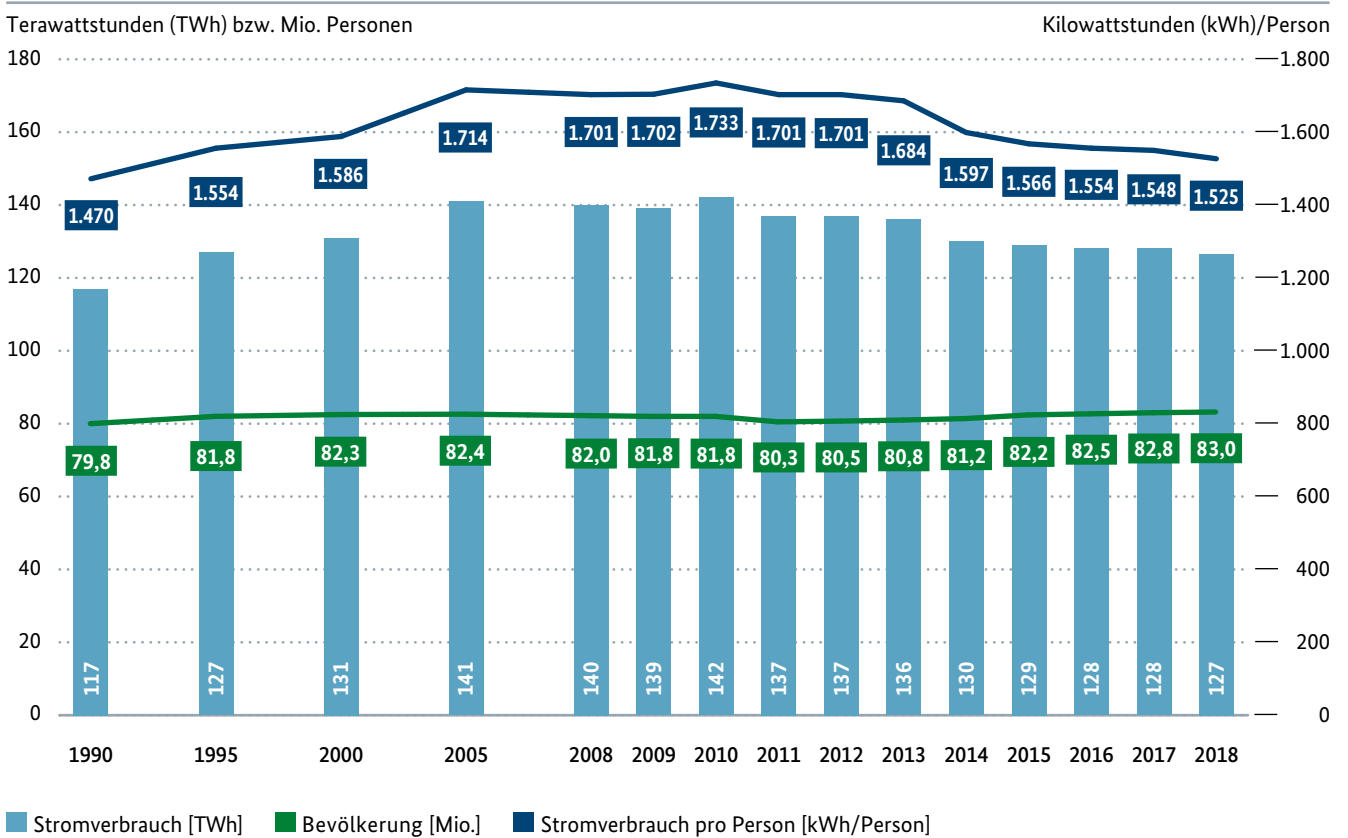


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

3.15 Netto-Stromverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte

Im Sektor private Haushalte ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1990 bis 2018 um 9,4 TWh oder 8 Prozent gestiegen. Während die Bevölkerung um 3,3 Millionen oder 4,1 Prozent wuchs, stieg die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) im selben Zeitraum um 3,8 Prozent.

Abbildung 38: Netto-Stromverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte

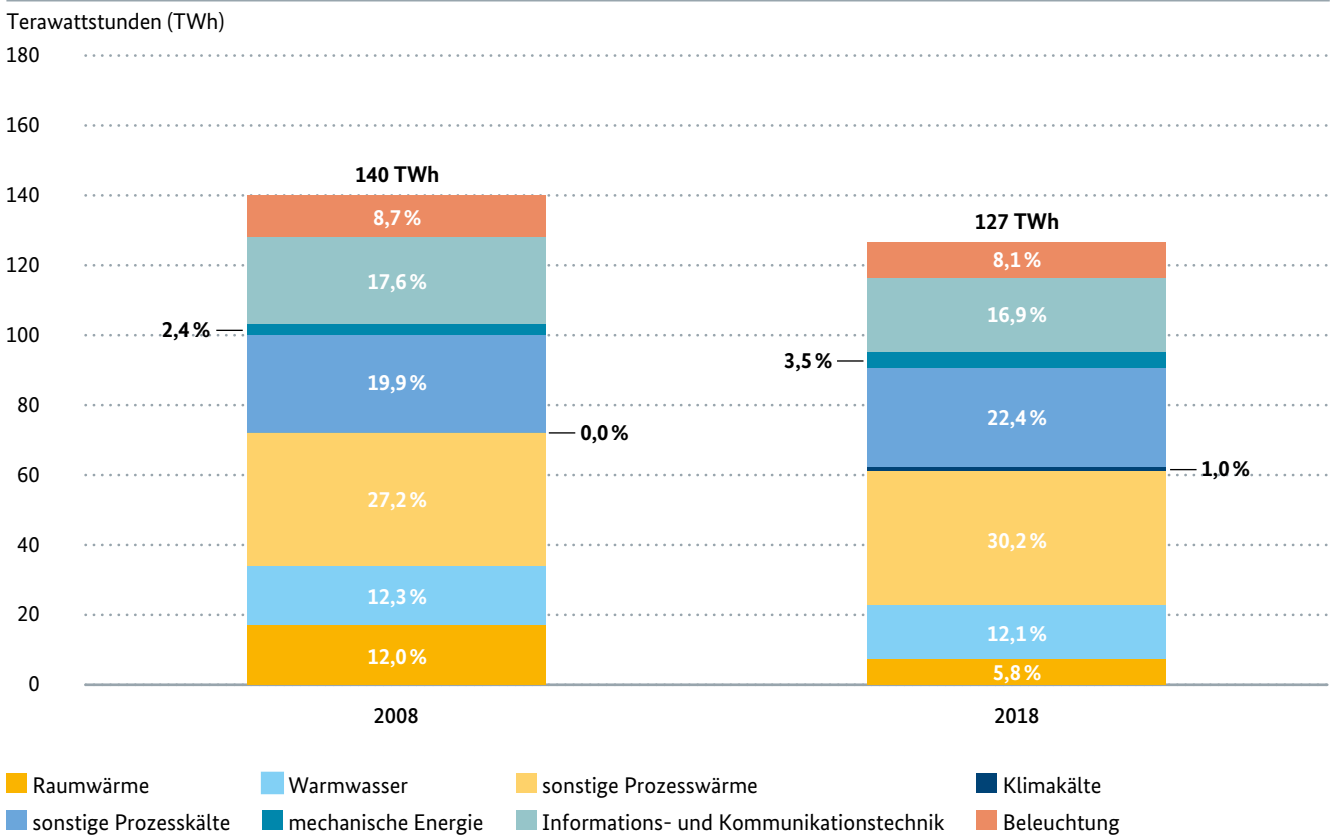


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; Destatis, Bevölkerung, Stand 04/2020

In den privaten Haushalten stieg der Stromverbrauch von 1990 bis 2018 um 9,4 TWh oder 8 Prozent auf 126,6 TWh bzw. 1.525 kWh pro Person. Seit einem Höhepunkt im Jahr 2010 ist jedoch ein tendenzieller Verbrauchsrückgang um 15,1 TWh oder 10,7 Prozent zu verzeichnen. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Stromverbrauch in 2018 um 1,6 TWh oder 1,2 Prozent gefallen.

Im Zeitraum von 1990 bis 2018 lagen im Sektor private Haushalte die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,3 Prozent und der Bevölkerung bei 0,1 Prozent. Die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) wuchs in diesem Zeitraum damit jährlich im Durchschnitt um 0,1 Prozent.

Abbildung 39: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Insgesamt rangiert Strom im Jahr 2018 mit einem Anteil von 19,6 Prozent am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Gas (39,4 Prozent) an zweiter Stelle und damit knapp vor Heizöl (18,4 Prozent).

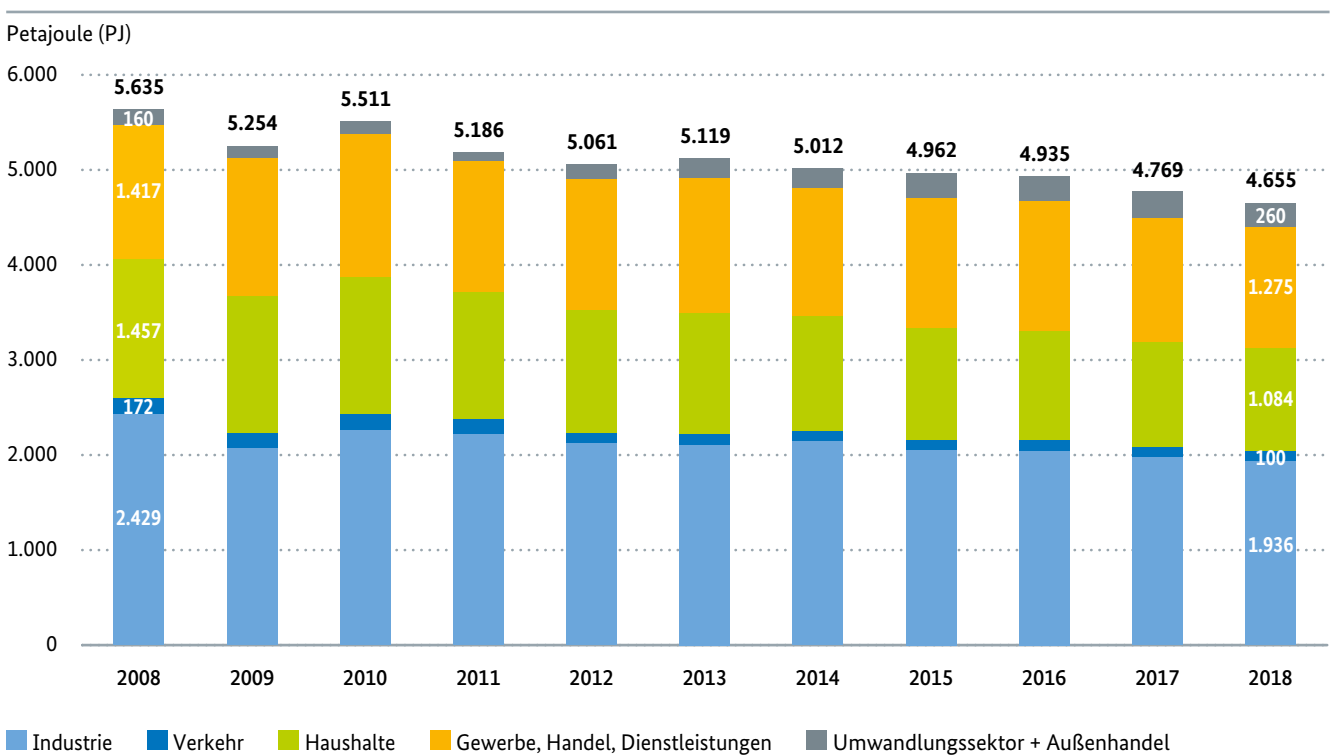
Hauptanwendungsbereiche waren 2018 die sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 38,2 TWh (30,2 Prozent), die sonstige Prozesskälte (Kühlen, Gefrieren etc.) mit 28,4 TWh (22,4 Prozent) und die Informations- und Kommunikationstechnik mit 21,3 TWh (16,9 Prozent). Im Bereich der Beleuchtung lag der Stromver-

brauch bei 10,3 TWh (8,1 Prozent). Der Stromverbrauch für Raumwärme hat sich von 2008 bis 2018 mehr als halbiert (-9,3 TWh oder -55,9 Prozent) auf 7,4 TWh, was nunmehr 5,8 Prozent des Stromverbrauchs der privaten Haushalte entspricht. Dies liegt am Rückgang der Nachspeicherheizungen, der momentan noch stärkere Auswirkungen auf den Stromverbrauch hat als der Zubau elektrischer Wärmepumpen. Der Stromverbrauch für mechanische Energie machte 2018 4,4 TWh (3,5 Prozent) aus und der für Klimakälte lag bei 1,2 TWh (1 Prozent).

3.16 Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung

Durch die Aufteilung der Verluste in den Kraftwerken und Stromnetzen ist es möglich, den Verbrauchssektoren den Umwandlungseinsatz für die Bereitstellung von Strom nachfragebezogen zuzuweisen. Zwischen 2008 und 2018 wurde der Umwandlungseinsatz zur Stromversorgung um 15,8 Prozent reduziert.

Abbildung 40: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Sektoren



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020

Der Umwandlungseinsatz zur Stromversorgung ist der Teil des Primärenergieverbrauchs (PEV), 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 nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes auf die Sektoren vorzunehmen, dann sind 1.936 PJ (41,6 Prozent) des PEV zur Stromversorgung im Jahr 2018

auf Anwendungen in der Industrie zurückzuführen. Der GHD-Sektor benötigte 27,4 Prozent (1.275 PJ) des PEV der Kraftwerke. Auf die Nachfrage in privaten Haushalten sind 1.084 PJ (23,3 Prozent) des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung zurückzuführen. Aufgrund der geringen Bedeutung des Energieträgers Strom für den Transportsektor belief sich der PEV der Kraftwerke für den Verkehr nur auf 100 PJ (2,2 Prozent).

Deutschland exportierte in den letzten Jahren zunehmend mehr Strom als es importierte. Dem-

entsprechend stieg auch der Umwandlungseinsatz für Elektrizität, die außerhalb Deutschlands genutzt wird. Die Summe des Umwandlungseinsatzes hinsichtlich Stromaußenhandel bzw. Strombedarf des Energiesektors ohne den Eigenverbrauch der Kraftwerke (bspw. der Stromverbrauch in der Mineralölverarbeitung) belief sich im Jahr 2018 auf 260 PJ (5,6 Prozent).

Im Bereich der Stromanwendungen wurde 2018 für mechanische Energie mit 37,3 Prozent (1.736 PJ) weiterhin mit Abstand der größte Anteil am Umwandlungseinsatz der Kraftwerke nachgefragt. Für Prozesswärme wurden 15,6 Prozent (728 PJ) benötigt. Für Beleuchtungsanwendungen mit 12,5 Prozent (584 PJ), Informations- und Kommunikationstechnik mit 10,6 Prozent (491 PJ) und Prozesskälte mit 9,8 Prozent

(454 PJ) wurden ebenfalls größere Teile des PEV zur Stromversorgung eingesetzt. Warmwasser (4,1 Prozent bzw. 192 PJ), Raumwärme (2,8 Prozent bzw. 129 PJ) und Klimakälte (1,8 Prozent bzw. 82 PJ) hatten relativ geringe Anteile.

Seit 2008 reduzierte sich für fast alle Anwendungen der Umwandlungseinsatz in den Kraftwerken. Ausnahmen bilden die sonstige Prozesskälte und die Klimakälte, die beide bis 2018 leicht anstiegen. An Bedeutung gewonnen hat vor allem der Umwandlungseinsatz, der im Zusammenhang mit dem Bedarf des Energiesektors (ohne Kraftwerke) und dem Stromaustausch mit dem Ausland steht. Speziell der gestiegene Nettoexport an Strom hatte zur Folge, dass in diesem Bereich im Jahr 2018 100 PJ (62,9 Prozent) mehr Primärenergie zur Stromerzeugung eingesetzt wurden als im Jahr 2008.

