



Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2022*



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwk.de

Redaktion und fachliche Bearbeitung

Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet V 1.4

Stand

Februar 2023

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 Klimaschutz im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Energieeffizienz in Zahlen

*Entwicklungen und Trends in Deutschland
2022*



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	7
Verzeichnis der Informationsboxen	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Einheiten und Umrechnungsfaktoren	9
1. Zusammenfassung	10
2. Die Bedeutung der Energieeffizienz in der aktuellen Energiekrise	13
3. Entwicklung des Energieverbrauchs und anderer Kenndaten	18
3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern	18
3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern	21
3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	24
3.4 CO ₂ -Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen zur Energiewandlung	26
3.5 Primär- und Endenergieproduktivität	28
3.6 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Industrie	31
3.7 Endenergieverbrauch und -produktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	35
3.8 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor private Haushalte	39
3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr	43

3.10	Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs.....	48
3.11	Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität.....	52
3.12	Netto-Stromverbrauch nach Sektoren und Anwendungsbereichen.....	53
3.13	Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität im Sektor Industrie.....	56
3.14	Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	59
3.15	Netto-Stromverbrauch und Stromintensität im Sektor private Haushalte.....	61
3.16	Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung.....	64
3.17	Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch.....	67
3.18	Gebäuderelevante CO ₂ -Emissionen.....	69
3.19	Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme im Sektor private Haushalte.....	71
4.	Wirtschaftliche Impulse und Effekte.....	72
4.1	Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	72
4.2	Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	74
4.3	Umsätze mit Gütern und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	77
4.4	Marktanteile energieeffizienter Güter.....	80
5.	Energieverbrauch und -produktivität in der Europäischen Union.....	82
	Glossar.....	88
	Quellen- und Literaturverzeichnis.....	93

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Energieflussbild des Jahres 2021 (Petajoule).....	16
Abbildung 2:	Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern.....	18
Abbildung 3:	Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021	20
Abbildung 4:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren	21
Abbildung 5:	Endenergieverbrauch – Anteile der Sektoren 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021.....	22
Abbildung 6:	Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern.....	23
Abbildung 7:	Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021.....	23
Abbildung 8:	Endenergieverbrauch – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021	24
Abbildung 9:	Entwicklung der verbrennungsbedingten CO ₂ -Emissionen 1990 – 2021	26
Abbildung 10:	Primärenergieverbrauch und -produktivität.....	28
Abbildung 11:	Endenergieverbrauch und -produktivität.....	29
Abbildung 12:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie.....	31
Abbildung 13:	Endenergiemix des Sektors Industrie 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021	33
Abbildung 14:	Endenergieverbrauch der Industrie – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021	34
Abbildung 15:	Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	35
Abbildung 16:	Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021.....	37
Abbildung 17:	Endenergieverbrauch GHD – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021	38
Abbildung 18:	Endenergieverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte	39
Abbildung 19:	Endenergiemix des Sektors private Haushalte 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021.....	41
Abbildung 20:	Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008, 2019, 2020 und 2021	42

Abbildung 21: Endenergieverbrauch – Sektor Verkehr (gemäß Inlandsabsatz).....	43
Abbildung 22: Endenergieverbrauch des Verkehrs – Anteile der Verkehrsträger 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021.....	45
Abbildung 23: Energieintensitäten im Personen- und Güterverkehr	46
Abbildung 24: Endenergiemix des Verkehrs 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021.....	47
Abbildung 25: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren.....	48
Abbildung 26: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungen	51
Abbildung 27: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs 2021.....	51
Abbildung 28: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft.....	52
Abbildung 29: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren.....	53
Abbildung 30: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021	54
Abbildung 31: Netto-Stromverbrauch – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021.....	55
Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie	56
Abbildung 33: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008, 2019 und 2020.....	58
Abbildung 34: Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD).....	59
Abbildung 35: Netto-Stromverbrauch von GHD nach Anwendungsbereichen 2008, 2019, 2020 und 2021.....	60
Abbildung 36: Netto-Stromverbrauch und Stromintensität – Sektor private Haushalte	61
Abbildung 37: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021.....	63
Abbildung 38: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Sektoren.....	64
Abbildung 39: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Strom- versorgung nach Anwendungsbereichen 2008, 2019, 2020 und 2021.....	66