Informationsbox 7: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung

Der Indikator ist vergleichbar mit dem Indikator Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs (siehe auch Informationsbox 6: „Nachfragebezogene Aufteilung des Primärenergieverbrauchs“), doch konzentriert er sich ausschließlich auf die Anwendungen, die im Zusammenhang mit dem Sekundärenergieträger Strom stehen.

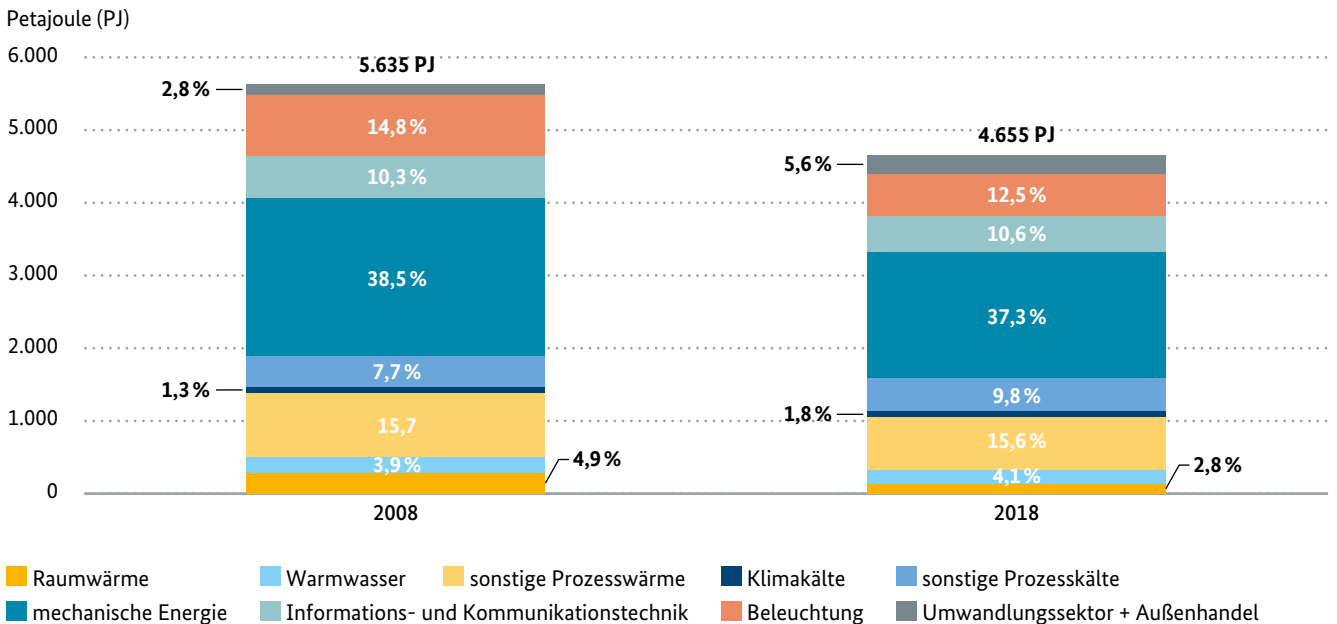
Elektrischer Strom ist eine Form der Energie, die für zahlreiche Anwendungen genutzt werden kann (z. B. Informations- und Kommunikationstechnik, Beleuchtungsanwendungen, Klimaanlage). Durch die Energiewende und die angestrebte Sektorenkopplung wird Elektrizität in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen, 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 mithilfe 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.

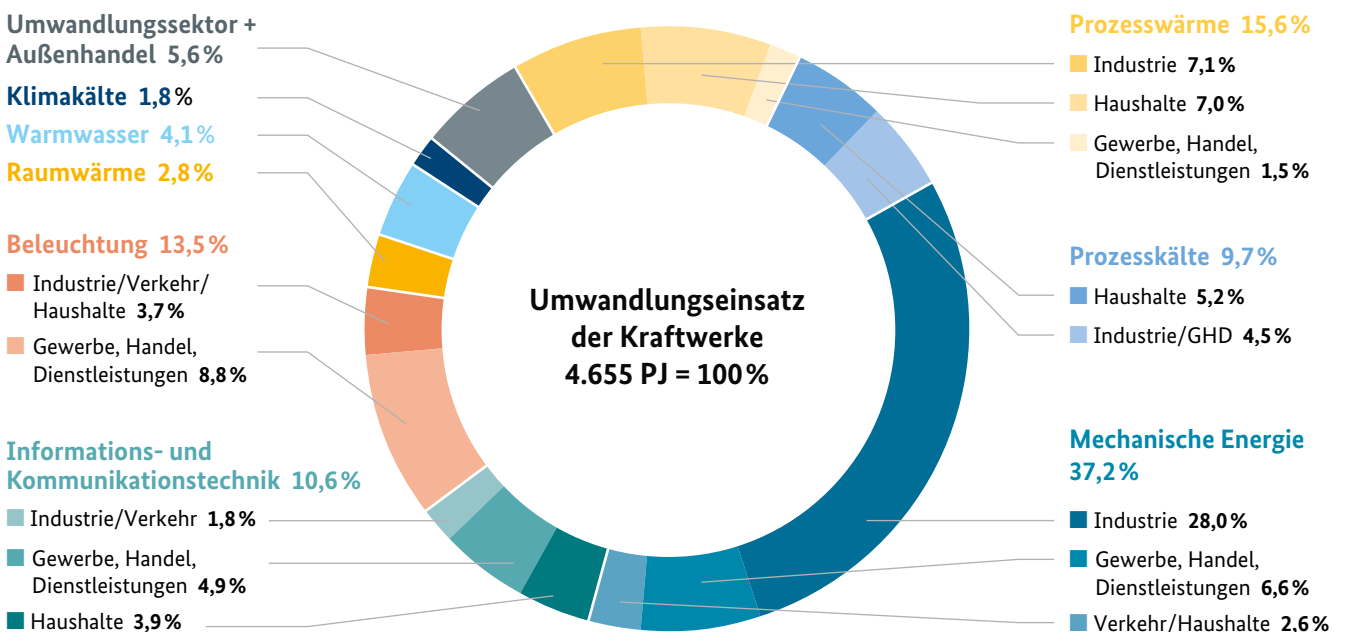
Der Mehrwert des Indikators liegt darin, dass er den tatsächlichen Energieeinsatz für strombasierte Anwendungen in den Endenergiesektoren offenlegt. Vor dem Hintergrund der Sektorenkopplung wird der Indikator an Bedeutung gewinnen, da er zeigt, welcher Primärenergiebedarf notwendig ist, um zukünftig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

Abbildung 41: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen 2008 und 2018



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Abbildung 42: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2018

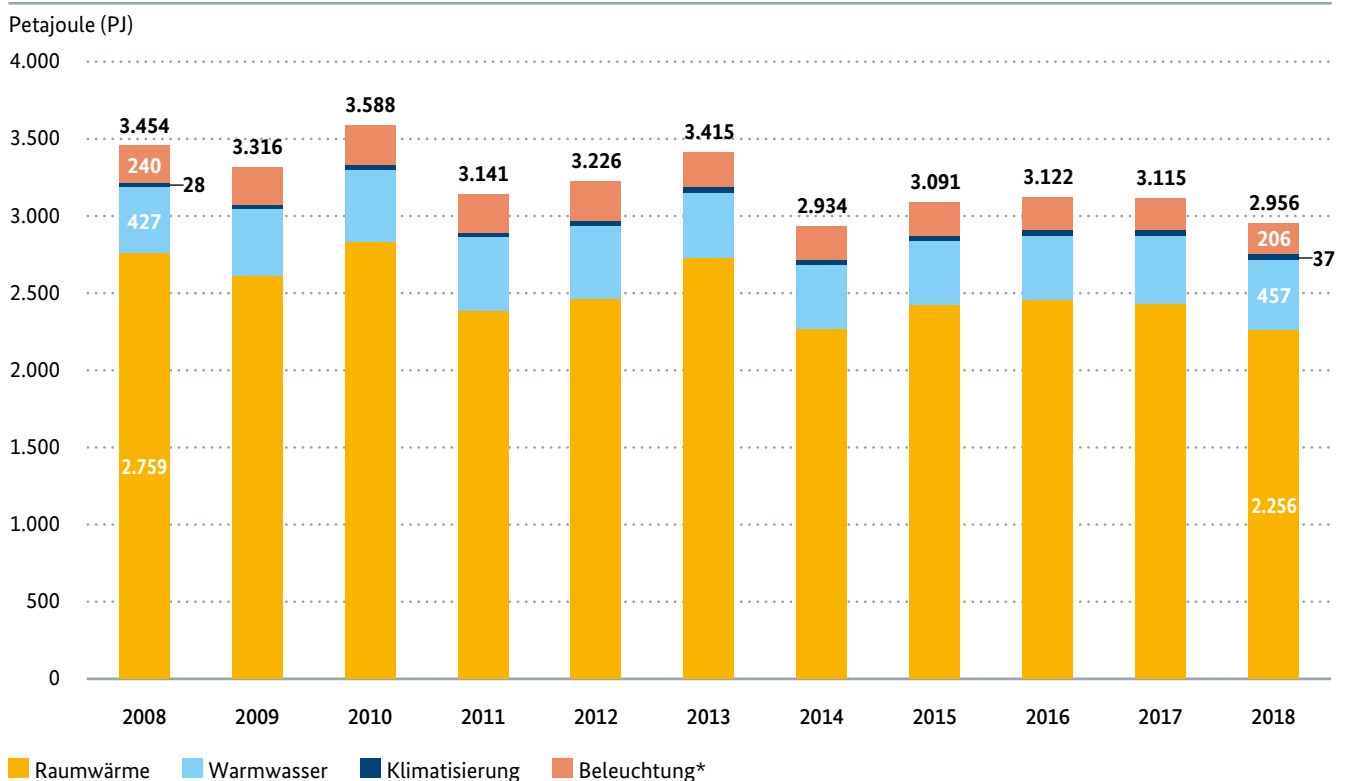


Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, Stand 04/2020; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

3.17 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch – sektorübergreifend

Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch über alle Sektoren hatte im Jahr 2018 einen Anteil von 33 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch. Er betrug insgesamt 2.956 PJ und ist seit 2008 um 14,4 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 43: Entwicklung des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs



* nur fest installierte Beleuchtung der Sektoren Industrie und GHD

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

Im Zeitraum von 2008 bis 2018 verringerte sich der gebäuderelevante Endenergieverbrauch (EEV) über alle Sektoren um 498 PJ oder 14,4 Prozent auf 2.956 PJ (nicht witterungsbereinigt). Damit ging sein Anteil am gesamten EEV (8.963 PJ) um 4,7 Prozentpunkte auf 33 Prozent zurück. Jedoch stagniert der gebäuderelevante EEV seit 2014 im Wesentlichen.

Der gebäuderelevante EEV umfasst die Energieverbräuche in Wohn- und Nichtwohngebäuden in den Sektoren private Haushalte, Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

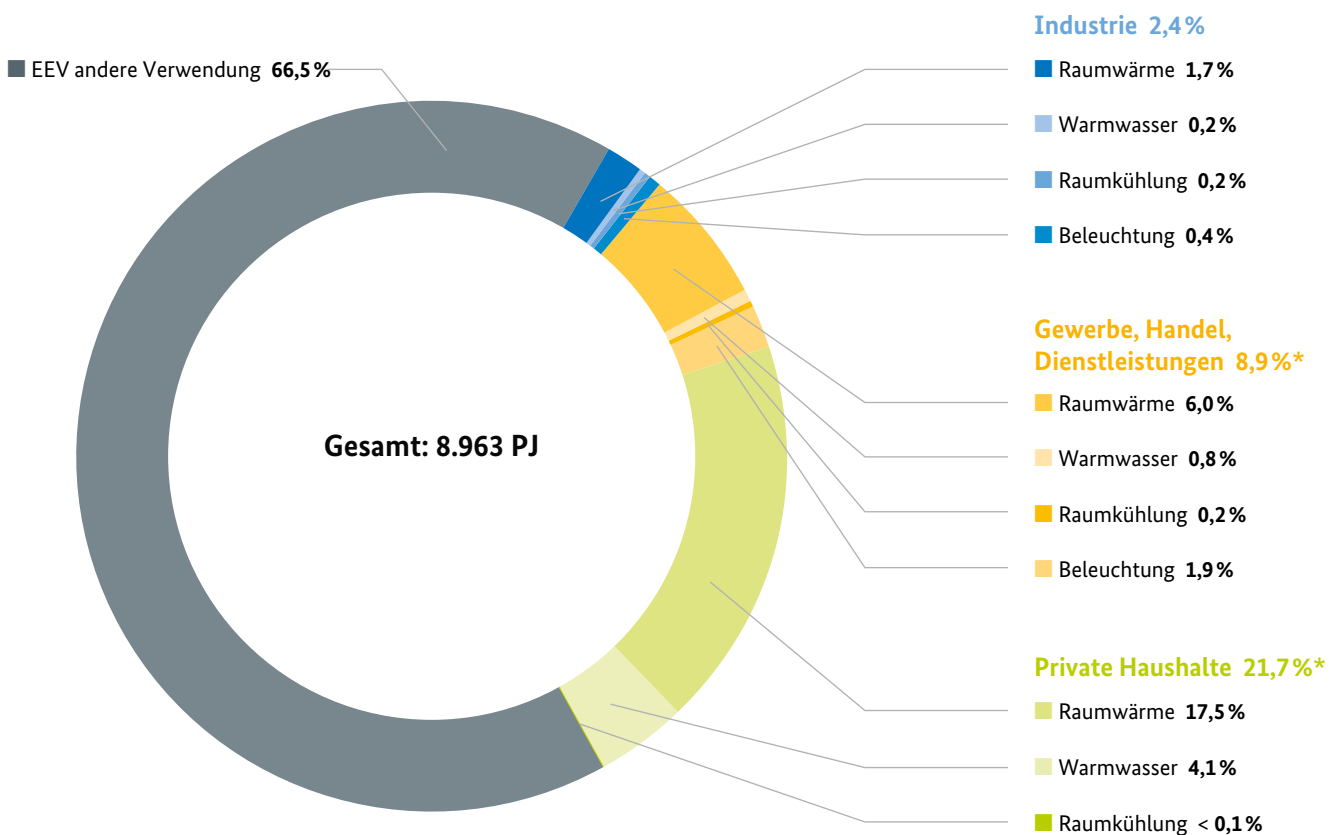
(GHD). Hierbei werden gemäß Energieeinsparverordnung die Anwendungszwecke Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung betrachtet. Bei den Nichtwohngebäuden kommt zudem die (fest installierte) Beleuchtung hinzu. Im Jahr 2018 ist der gebäuderelevante EEV im Zuge der milden Witterung im Vergleich zum Vorjahr um 159 PJ oder 5,1 Prozent zurückgegangen.

Bezogen auf alle Anwendungsbereiche wurden hierbei 2.582 PJ (87,4 Prozent) Brennstoffe und 374 PJ (12,6 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 2018 sank der EEV für Raumwärme um 503 PJ (18,2 Prozent). Dies lag vor allem an den energetischen Sanierungen des Altbaubestands sowie am vermehrten Einbau effizienter Heizungssysteme. Auch der Energieeinsatz für Beleuchtung nahm um 34 PJ (14,1 Prozent) aufgrund des vermehrten Einsatzes von Energiespar- und LED-Lampen ab. Dagegen stieg der EEV für Warmwasser um 30 PJ (7,1 Prozent) an. Auch im Bereich Klimatisierung gab es einen Anstieg um 9 PJ (30,8 Prozent).

Hinsichtlich des gesamten EEV 2018 (8.963 PJ) machte der gebäuderelevante EEV 33 Prozent aus. Davon entfielen 21,7 Prozentpunkte auf den gebäuderelevanten EEV des Sektors der privaten Haushalte, 8,9 Prozentpunkte auf den GHD-Sektor und 2,4 Prozentpunkte auf den Industriesektor. Hinsichtlich der Energiewendeziele kommt dem Gebäudebereich entsprechend 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 2018



Andere Verwendungszwecke in allen Sektoren 67%

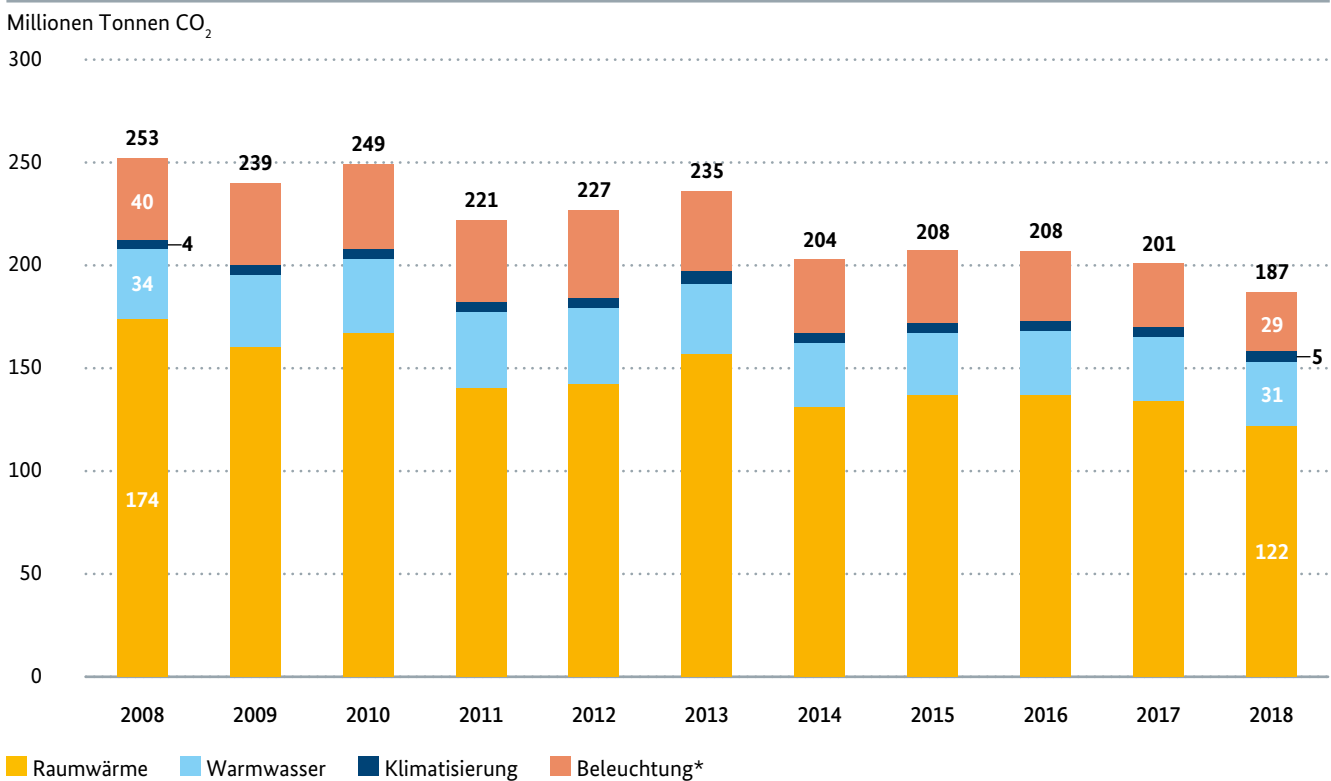
Insgesamt gebäuderelevant 33%

* gebäuderelevant

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 2018 auf insgesamt 187 Millionen Tonnen CO₂. Seit 2008 sind sie um 26,2 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 45: CO₂-Emissionen des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs



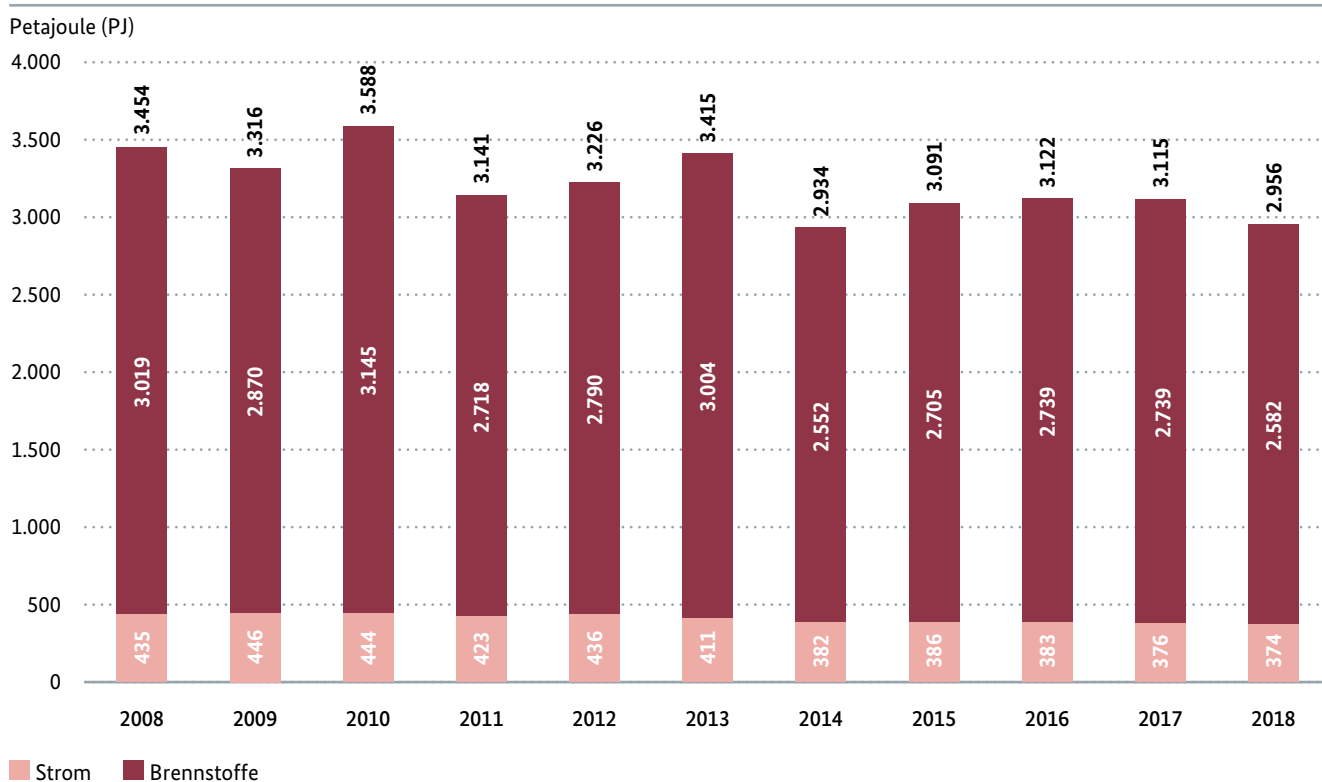
* nur fest installierte Beleuchtung der Sektoren Industrie und GHD

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020; UBA, Zentrales System Emissionen, Stand 06/2020; UBA, CO₂-Emissionsfaktoren, Stand 03/2020

Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, die anhand des Nachfrageprinzips ermittelt werden, summierten sich im Jahr 2018 auf insgesamt rund 187 Millionen Tonnen CO₂. Dies entsprach 26,6 Prozent der gesamten verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung. Seit 2008 sind die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen um 66 Mt CO₂ oder 26,2 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt). Diejenigen durch die Nutzung von Brennstoffen sanken gegen-

über 2008 um 25,8 Prozent, was vor allem auf den Verbrauchsrückgang von Mineralölprodukten (329 PJ oder 35 Prozent) und Kohle (38 PJ oder 55,1 Prozent) in den Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser zurückzuführen ist. Diejenigen gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, die auf der Nutzung von Strom basieren, konnten um 27 Prozent reduziert werden. Dies beruhte einerseits auf der Verbrauchsminderung von Strom (61 PJ bzw. 17,1 TWh oder 14,1 Pro-

Abbildung 46: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 05/2020

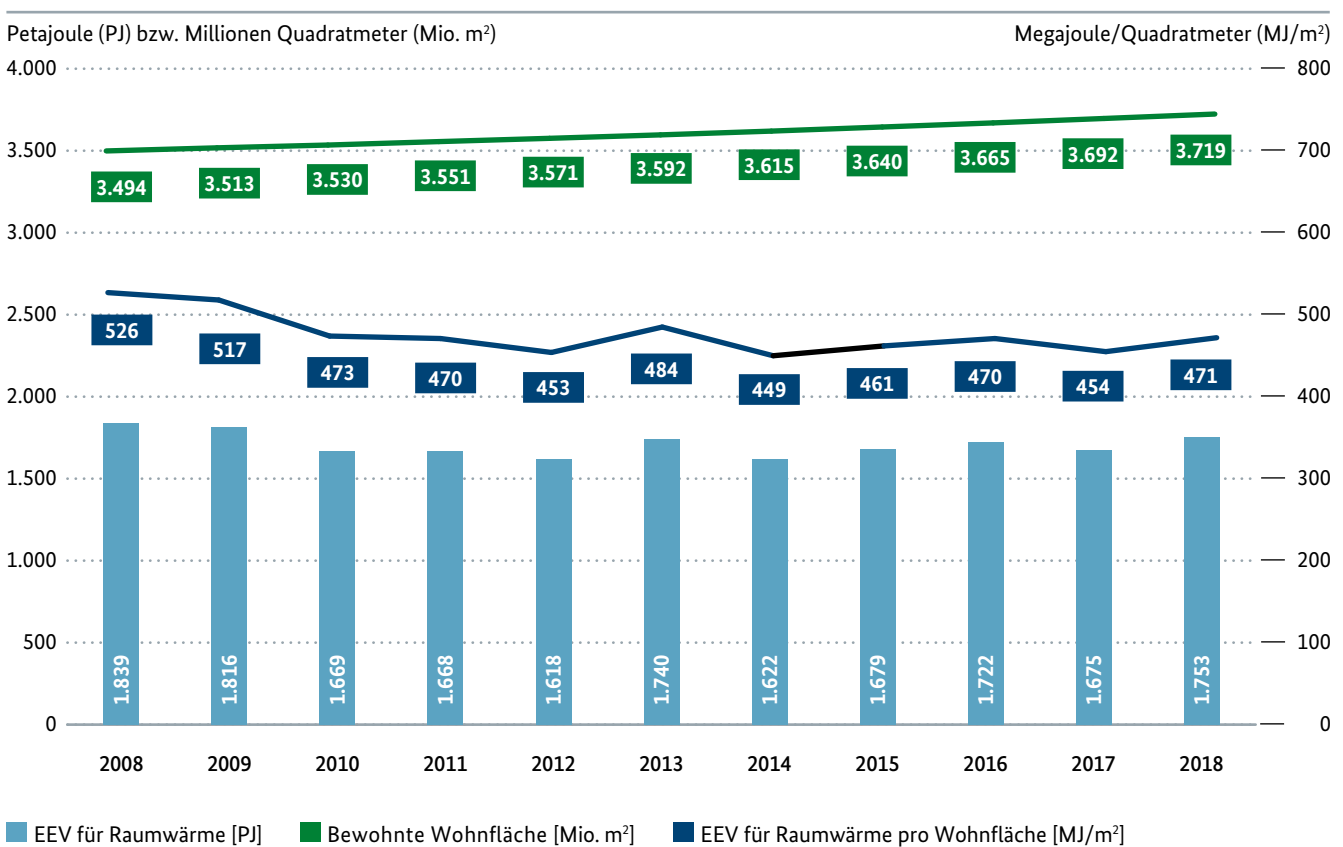
zent) und andererseits auf den CO₂-Einsparungen des Umwandlungssektors bei der Stromerzeugung, wo der durchschnittliche Emissions-

faktor des Inlandsstromverbrauches gegenüber 2008 um 90 Gramm pro Kilowattstunde oder 15 Prozent gesenkt wurde (UBA 2020e).

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

Die Endenergieintensität für Raumwärme (Raumwärme pro Wohnfläche) im Sektor private Haushalte ist im Zeitraum von 2008 bis 2018 witterungsbereinigt um 10,4 Prozent gesunken.

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



* Witterungsbereinigung der AGEb nach DIW mit Gradtagszahlen nach DWD für 1990 – 2018

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Projekt Temperaturbereinigung, Stand 05/2020; BMWi, Energiedaten, 03/2020

Die Endenergieintensität gemessen an der Raumwärme pro Quadratmeter ist im Betrachtungszeitraum 2008 bis 2018 witterungsbereinigt¹⁷ um 10,4 Prozent auf 471 MJ/m² (bzw. 131 kWh/m²) gesunken. Dies spiegelt Effizienzverbesserungen in diesem Bereich wider, zumal die Wohnfläche im selben Zeitraum um 224 Millionen m² oder 6,4 Prozent zunahm. Absolut ging der witterungs-

bereinigte EEV für Raumwärme dabei um 86 PJ (bzw. 24 TWh) oder 4,7 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 stärkeren Senkung des EEV für Raumwärme entgegen.

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

4. Wirtschaftliche Impulse und Umwelteffekte

4.1 Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz

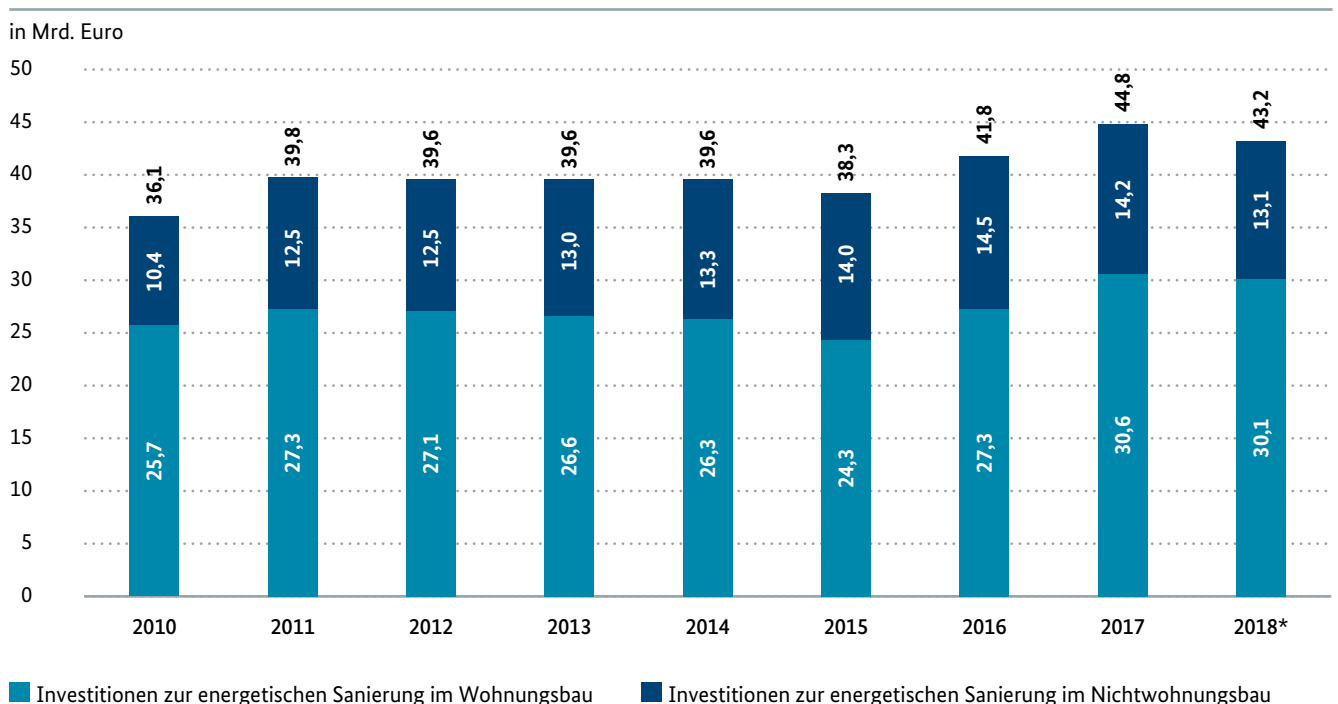
Von Energieeffizienzmaßnahmen gehen erhebliche gesamtwirtschaftliche Impulse aus. Sie führen in Deutschland insbesondere zu neuen Investitionen in den einzelnen Nachfragesektoren und schaffen so Wertschöpfung und Beschäftigung. Die Internationale Energieagentur betont die Notwendigkeit einer signifikanten Erhöhung der Energieeffizienz-Investitionen, um den zukünftigen Energiebedarf zu senken und Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Die weltweiten Investitionen in Energieeffizienz stagnierten jedoch zuletzt. Im Jahr 2019 lagen sie mit 250 Milliarden US-Dollar für die Sektoren Gebäude, Ver-

kehr und Energie zusammen auf dem gleichen Niveau wie 2018. Für 2020 rechnet die Internationale Energieagentur aufgrund der Corona-Krise mit einem deutlichen Rückgang um mehr als 12 Prozent (IEA 2020).

Eine vollständige Abbildung der wirtschaftlichen Bedeutung der Energieeffizienz ist – wie auch in anderen Bereichen – schwierig, da detaillierte Daten zu Investitionen oftmals nur eingeschränkt vorliegen.¹⁸

Um makroökonomische Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in Deutschland quantifizieren zu können, werden hier deshalb wie in den vorherigen Ausgaben der Broschüre

Abbildung 48: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand im Zeitraum 2010 bis 2018 in Mrd. EUR



* 2018 vorläufig; abweichende Summen durch Rundung

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

18 Zur Methodik sowie zu Einschränkungen in der empirischen Basis siehe Blazejczak u. a. 2019.

Tabelle 6: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 in Mrd. EUR

	Investitionen zur energetischen Sanierung im 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	44,8	0,97
2018	43,2	k. A.

* 2018 vorläufig

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung und Berechnungen des DIW Berlin sowie Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 08/2019; Investitionen zu Herstellungskosten, zu jeweiligen Preisen; k. A.: keine Angabe.

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 u. a. 2019, 2020).

Die Investitionen zur energetischen Gebäudesanierung beliefen sich ab dem Jahr 2010 auf rund 40 Milliarden Euro jährlich. Nachdem sie im Jahr 2017 auf knapp 45 Milliarden Euro stiegen, werden sie für das Jahr 2018 auf 43 Milliarden Euro geschätzt. Davon entfallen rund 70 Prozent auf den Wohnungsbau und etwa 30 Prozent 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 erfasst.¹⁹ Die Berechnungen basieren auf Daten der Bauvolumensrechnung des DIW Berlin (Gornig u. a. 2019).

Zusätzlich können auf Basis von Erhebungen des Statistischen Bundesamtes die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe für den Zeitraum 2006 bis 2017 angegeben werden (Destatis 2019).²⁰ In den Jahren seit 2012 schwankten diese Investitionen zwischen rund 930 Millionen und gut 1 Milliarde Euro. Im Jahr 2017 lagen sie bei 972 Millionen Euro.

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

20 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.

4.2 Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

Die getätigten Investitionen sind in Deutschland mit nennenswerten positiven Beschäftigungswirkungen verbunden. Dabei spiegeln sich die bei den Investitionen in Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz beobachteten Größenverhältnisse in den Beschäftigungswirkungen wider (Blazejczak u. a. 2019, 2020).

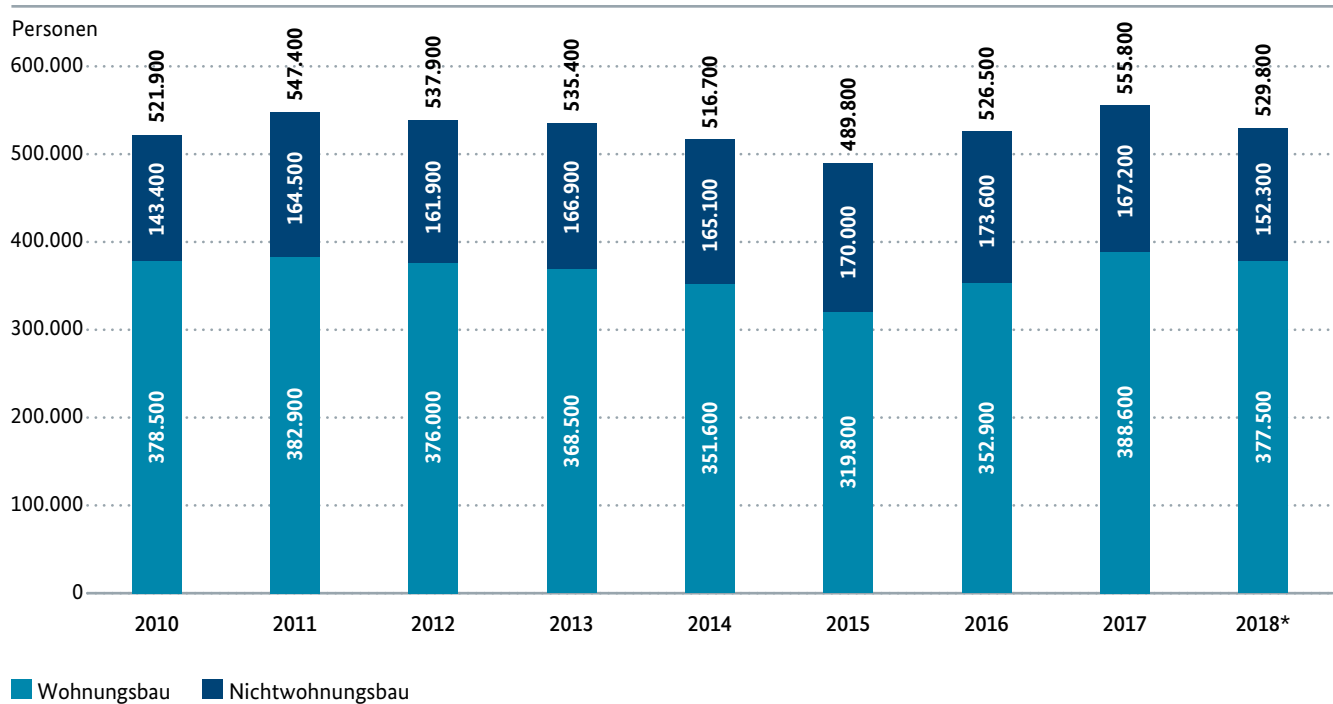
Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung schwankt im Zeitraum 2010 bis 2018 zwischen 490.000 und knapp 560.000 Personen.²¹ Im Jahr 2018 liegt sie bei rund 530.000 Personen. Von diesen entfallen gut 70 Prozent auf den Wohnungsbau (377.500 Personen) und knapp 30 Prozent auf den Nichtwohnungsbau (152.300 Personen). Die Werte umfassen neben der direkten Beschäftigung auch die indirekte Beschäfti-

gung in den unterschiedlichsten Stufen der vorgelagerten Produktionsbereiche, beispielsweise für die Produktion von Dämmmaterial oder von Beschlägen für Fenster und Türen, die im Rahmen einer energetischen Sanierung erneuert werden. Der Anteil der indirekten Beschäftigung an der insgesamt induzierten Beschäftigung beträgt im Jahr 2018 rund 38 Prozent. Dies unterstreicht, dass die Berücksichtigung der indirekten Effekte ein umfassenderes Bild von der ökonomischen Bedeutung der energetischen Sanierung ermöglicht. Auf die Bauwirtschaft entfallen knapp 300.000 Beschäftigte, das sind rund 12 Prozent der dort arbeitenden Personen.²²

Die Beschäftigung, die durch die Energieeffizienzinvestitionen im produzierenden Gewerbe ausgelöst wird, stieg im Zeitraum 2006 bis 2017 von 1.400 Personen auf 8.400 Personen. Diese Werte enthalten ebenfalls neben der direkten Beschäftigung die indirekte Beschäftigung. Der Anteil der indirekten Beschäftigung betrug im Jahr 2017 rund 45 Prozent.

- 21 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.
- 22 Die Beschäftigung wird mit einem nachfrageorientierten Schätzansatz ermittelt. Dabei bildet die Nachfrage nach Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz den Ausgangspunkt des Vorgehens. Zur Methode vgl. Blazejczak u. a. 2019.

Abbildung 49: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand im Zeitraum 2010 bis 2018



* 2018 vorläufig

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 2018 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	35.250
2016	526.500	9.100	35.050
2017	555.800	8.400	35.640
2018	529.800	k.A.	36.480

* 2018 vorläufig

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 08/2019; Berechnungen des DIW Berlin; k.A.: keine Angabe.

Energieeffizienzdienstleistungen – d.h. Dienstleistungen, die im Zusammenhang mit Maßnahmen stehen, die auf Verbesserungen der Energieeffizienz zielen – umfassen ein breites Spektrum von Aktivitäten entlang aller Umsetzungsstufen von Energieeffizienzprojekten, die von einer Vielzahl von wirtschaftlichen Akteuren in vielen verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft erbracht werden (Sprenger u. a. 2002, S. A – 36 f.,

und BfEE 2017, S. 2). Oft stellen Energieeffizienzdienstleistungen dabei nur eine Teilaktivität der Anbieter dar. Im Jahr 2018 waren in den wichtigsten Geschäftsfeldern mit Energieeffizienzdienstleistungen in Vollzeitäquivalente umgerechnet rund 36.500 Personen beschäftigt.^{23 24} Allein auf das Energie-Contracting entfielen dabei etwa 25.500 Beschäftigte.

Tabelle 8: Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen im Zeitraum 2015 bis 2018

Geschäftsfeld	Beschäftigte 2015	Beschäftigte 2016	Beschäftigte 2017	Beschäftigte 2018
Information	1.600	1.400	1.500	2.100
Energieberatung*	5.050	5.000	4.500	4.370
Energie-Contracting	24.000	24.000	25.000	25.500
Energiemanagement**	4.600	4.650	4.640	4.510
Zusammen	35.250	35.050	35.640	36.480

Alle Werte in Vollzeitäquivalenten.

* 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 den übrigen Jahren nicht eingerechnet sind.

** Energiemanagement in weiterer Abgrenzung; siehe BfEE 2020, S. 70 ff.

Quelle: BfEE und Berechnungen des DIW Berlin

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 energieeffizienzrelevante Bereiche umgelegt werden. Statistisch lassen sich diese Nettobeschäftigungswirkungen nicht ermitteln.²⁵

23 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, 2019 und 2020).

24 Eine Reihe von Institutionen erbringt Energieeffizienzdienstleistungen auch unentgeltlich. 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 36.480 Beschäftigten (VZÄ) müssen daher als Untergrenze für die Beschäftigung mit Energieeffizienzdienstleistungen angesehen werden.

25 Die Schätzung dieser Effekte erfordert Szenarienanalysen, die eine Entwicklung mit Energieeffizienzmaßnahmen einer hypothetischen Entwicklung ohne Energieeffizienzmaßnahmen gegenüberstellen (kontrafaktisches Szenario). Die Differenz zwischen der 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 u. a. (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.

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, erfassen aber nur einen Teil der damit verbundenen wirtschaftlichen Aktivitäten. Umsatz und Produktion von Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz bilden wichtige Ergänzungen hierzu. Als Umsatzindikator dient die zum Absatz bestimmte Produktion von Gütern, die zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen können.²⁶

Die Umsätze mit Gütern, die der Steigerung der Energieeffizienz dienen können, betragen im Jahr 2018 21,8 Milliarden Euro. Der leichte Rückgang der Produktion von 21 Milliarden Euro auf 19,9 Milliarden Euro, der zwischen 2012 und 2015 zu verzeichnen war, konnte in den letzten Jahren wieder ausgeglichen werden. Der Umsatzanteil der Güter, die der Energieeffizienz dienen können, an der gesamten industriellen Produktion lag über die Jahre relativ konstant bei 1,5 Prozent.

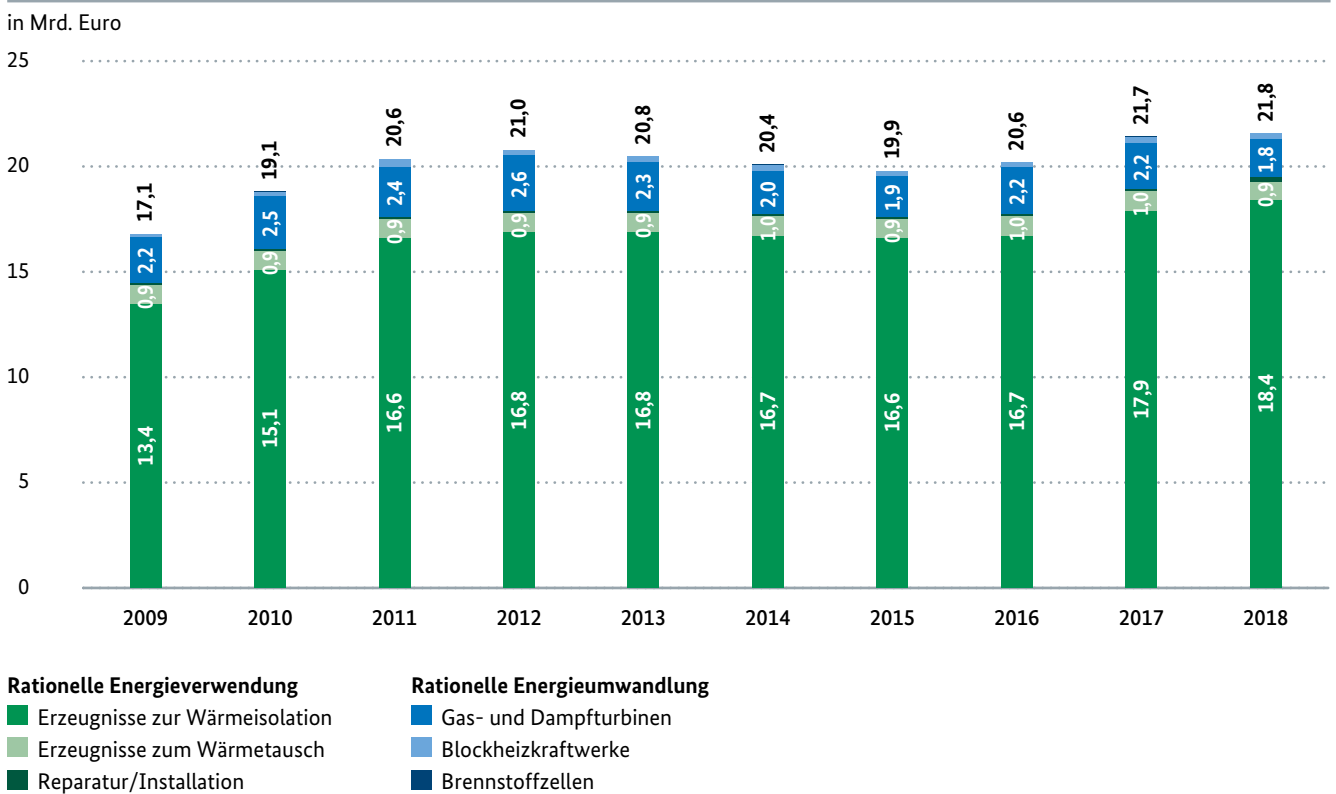
Der weit überwiegende Teil der Produktion von Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz entfällt auf das Teilsegment der rationellen Energieverwendung mit knapp 20 Milliarden Euro, bei dem es sich im Wesentlichen um Güter handelt, die zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden beitragen (18,4 Milliarden Euro). Zu den hier erfassten Gütern zählen Fenster, insbesondere Wärmeschutzverglasung, Türen oder Dämmmaterialien in unterschiedlicher Form und aus unterschiedlichen Stoffen. Zur rationellen Energieverwendung werden ebenfalls energieeffiziente Anlagen gezählt, die zum Wärmetausch dienen, sowie industrielle Reparatur- und Installationsleistungen. Diese spielen jedoch mit 861 Millionen bzw. 203 Millionen Euro eine eher geringe Rolle.

Das Teilsegment der rationellen Energieumwandlung wird maßgeblich geprägt durch Umsätze mit Gas- und Dampfturbinen, auf die im Jahr 2018 allein 1,8 Milliarden der insgesamt lediglich rund 2,1 Milliarden Euro dieses Teilsegments entfielen. Umsätze mit Blockheizkraft- und Brennstoffzellentechnologie (281 Millionen bzw. 22 Millionen Euro) spielen im Vergleich eine sehr geringe Rolle.²⁷ In Abbildung 50 wird deutlich, dass Umsätze mit Gütern zur rationellen Energieverwendung eine weitaus größere Bedeutung haben.

26 Die Ermittlung der Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz basiert auf einem angebotsorientierten bzw. güterwirtschaftlichen Ansatz. Als Indikator dient der Wert der zum Absatz bestimmten Produktion ausgewählter Güter, wie er in der Produktionsstatistik ausgewiesen wird. Als Nachteil des güterwirtschaftlichen Ansatzes wird in der Regel die Dual-use-Problematik der ausgewählten Güter angesehen, die neben der Steigerung der Energieeffizienz gegebenenfalls auch für andere, nicht dem Klimaschutz dienende Zwecke verwendet werden können. Zur Methode s. Blazejczak u. a. (2019) oder Gehrke, Schasse und Leidmann (2013).

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

Abbildung 50: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 in Mrd. EUR



Quelle: Destatis, Produktionsstatistik. Berechnungen des CWS; Summen einschließlich wegen Geheimhaltung nicht zurechenbarer Umsätze

Auch die oben betrachteten Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz führen zu Umsätzen in erheblichem Umfang. Die Umsätze für die energetische Gebäudesanierung liegen im Zeitraum 2010 bis 2016 bei jährlich rund 70 Milliarden Euro. Nachdem sie im Jahr 2017 auf 76 Milliarden Euro gestiegen sind, liegen sie im Jahr 2018 bei 72 Milliarden Euro. Sie liegen deut-

lich 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 2017 bei 1,4 Milliarden Euro liegen.²⁸

28 Damit die Werte in Tabelle 9 addierbar sind, werden zur Vermeidung von Doppelzählungen die Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz (im Gegensatz zur Darstellung in Abbildung 50) ohne die Umsätze mit Gütern zur Wärmeisolation ausgewiesen.

Tabelle 9: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum 2006 bis 2018 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
2006	k. A.	0,20	k. A.
2007	k. A.	0,54	k. A.
2008	k. A.	0,78	k. A.
2009	k. A.	0,86	3,65
2010	62,89	0,97	4,01
2011	70,02	0,96	4,05
2012	68,52	1,35	4,20
2013	68,32	1,37	3,91
2014	67,64	1,22	3,68
2015	65,36	1,36	3,35
2016	71,32	1,48	3,88
2017	76,38	1,36	3,85
2018	71,83	k. A.	3,45

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Blazejczak u. a. (2020), Berechnungen des DIW, Berlin und CWS, Hannover; k. A.: keine Angabe

Mit Energieeffizienzdienstleistungen, die kommerziell über den Markt angeboten werden, wurden in den Jahren 2015 bis 2018 jeweils um die 9 Milliarden Euro umgesetzt. Den größten Anteil daran hat das Energie-Contracting mit mehr als 90 Prozent dieser Umsätze.²⁹ Weitere Geschäftsfelder sind höherschwellige Energieberatungen, Energiemanagementdienstleistungen

und Informationsdienstleistungen. Die Umsatzentwicklung der letzten Jahre war nicht sehr dynamisch, was nach den Analysen der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE 2020) nicht so sehr auf ein unzureichendes Angebot zurückgeht, sondern vielmehr auf eine zögerliche Nutzung dieses Angebots.

Tabelle 10: Umsätze mit kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen 2015 bis 2018 in Mio. Euro

Geschäftsfeld	2015	2016	2017	2018
Information	150	140	150	190
Energieberatung	500	820	390	380
Energie-Contracting	7.800	7.700	7.900	8.200
Energie-Management	200	440	470	460
Zusammen	8.650	9.100	8.910	9.230

Quelle: Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)

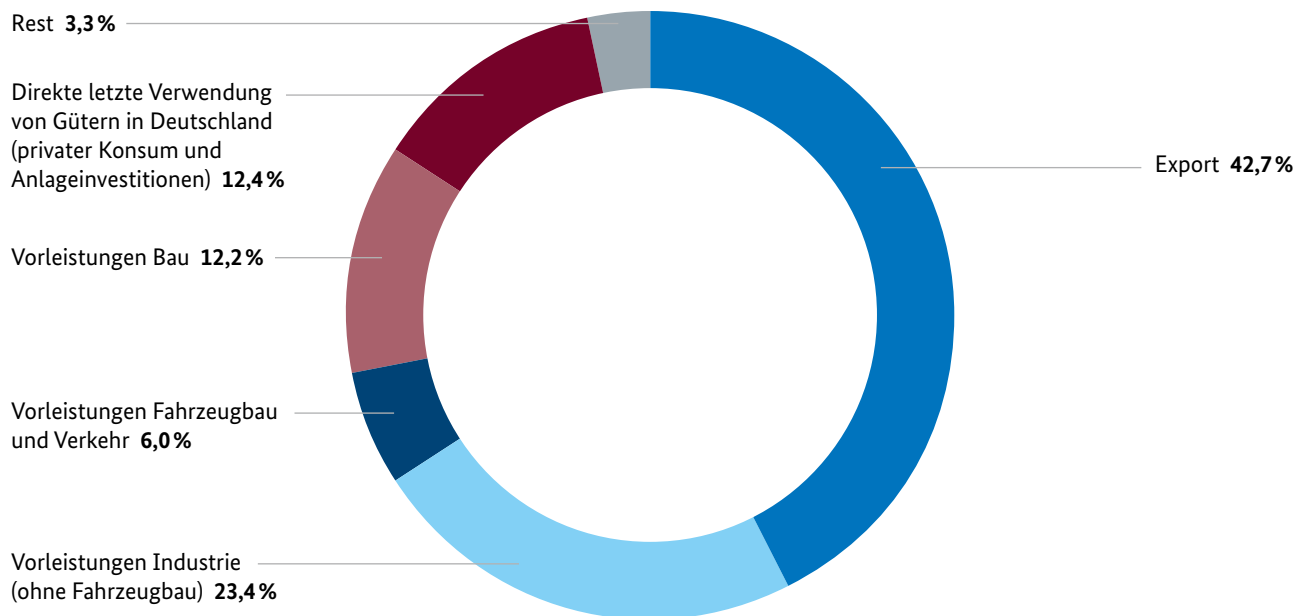
29 Dabei ist zu beachten, dass diese Umsätze auch die Kosten der gelieferten Energie enthalten.

4.4 Sektorale Verwendung von Energieeffizienzgütern

Energieeffizienzgüter werden nur zu einem geringen Teil direkt von privaten Haushalten oder als Anlageinvestitionen von Unternehmen in Deutschland verwendet (12,4 Prozent). Zu einem großen Teil gehen sie als Vorleistungen an andere Unternehmen, die damit weitere Güter und Leistungen produzieren. Hierzu gehören Vorleistungsgüter für die Herstellung von Industriegütern (23 Prozent ohne Fahrzeugbau), Bauleistungen (12 Prozent) und von Gütern und Dienstleistungen für den Verkehr (6 Prozent einschließlich Fahrzeugbau).

Ganze 43 Prozent der Energieeffizienzgüter werden exportiert, die mit ihnen verbundenen Klimaschutz-Wirkungen fallen also im Ausland an. Hierbei gibt es große Unterschiede hinsichtlich der Verwendungsstruktur der Güter. Während ganze 61 Prozent der Güter zur rationellen Energieumwandlung, zu denen beispielsweise großtechnische Gas- und Dampfturbinen zählen, in den Export fließen, sind Güter zur rationellen Energieverwendung stärker auf Vorleistungen, insbesondere für die Erbringung von Bauleistungen und den Konsum privater Haushalte, ausgerichtet. Der Anteil der Exporte liegt hier im Durchschnitt bei 41 Prozent.

Abbildung 51: Verwendung von Energieeffizienzgütern 2017: Verteilung der Umsätze nach Produktionsbereichen bzw. letzter Verwendung in Prozent



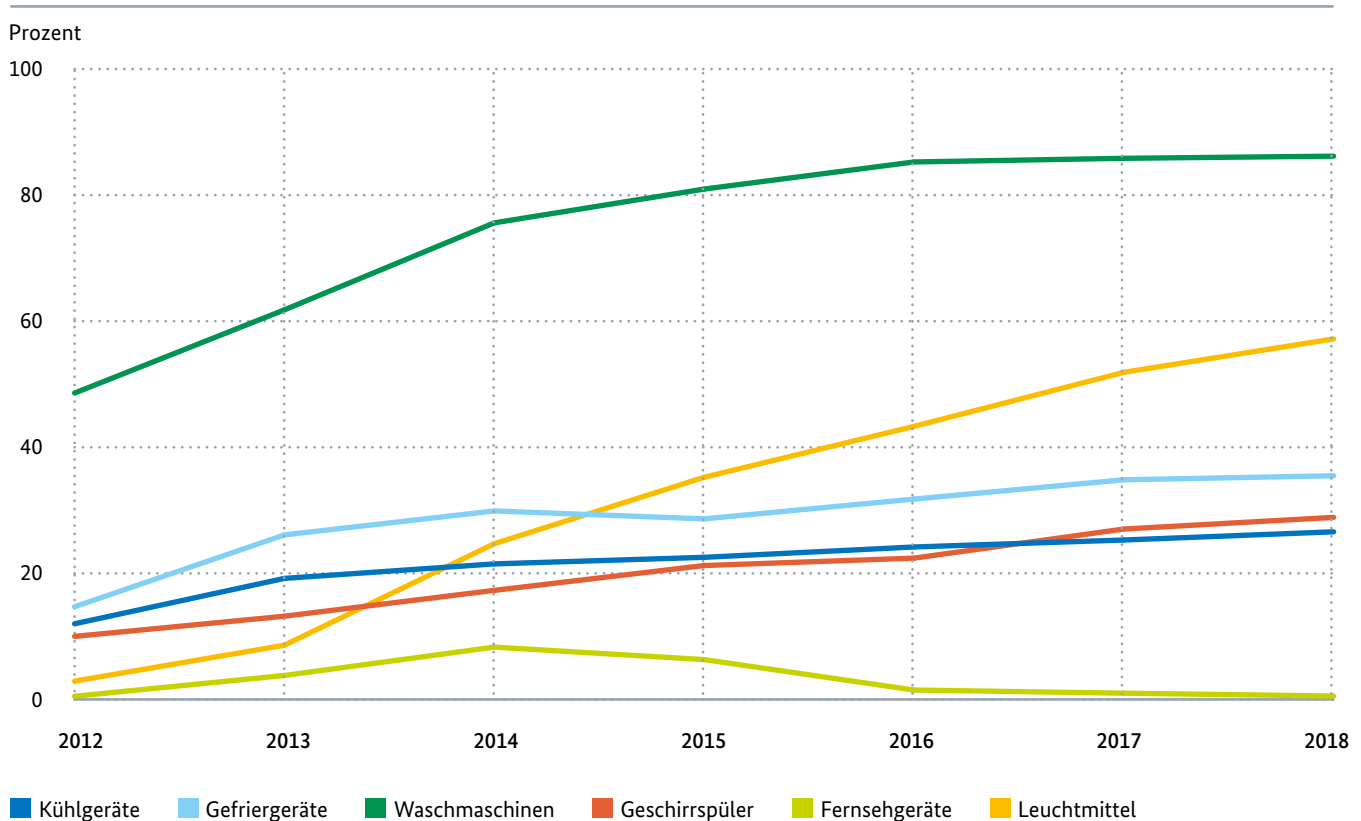
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Statistisches Bundesamt (2019a, b) Input-Output-Rechnungen und Produktionsstatistik – Berechnungen und Schätzungen des CWS

4.5 Marktanteile energieeffizienter Güter

Private Haushalte können durch die Nutzung energieeffizienter Güter, wie beispielsweise Gefriergeräte oder Waschmaschinen, zur Reduzierung ihres Energieverbrauchs beitragen. In der amtlichen Produktionsstatistik ist eine Abgrenzung energieeffizienter Produkte von entsprechenden Standardprodukten, die zwar die gleiche Funktion haben, diese aber in signifikantem Maß weniger energieeffizient erfüllen, nicht

möglich. Deshalb müssen alternative, nachfrage-seitige Zugänge außerhalb der amtlichen Statistik gesucht werden, wie z. B. Konsumentenbefragungen zu nachhaltigem Konsum. Häufig werden Energieverbrauchskennzeichnungen (z. B. für Haushaltsgeräte, Heizungen, mittlerweile auch Kraftfahrzeuge) zur Klassifizierung energieeffizienter Güter verwendet. Der Marktanteil von Gütern der höchsten Effizienzklassen dient als Indikator für die ökonomische Bedeutung energieeffizienter Güter.³⁰

Abbildung 52: Marktanteile von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Statistisches Bundesamt (2018)

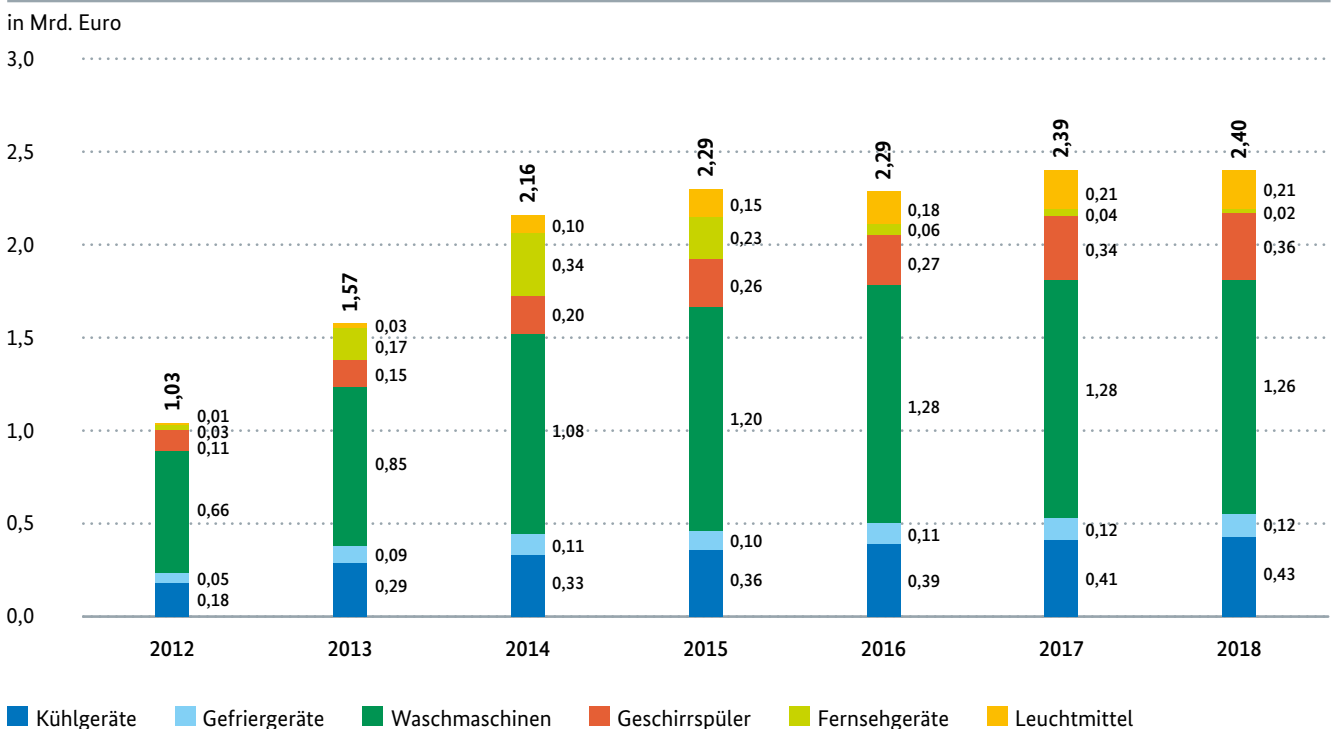
³⁰ Energieeffiziente Haushaltsgeräte und Leuchtmittel finden sich neben anderen Produkten auch im Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamtes unter dem Indikator „Marktanteil von Produkten mit staatlichen Umweltzeichen“, der den Marktanteil von Produkten mit freiwilligen oder verpflichtenden Umweltzeichen, deren Vergabegrundlagen von staatlichen Organen festgelegt werden, misst (Statistisches Bundesamt, 2018).

Für die unterschiedlichen Produkte zeigen sich sehr große Unterschiede hinsichtlich der Marktdurchdringung. Beispielsweise hatten Waschmaschinen mit der höchsten Effizienzklasse zuletzt einen Marktanteil von 86 Prozent. Bei Elektroherden und Backöfen hatte die höchste Effizienzklasse hingegen lediglich einen Anteil von unter 1 Prozent.³¹ Durch die in der Ökodesign-Richtlinie festgelegten Mindestanforderungen an neue Geräte sowie durch die Klassifizierung besonders energieeffizienter Geräte durch die Energieverbrauchskennzeichnung wird der Innovationsdruck in Richtung energieeffizientere

Geräte verstärkt. Die Marktanteile energieeffizienter Fernsehgeräte sind hingegen seit 2014 signifikant gesunken.

Die Umsätze mit den hier abgebildeten Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse sind zwischen 2012 und 2015 von 1 auf 2,3 Milliarden Euro angestiegen. Seitdem ist jedoch keine nennenswerte Entwicklung mehr zu verzeichnen. Die Umsätze mit energieeffizienten Fernsehgeräten sind deutlich gesunken.³²

Abbildung 53: Umsatz von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2018 in Mrd. Euro



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) 2012/2013/2014/2015/2016/2017/2018, Nürnberg

31 <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-umweltfreundlicher-konsum#wie-ist-die-entwicklung-zu-bewerten>

32 Hierbei ist zu beachten, dass sich die Umsätze aus der inländischen Produktion sowie den Importen zusammensetzen. Dieser Indikator erlaubt daher keine Aussage über die Entwicklung des Angebots der inländischen Wirtschaft hinsichtlich der energieeffizienten Produkte.

4.6 Importe und Rohstoffpreise 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. 2018 hat Deutschland netto 9.253 PJ und damit 70,6 Prozent des Primärenergieverbrauchs importiert.³³ Bei den fossilen Energieträgern lag die Nettoimportquote bei bis zu 100 Prozent.

Tabelle 11: Primärenergieimporte 2018

	Nettoimport	Nettoimportquote	Primärenergieverbrauch	Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch	Bruttostromerzeugung	Anteil an gesamter Bruttostromerzeugung
	[PJ]	[%]	[PJ]	[%]	[TWh]	[%]
Steinkohle	1.262	91,3 %	1.383	10,5 %	83	12,8 %
Uran	829	100,0 %	829	6,3 %	76	11,8 %
Erdgas	2.961	95,8 %	3.091	23,5 %	82	12,8 %
Mineralöl	4.397	98,8 %	4.452	33,9 %	5	0,8 %
Summe	9.449	96,9 %	9.754	74,3 %	246	38,3 %

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020

Vermiedene Energieimporte im Zuge höherer Energieeffizienz 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 umrüsten, schützen sie das Klima und können langfristig Energiekosten sparen und mögliche wirtschaftliche Unsicherheiten, die von schwankenden Öl- und Gaspreisen ausgehen, reduzieren (BMU 2018). Es ist davon auszugehen, dass die Einsparungen bei Energieimporten die bestehenden

Überschüsse der Handels- und Leistungsbilanz Deutschlands nicht wesentlich verstärkt haben.

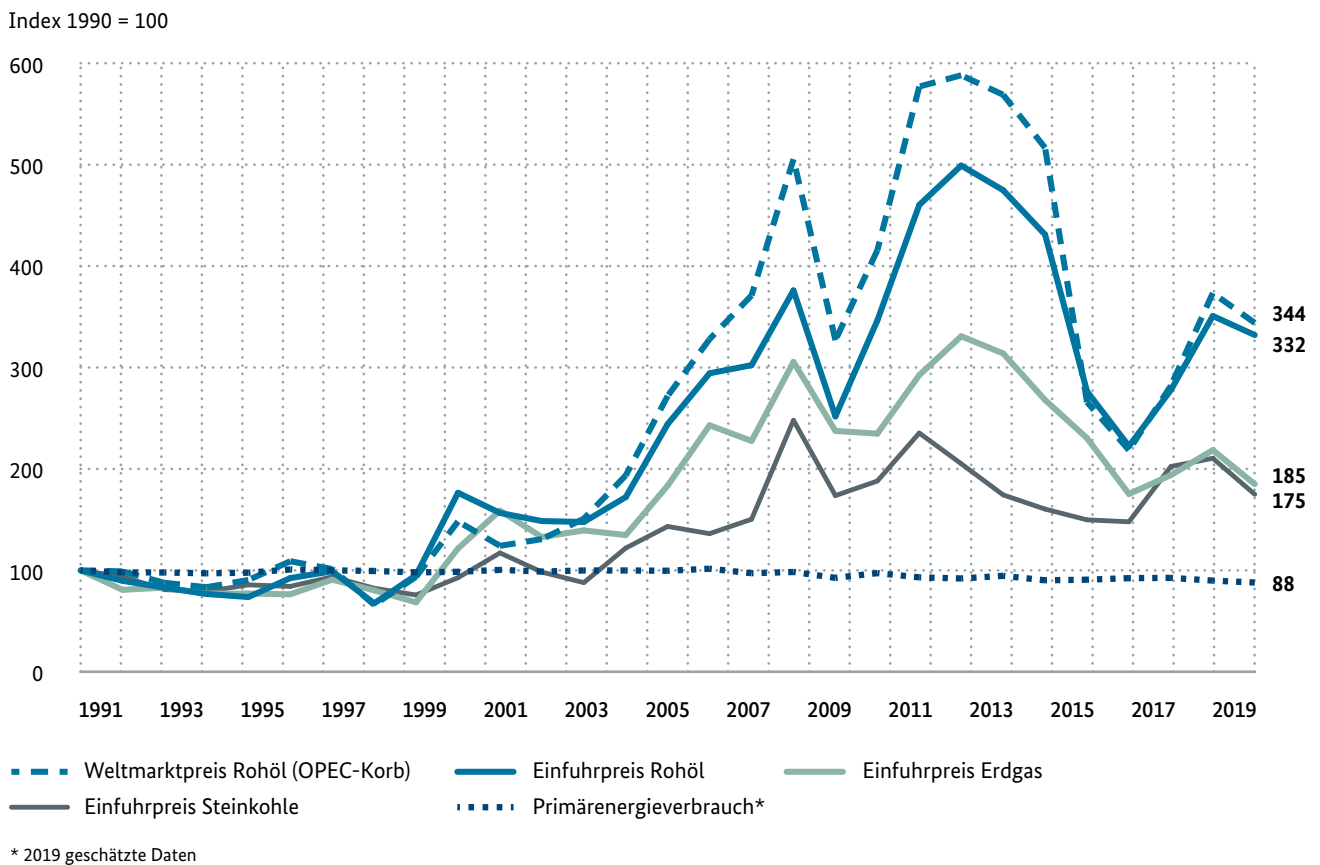
Die Sicherstellung der Versorgungssicherheit ist eines der zentralen Ziele der angestrebten Europäischen Energieunion.³⁴ Energieeffizienz stärkt langfristig die Versorgungssicherheit in Europa und kann auch kurzfristig zur Reduzierung des täglichen Spitzenlastbedarfs und damit zur Flexibilisierung der Energiesysteme beitragen.

Die Versorgungssicherheit wird anhand verschiedener Indikatoren gemessen. Je höher der Wert liegt, desto höher ist die Versorgungssicherheit.

33 Die Nettoimporte ergeben sich aus der Differenz von Einfuhren abzüglich Ausfuhren. Im Jahr 2018 waren neben der in Tabelle 11 dargestellten Nettoimporte weitere geringe bei erneuerbaren Energien (10 PJ) sowie Nettoexporte von Strom (175 PJ oder 48,7 TWh) und Braunkohle (30 PJ) zu verbuchen.

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

Abbildung 54: Entwicklung von Rohstoffpreisen und Primärenergieverbrauch



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, Stand 04/2020, Primärenergieverbrauch 2019, Stand 03/2020; BMWi, Energiedaten, Stand 03/2020

Die meisten EU-Mitgliedsstaaten zeichnen sich durch eine hohe Versorgungssicherheit aus. Für Gas liegt der deutsche Indikator zum Beispiel bei 180 Prozent, der britische bei 110 Prozent und Frankreichs Indikator bei 130 Prozent (Europäische Kommission 2014). Die gute Versorgungssicherheit ist zu einem großen Teil auf Effizienzgewinne zurückzuführen. Wenn es seit dem Jahr 2000 keine Verbesserung der Energieeffizienz in den drei größten europäischen Gasversorgungsunternehmen gegeben hätte, läge der deutsche N-1-Indikator bei nur 128 Prozent (ENTSO 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 2020c). 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).

4.7 Vermiedene Emissionen und Umweltschäden

Für Deutschland werden infolge der Wetterveränderungen in vielen Lebensbereichen Auswirkungen beobachtet. Im Bereich menschlicher Gesundheit führen anhaltende Warmwetterperioden zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen bis hin zu hitzebedingten Todesfällen. Sie belasten vor allem ältere Personen und Kleinkinder (UBA 2019a). Im Jahr 2018 verursachten Hitze und Trockenheit in der Landwirtschaft Schäden in Höhe von 700 Millionen Euro. Jahres- und Vegetationszeiten verschieben sich – so stieg die Dauer der Vegetationsperiode von 222 Tagen (1951 – 1981) auf 232 Tage (1988 – 2017) (UBA 2019a). Tier- und Pflanzenarten aus wärmeren Erdregionen breiten sich aus, darunter zum Beispiel die Sardine oder die Sardelle in der Nordsee oder die Asiatische Tigermücke an Land. Diese kann bislang in Deutschland nicht auftretende Krankheiten wie Chikungaya- oder Dengue-Fieber verbreiten (UBA 2019a). Die Folgen der Erderwärmung treffen auch die Wirtschaft, denn diese ist abhängig von funktionierenden Straßen, Häfen oder Wasserwegen. Diese Infrastrukturen werden vor allem durch extreme Wetterereignisse wie Stürme und Starkregen geschädigt. Im Jahr 2018 entstanden so zum Beispiel an Häusern, Kraftfahrzeugen, Hausrat, Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft Versicherungsschäden in Höhe von etwa 3,1 Milliarden Euro. Laut Versicherungswirtschaft gehörte 2018 zu den vier schwersten Sturmjahren der letzten 20 Jahre (GDV 2019).

Treibhausgasemissionen gehen häufig mit der Emission anderer Partikel, wie zum Beispiel

Stickstoffdioxiden (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, sodass von außen zugeführte NO -Mengen in die Regulationsmechanismen des Körpers eingreifen und diese stören können (UBA 2013).

Durch Effizienzsteigerungen sowohl im Energiesektor als auch in den Verbrauchssektoren können Emissionen verhindert und dadurch Umweltschäden verringert werden. Die weltweiten Folgen des Klimawandels für Umwelt und Mensch werden von Experten prognostiziert und in Geldeinheiten ausgedrückt.³⁵ In Deutschland hat das Umweltbundesamt die Methodenkonvention zur Ermittlung von Umweltkosten (UBA 2018, UBA 2019b) veröffentlicht, in der unter anderem die Klimakosten beziffert werden. Diese betragen für Emissionen im Jahr 2020 195 Euro pro Tonne CO_2 -Äquivalent.³⁶

35 Die neueren Ergebnisse zeigen, dass die Klimakosten im Trend steigen. So hat bspw. der Weltklimarat IPCC in seinem 5. Sachstandsbericht einen Wert von 173,5 EUR/t CO_2 angegeben (bei zugrunde gelegter Zeitpräferenzrate von 1%; Umrechnung von USD 2014 in EUR 2016).

36 Berechnung auf Grundlage der Methodenkonvention 3.0 und inflationsbereinigt anhand des Konsumentenpreisindex des Statistischen Bundesamts. Dieser Wert ergibt sich bei einer zugrunde gelegten reinen Zeitpräferenzrate von 1%. Bei Ansatz einer reinen Zeitpräferenzrate von 0% ergibt sich ein Klimakostensatz von 680 EUR/t CO_2 .

Tabelle 12: Umwelt- und Klimakosten für 2020, in EUR-Cent pro kWh_{el} differenziert nach Energieträgern (inkl. Vorketten)

Stromerzeugung durch	Luftschadstoffe	Treibhausgase (195 €/tCO ₂ äq)	Umweltkosten gesamt (195 €/tCO ₂ äq)	Umweltkosten gesamt (Sensitivitätsrechnung mit 680 €/tCO ₂ äq)
Fossile Energien				
Braunkohle	2,05	20,63	22,69	73,66
Steinkohle	1,68	18,81	20,49	66,95
Erdgas	0,87	8,5	9,37	30,36
Öl	5,18	16,55	21,73	62,64
Erneuerbare Energien				
Wasserkraft	0,06	0,26	0,33	0,97
Windenergie*	0,11	0,2	0,3	0,69
Photovoltaik	0,43	1,35	1,78	5,10
Biomasse**	3,94	4,84	8,77	20,72

* Nach Erzeugungsanteilen gewichteter Durchschnittswert aus Onshore- und Offshore-Windenergie.

** Nach Erzeugungsanteilen gewichteter Durchschnittswert für Biomasse gasförmig, flüssig und fest.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der UBA-Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten (UBA 2018, UBA 2019b)

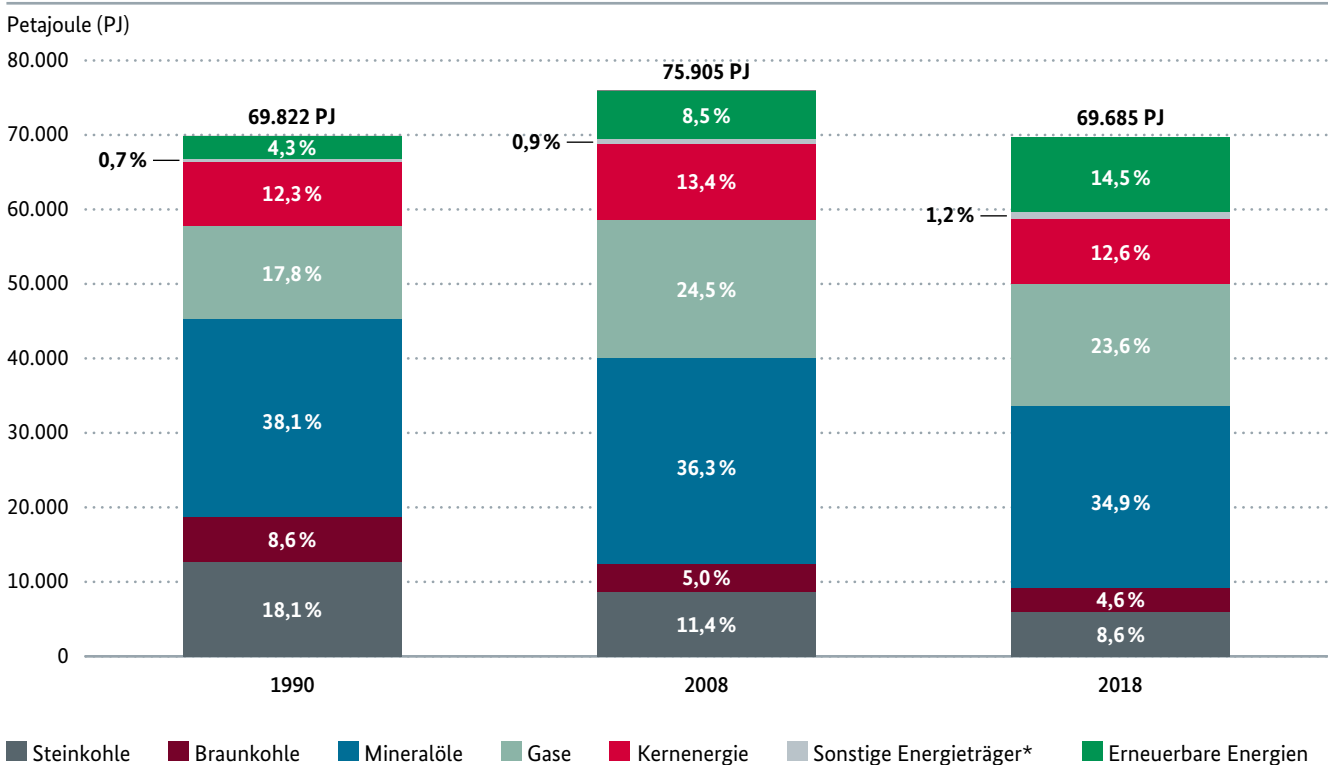
Die Höhe der Umweltkosten, die durch die Stromerzeugung mittels unterschiedlicher Energieträger verursacht werden, unterscheiden sich deutlich. So verursacht beispielsweise die Erzeu-

gung einer Kilowattstunde Strom einschließlich Vorketten mittels Photovoltaik Umweltkosten von 1,78 Eurocent, mittels Braunkohle dagegen 22,69 Eurocent.

5. Energieverbrauch und -produktivität in der Europäischen Union

Die EU-28 hat von 2008 bis 2018 den Primärenergieverbrauch (gemäß Bruttoinlandsverbrauch) um 6.220 PJ oder 8,2 Prozent reduziert und die Primärenergieproduktivität um 20,4 Prozent gesteigert. Im selben Zeitraum ging der Endenergieverbrauch um 2.194 PJ oder 4,7 Prozent zurück und die Endenergieproduktivität stieg um 16 Prozent.

Abbildung 55: Primärenergiemix in der Europäischen Union (EU-28) 1990, 2008 und 2018 (gemäß Bruttoinlandsverbrauch)



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

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DG Energie bzw. Eurostat, Länder-Datenblätter, Stand 06/2020; Eurostat, Bruttoinlandsverbrauch, Stand 05/2020

Der Primärenergieverbrauch³⁷ (PEV) der Europäischen Union (EU-28) ist zwischen 2008 und 2018 um 6.220 PJ oder 8,2 Prozent gesunken auf 69.685 PJ. Der Verbrauchsrückgang ist unter an-

derem auf den allgemeinen technischen Fortschritt und gezielte Energieeffizienzmaßnahmen auf nationaler und europäischer Ebene (bspw. Ökodesign-, Gebäude- und Energieeffizienz-

37 Die Ermittlung des PEV durch Eurostat unterscheidet sich methodisch vom Vorgehen der AGEB (bzgl. nicht energetischer Verbräuche). Dementsprechend unterscheidet sich der von Eurostat ausgewiesene PEV (gemäß Bruttoinlandsverbrauch) für Deutschland im Jahr 2018 (13.164 PJ) um 35 PJ gegenüber dem ermittelten PEV der AGEB (13.129 PJ). Bei der Ermittlung des EEV durch Eurostat führen zudem unterschiedliche Bilanzkreise, Heizwerte und Datenstände zu Abweichungen. Daher liegt der EEV Deutschlands der AGEB mit 8.963 PJ um 553 PJ über dem Wert von Eurostat (8.410 PJ).

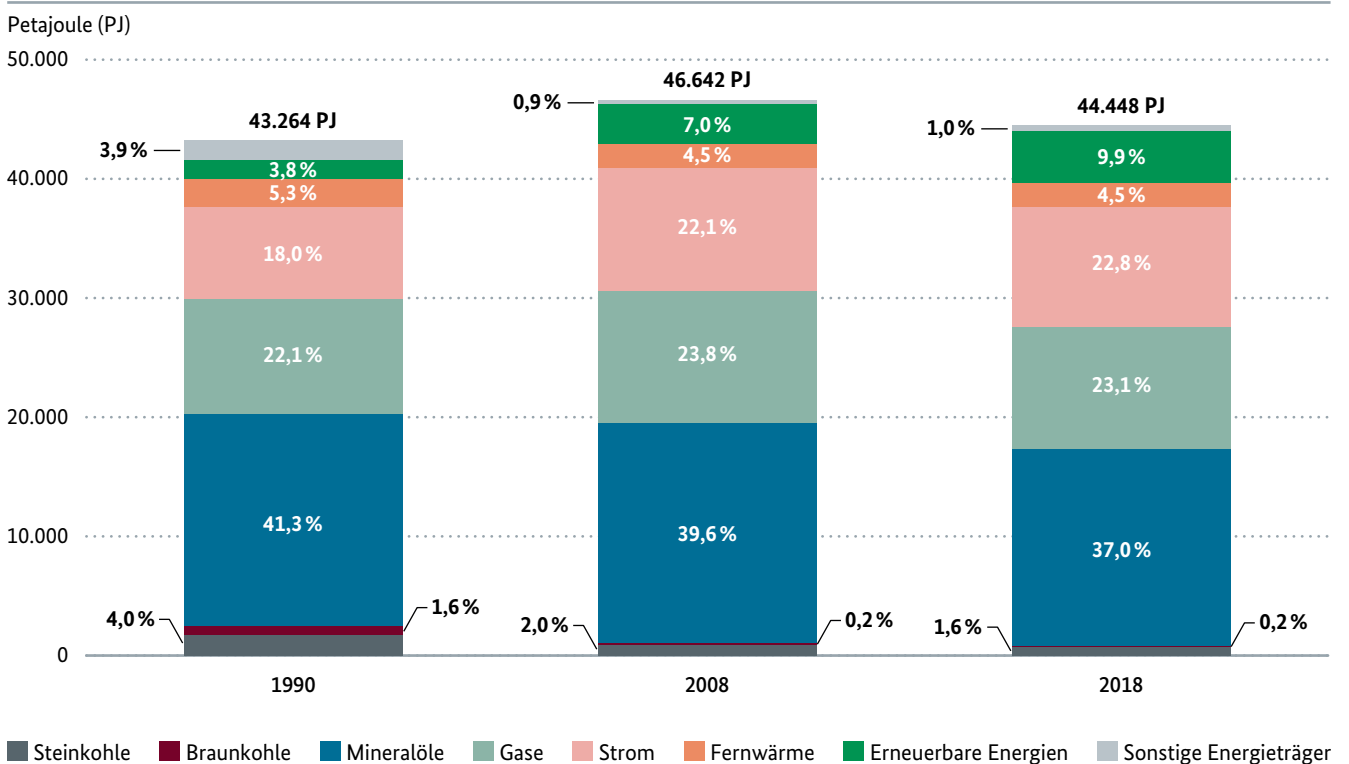
Richtlinie) zurückzuführen. Heutzutage wird weniger Primärenergie als in der Vergangenheit benötigt, um den gleichen wirtschaftlichen Ertrag zu realisieren. Im geringeren Umfang haben auch Effizienzgewinne im Umwandlungssektor zu Primärenergieeinsparungen beigetragen (Europäische Kommission 2019a).

Die wichtigsten Primärenergieträger der EU waren im Jahr 2018 mit einem Anteil von 34,9 Prozent Mineralöle (24.326 PJ), gefolgt von Gasen (23,6 Prozent bzw. 16.424 PJ). Erneuerbare Energien kamen 2018 auf einen Anteil von 14,5 Prozent (10.138 PJ) und lagen damit vor Kernenergie (12,6 Prozent bzw. 8.784 PJ), Steinkohle (8,6 Prozent bzw. 5.999 PJ) und Braunkohle (4,6 Prozent bzw. 3.197 PJ). Deutschland war im Jahr 2018 für 46,3 Prozent des europäischen Braunkohle-

verbrauchs verantwortlich, der bei der Stromerzeugung mit relativ hohen Umwandlungsverlusten verbunden ist. Die sonstigen Energieträger machten 1,2 Prozent (817 PJ) des PEV der EU aus.

Von 2008 bis 2018 stieg der PEV aus erneuerbaren Energien in der EU-28 um 3.660 PJ (56,5 Prozent). Derweil reduzierte sich die Nachfrage nach fossilen Primärenergieträgern in der EU: Mineralöl 3.254 PJ (11,8 Prozent), Steinkohle 2.675 PJ (30,8 Prozent), Gase 2.171 PJ (11,7 Prozent), Braunkohle 561 PJ (14,9 Prozent). Die Kernenergie trug 2018 1.357 PJ oder 13,4 Prozent weniger als 2008 zum PEV bei. Davon sind 784 PJ auf Kernkraftwerke zurückzuführen, die in diesem Zeitraum in Deutschland weniger Energie umwandelten bzw. vom Netz gingen. Zum Rückgang der Kernenergie haben aber bspw. auch

Abbildung 56: Endenergiemix in der Europäischen Union (EU-28) 1990, 2008 und 2018



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DG Energie bzw. Eurostat, Länder-Datenblätter, Stand 06/2020; Eurostat, Energetischer Endenergieverbrauch, Stand 05/2020

Frankreich (240 PJ) und Litauen (112 PJ) beigetragen. In Großbritannien (+22 PJ) und Ungarn (+6 PJ) 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 PEV (Eurostat 1998; siehe auch Fußnote 3 „Wandel des Primärenergiemix“).

Der Endenergieverbrauch (EEV) der EU-28 hat sich im Zeitraum 2008 bis 2018 um 2.194 PJ oder 4,7 Prozent auf 44.448 PJ reduziert. Die europäische Energiebilanz weist für Deutschland im gleichen Zeitraum einen Rückgang von 3,6 Prozent aus.³⁸ Wie im Bereich des PEV wirkten sich vor allem der technische Fortschritt und Energieeffizienzmaßnahmen positiv auf den europäischen EEV 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.

Im Endenergiemix der EU-28 dominierten Mineralölprodukte mit 37 Prozent (16.461 PJ) aufgrund ihrer Bedeutung im Verkehrssektor. Gase (23,1 Prozent bzw. 10.275 PJ) und Strom (22,8 Prozent bzw. 10.121 PJ), erneuerbare Energien (9,9 Prozent bzw. 4.380 PJ), Fernwärme (4,5 Prozent bzw. 1.987 PJ) und Steinkohle (1,6 Prozent bzw. 729 PJ) ergänzten den Endenergiemix. Braunkohle (0,2 Prozent bzw. 70 PJ) und

sonstige Energieträger (1 Prozent bzw. 424 PJ) haben nur geringe Anteile am EEV.

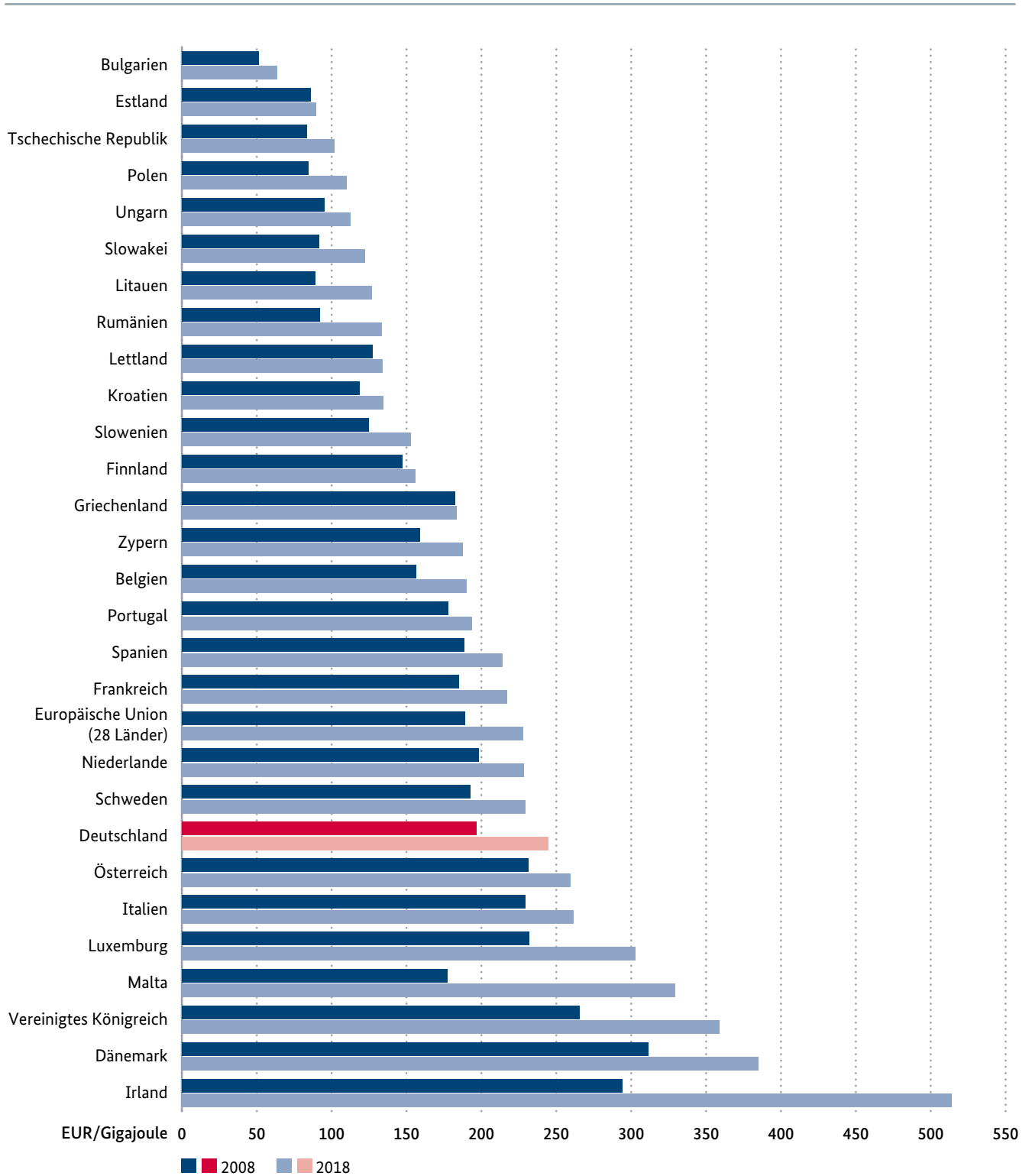
Die EU-28 konnte von 2008 bis 2018 vor allem die Nachfrage nach fossilen Endenergieträgern reduzieren: Mineralöl 2.015 PJ (10,9 Prozent), Gase 806 PJ (7,3 Prozent), Steinkohle 186 PJ (20,3 Prozent) und Braunkohle 31 PJ (30,9 Prozent). Außerdem wurde der Verbrauch der Sekundärenergieträger Strom (178 PJ oder 1,7 Prozent) und Fernwärme (96 PJ oder 4,6 Prozent) gesenkt. Dagegen stieg die Nachfrage nach erneuerbaren Energien um 1.094 PJ oder 33,3 Prozent. Ebenfalls leicht gewachsen, aber von einem sehr geringen Niveau kommend, sind die sonstigen Energieträger (25 PJ oder 6,2 Prozent) wie z. B. nicht erneuerbare Industrie- und Haushaltsabfälle.

Die Zahlen von Eurostat zeigen, dass in Deutschland die Primärenergieproduktivität im Jahr 2018 gegenüber 2008 um 24,5 Prozent gesteigert werden konnte. Die ist etwas besser als die Entwicklung der Primärenergieproduktivität der EU-28 (20,4 Prozent).

Im Bereich der Endenergie ist eine ähnliche Entwicklung feststellbar. Zwischen 2008 und 2018 stieg die deutsche Endenergieproduktivität gemäß Eurostat um 18,1 Prozent, während die europäische um 16 Prozent zunahm. Die Differenz zur Primärenergieproduktivität ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor zurückzuführen, die im Indikator Endenergieproduktivität nicht berücksichtigt werden.

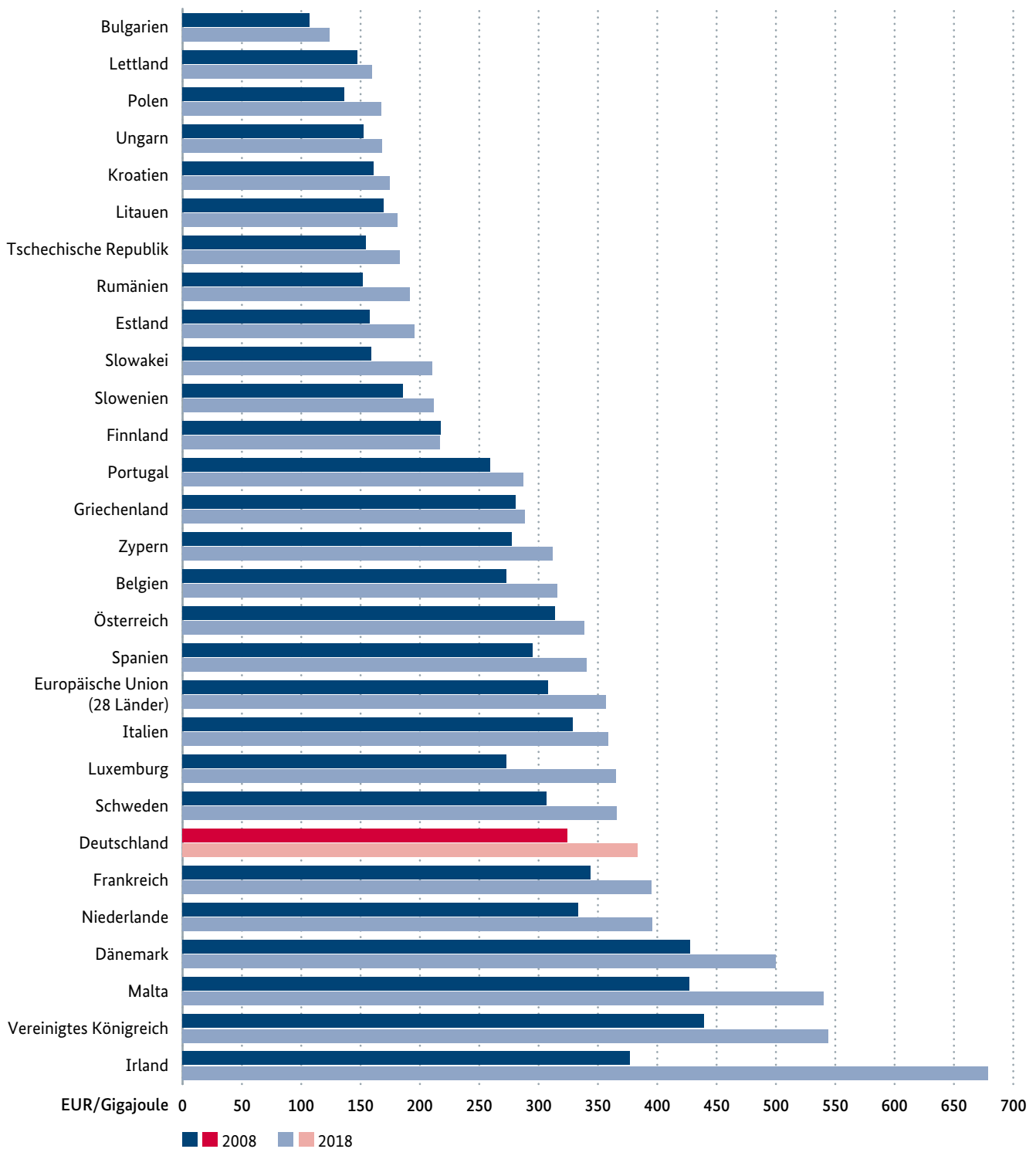
38 Vgl. Fußnote 37.

Abbildung 57: Europäischer Vergleich der Primärenergieproduktivität (in EUR/Gigajoule)*



* berechnet mit Bruttoinlandsverbrauch und Bruttoinlandsprodukt in Preisen von 2015

Abbildung 58: Europäischer Vergleich der Endenergieproduktivität (in EUR/Gigajoule)*



* berechnet mit energetischem Endenergieverbrauch und Bruttoinlandsprodukt in Preisen von 2015

Glossar

- Bruttoinlandsprodukt (BIP)** Das Bruttoinlandsprodukt misst den Wert der im Inland erwirtschafteten Leistung in einer bestimmten Periode (Quartal, Jahr).
- BIP preisbereinigt, verkettet** Das preisbereinigte BIP wird durch das Herausrechnen von Preiseinflüssen ermittelt. Dies geschieht durch das Konstanthalten von Preisen eines bestimmten Basisjahres in der fortlaufenden volkswirtschaftlichen Rechnung. Ein Kettenindex ergibt sich aus der Multiplikation von Teilindizes, die sich jeweils auf das Vorjahr beziehen und somit ein jährlich wechselndes Wägungsschema haben. Er wird auf ein Referenzjahr bezogen und gibt für das jeweilige Berichtsjahr an, wie sich das preisbereinigte Wirtschaftswachstum seit dem Referenzjahr entwickelt hat.
- Bruttowertschöpfung** Die Bruttowertschöpfung wird durch Abzug der Vorleistungen von den Produktionswerten errechnet; sie umfasst also nur den im Produktionsprozess geschaffenen Mehrwert. Die Bruttowertschöpfung ist bewertet zu Herstellungspreisen, das heißt ohne die auf die Güter zu zahlenden Steuern (Gütersteuern), aber einschließlich der empfangenen Gütersubventionen.
- Beim Übergang von der Bruttowertschöpfung (zu Herstellungspreisen) zum Bruttoinlandsprodukt sind die Nettogütersteuern (Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen) hinzuzufügen, um zu einer Bewertung des Bruttoinlandsprodukts zu Marktpreisen zu gelangen.
- Effizienz** Effizienz ist das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. Energieeffizienz ist das Verhältnis zwischen einer Dienstleistung oder einem anderen Nutzen (bspw. BWS oder BIP) zur eingesetzten Energie. Die Energieeffizienz wird gesteigert, wenn der Nutzen gleich bleibt, aber der dazu benötigte Energieaufwand verringert wird oder wenn bei gleichbleibendem Energieeinsatz der Nutzen gesteigert wird.
- Endenergieverbrauch** Der Endenergieverbrauch (EEV) umfasst alle von den Endverbrauchern (Industrie, Verkehr, private Haushalte, Gewerbe, Handel, und Dienstleistungen einschließlich Land- und Forstwirtschaft) zu energetischen Zwecken eingesetzten Energieträger. Diese können als Primärenergieträger (z. B. Brennstoffe) oder Sekundärenergieträger (z. B. Strom, Fernwärme, Kraftstoffe) nach Abzug von Umwandlungs-, Fackel-, Speicher-, Leitungsverlusten und Eigenverbrauch der Erzeugungsanlagen vorliegen. Der Endenergieverbrauch wird unterteilt nach Energieträgern, Verbrauchergruppen (Sektoren und Wirtschaftszweigen) sowie Anwendungszwecken (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Prozesskälte, Klimatisierung, mechanische Energie, Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und Beleuchtung).

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 nichtenergetische 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 Primärenergiemixes mit unterschiedlichen Kraftwerkstypen und Wirkungsgraden bereinigt. Ebenso sind die Leitungsverluste und der Eigenverbrauch der Kraftwerke ausgeklammert. Die Endenergieproduktivität ist somit direkt durch die Endverbraucher beeinflussbar.

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

Die Endenergieproduktivität kann auch auf einzelne Endenergiesektoren bezogen werden, die eine ökonomisch messbare Wertschöpfung generieren (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 Phänomen der Realität widerspricht, um strukturelle Aussagen zur variierten Größe machen zu können.

Nachfrage- und Quellenprinzip

Das Nachfrage- oder das Quellenprinzip kommen zum Einsatz, wenn das Entstehen von energiebedingten Emissionen offengelegt werden soll. Das Konzept der gebäuderelevanten Emissionen folgt dem Nachfrageprinzip. Demnach werden alle Emissionen dem Gebäudesektor zugerechnet, die durch den Betrieb des Gebäudes entstehen. Dahingegen folgt das Konzept der direkten Emissionen dem Quellenprinzip, das heißt, es werden die Emissionen am jeweiligen Ort der Entstehung (Quelle) erfasst. Im Gebäudefall bedeutet das, dass lediglich die Emissionen aus der Erzeugung von Wärme im Gebäude (zum Beispiel durch Gas- und Ölheizungen) bilanziert werden. Bei Anwendung des Quellenprinzips werden 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 Nachfrager von Emissionen richten, werden im Kontext der Effizienzpolitik häufig die gebäuderelevanten Emissionen und Energieverbräuche entsprechend dem Nachfrageprinzip zugrunde gelegt (zum Beispiel in der Energieeffizienzstrategie Gebäude). Dagegen folgt die Klimaberichterstattung internationalen Standards, die das Quellenprinzip erfordern, weswegen im Kontext der Klimapolitik häufig die direkten Emissionen und Energieverbräuche die Basis bilden (zum Beispiel im Klimaschutzplan 2050).

Nichtenergetischer Verbrauch

Energieträger dienen nicht nur der Energieerzeugung, sondern finden teilweise auch als Rohstoffe in der Industrie oder im Bausektor Verwendung. Der nichtenergetische Verbrauch bilanziert Energieträger nach dem Umwandlungssektor und dem Transport, die nicht durch die Verbrauchssektoren energetisch genutzt werden.

Nutzenergie

Nutzenergie ist diejenige Energie, die dem Endnutzer für seine Bedürfnisse zur Verfügung steht. Sie entsteht durch Umwandlung der Endenergie. Mögliche Formen von Nutzenergie sind Wärme zur Raumheizung, Kälte zur Klimatisierung, Licht, mechanische Arbeit oder Schallwellen. Abgezogen sind dabei Verluste, die durch Umwandlung und Transport entstehen.

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.
Wirkungsgrad	<p>Der Wirkungsgrad einer technischen Einrichtung oder eines Kraftwerks ist eine dimensionslose Größe und beschreibt in der Regel das Verhältnis der Nutzenergie zur zugeführten Energie. Der theoretisch mögliche Wertebereich reicht von 0 bis 1 bzw. 0 bis 100 Prozent. Der höchste Wert (1 bzw. 100 Prozent) kann in der Praxis bei Maschinen nicht erreicht werden, weil bei allen Vorgängen Wärme- oder Reibungsverluste auftreten.</p> <p>Bei Kraftwerken beschreibt der Wirkungsgrad die Leistung des Kraftwerks im Vergleich zum Heizwert des verwendeten Brennstoffs (elektrischer Gesamtwirkungsgrad). Der Wirkungsgrad gibt in Prozent an, wie viel im Brennstoff enthaltene Energie in Strom umgewandelt wird. Der Rest geht als Umwandlungsverluste oder als Abwärme verloren.</p>

Quellen- und Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (1998): *Primärenergieverbrauch nach der Substitutionsmethode, Stand 09/1998*, https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=pev-s.xls

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2015): *Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, Stand 11/2015*, https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=vorwort.pdf

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2019): *Energieflussbild (vereinfacht in PJ) 2018, Stand 08/2019*, <https://ag-energiebilanzen.de/9-0-Energieflussbilder.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020a): *Primärenergieverbrauch 2019, Stand 03/2020*, <https://ag-energiebilanzen.de/6-0-Primaerenergieverbrauch.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020b): *Stromerzeugung nach Energieträgern (Strommix) von 1990 bis 2019 (in TWh) Deutschland insgesamt, Stand 02/2020*, https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ausdruck_strez_abgabe_20200217.xlsx

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020c): *Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: 03/2020*, <https://ag-energiebilanzen.de/10-0-Auswertungstabellen.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020d): *Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 04/2020*, <https://ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2017.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020e): *Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland, Stand 05/2020 (im Erscheinen)*, <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020f): *Projekt Temperaturbereinigung, Stand 05/2020 (unveröffentlicht)*

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; Hrsg. Umweltbundesamt, Reihe UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 02/2019, Dessau-Roßlau*, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekonomische-indikatoren-von-massnahmen-zur>

Blazejczak, J.; Edler, D.; Gehrke, B.; Gornig, M.; Schasse, U. unter Mitarbeit von Kaiser, C. (2020): *Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – aktualisierte Ausgabe 2020 – 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, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/gruenbuch-energieeffizienz,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

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

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi, Stand 03/2020, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.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>

Bundesregierung (BReg) (2019a): Bundes-Klimaschutzgesetz, Stand 12/2019, https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL#bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl119s2513.pdf%27%5D__1594993560497

Bundesregierung (BReg) (2019b): Energieeffizienzstrategie 2050, Stand 12/2019, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.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*

Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (2020): Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE) (Hrsg.), „*Empirische Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen im Jahr 2019*“, *Endbericht 2019 – BfEE 17/2017*, Eschborn, 2020

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, http://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 (2019a): *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>

Europäische Kommission (2019b): *Der europäische Grüne Deal.* COM(2019) 640 final, Brüssel 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX%3A52019DC0640>

Europäische Kommission (2020): *Vorschlag für eine Verordnung zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnung (EU) 2018/1999 (Europäisches Klimagesetz).* COM(2020) 80 final, Brüssel 2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1588581905912&uri=CELEX:52020PC0080>

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) (2019): *Naturgefahrenreport 2019,* <https://www.gdv.de/de/themen/news/naturgefahrenreport-51704>

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, M.; Görzig, B.; Michelsen, C.; Kaiser, C.; Klarhöfer, K. (2019): *Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe, Berechnungen für das Jahr 2018, BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2019*

Generaldirektion Energie (ENER) (2020): *Energy statistical country datasheets, Stand 06/2020, Europäische Kommission,* https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-statistical-pocketbook_de

International Energy Agency (IEA) (2019): *Energy Efficiency 2019, Market Report Series,* <https://webstore.iea.org/market-report-series-energy-efficiency-2019>

International Energy Agency (IEA) (2020): *World Energy Investment 2020,* <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020/energy-end-use-and-efficiency#abstract>

Kommission Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung (2019): *Abschlussbericht,* https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile

Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2020): *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/lange-wege-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>

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) (2020a): *Bruttoinlandsverbrauch Energie*, Stand 05/2020

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat) (2020b): *Energetischer Endverbrauch*, Stand 05/2020

Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat) (2020c): *Bruttoinlandsprodukt*, Stand 05/2020

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Daten zum Indikatorenbericht 2018*, Wiesbaden, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/Downloads-Nachhaltigkeit/indikatoren-5850013189004.pdf?__blob=publicationFile

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019a): *Statistisches Bundesamt, Umwelt. Investitionen für den Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe 2017. Fachserie 19, Reihe 3.1*, Wiesbaden 2019

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019b): *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Input-Output-Rechnung, Fachserie 18, Reihe 2 sowie GENESIS-Online Themenbereich 81511*, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2019c): *Produzierendes Gewerbe, Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, Fachserie 4, Reihe 3.1 sowie GENESIS-Online Themenbereich 42131*, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020): Inlandsproduktberechnung – Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 01/2020

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

Umweltbundesamt (UBA) (2019a): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoringbericht-2019>

Umweltbundesamt (UBA) (2019b): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf

Umweltbundesamt (UBA) (2020a): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2018, Stand 01/2020, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2019_01_15_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v0.6.1_f-gase.xlsx

Umweltbundesamt (UBA) (2020b): Daten und Rechenmodell TREMOD, Version 6.03, Stand 01/2020

Umweltbundesamt (UBA) (2020c): Primärenergiegewinnung und -importe, Stand 02/2020, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe>

Umweltbundesamt (UBA) (2020d): Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Stand 03/2020, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/co2_ef_brennstoffe_und_industrie_nir_2020.xlsx

Umweltbundesamt (UBA) (2020e): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2019. Climate Change 13/2020, Dessau-Roßlau, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-6>

Umweltbundesamt (UBA) (2020f): Zentrales System Emissionen (ZSE), Stand 06/2020