Abbildung 40: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2021.....	66
Abbildung 41: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch.....	67
Abbildung 42: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch: Anteil am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2021.....	68
Abbildung 43: CO ₂ -Emissionen des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs.....	69
Abbildung 44: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs.....	70
Abbildung 45: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte.....	71
Abbildung 46: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand.....	72
Abbildung 47: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand.....	75
Abbildung 48: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz.....	78
Abbildung 49: Marktanteile von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2020.....	80
Abbildung 50: Umsatz von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2020.....	81
Abbildung 51: Primärenergiemix in der Europäischen Union (EU-27) 1990, 2008, 2019 und 2020.....	82
Abbildung 52: Endenergiemix in der Europäischen Union (EU-27) 1990, 2008, 2019 und 2020.....	83
Abbildung 53: Endenergieverbrauch (EU-27) – Anteil der Sektoren 1990, 2009, 2019 und 2020.....	85
Abbildung 54: Primärenergieproduktivität – Vergleich der EU-Mitgliedsstaaten (in EUR/Gigajoule).....	86
Abbildung 55: Endenergieproduktivität – Vergleich der EU-Mitgliedsstaaten (in Mio. EUR/PJ).....	87

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.....	11
Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen.....	11
Tabelle 4: Volkswirtschaftliche Effekte durch Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebestand.....	12
Tabelle 5: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	73
Tabelle 6: Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.....	75
Tabelle 7: Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen.....	76
Tabelle 8: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz in Mrd. Euro.....	79
Tabelle 9: Umsätze mit kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen in Mio. Euro.....	79

Verzeichnis der Informationsboxen

Informationsbox 1: Rebound-Effekt.....	30
Informationsbox 2: Sektoraler Wandel: Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors....	38
Informationsbox 3: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs	49
Informationsbox 4: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung.....	65

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.	GJ	Gigajoule
BIP	Bruttoinlandsprodukt	GWh	Gigawattstunde
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz	J	Joule
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
BReg	Bundesregierung	kWh	Kilowattstunde
BWS	Bruttowertschöpfung	MJ	Megajoule
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung	MWh	Megawattstunde
EEV	Endenergieverbrauch	Mt	Megatonne
EMS	Energiemanagementsystem	NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
EnEfG	Energieeffizienzgesetz	NEEAP	Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan
EnSiG	Gesetz zur Sicherung der Energieversorgung	NEV	Nicht-energetischer Verbrauch
EnSikuMaV	Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über kurzfristig wirksame Maßnahmen	NIW	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung
EnSimiMaV	Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen	PEV	Primärenergieverbrauch
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz	PHH	Private Haushalte (Sektor)
EU	Europäische Union	PJ	Petajoule
GasSV	Verordnung zur Sicherung der Gasversorgung in einer Versorgungskrise	THG	Treibhausgas
GEG	Gebäudeenergiegesetz	TWh	Terawattstunde
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Sektor)	UBA	Umweltbundesamt
		UMS	Umweltmanagementsystem
		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. Dieser Bericht nutzt Daten des Berichtsjahres 2021. Entsprechend fasst der folgende Überblick die wichtigsten Entwicklungen bis zum Jahr 2021 (bzw. 2020) gegenüber 2008 zusammen.

Die kurzfristigen Entwicklungen durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine im Jahr 2022 bildet diese Broschüre nicht ab. Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) rechnet vorläufig für 2022 mit einem Gesamtverbrauch von 11.829 PJ. Das wären 4,7 Prozent bzw. 584 PJ weniger als 2021. Der Erdgasverbrauch ging um gut 15 Prozent zurück im Vergleich zum Vorjahr (AGEB 2022e).

Gegenüber dem Jahr 2008 hat sich der Primärenergieverbrauch (PEV) im Jahr 2021 um 1.967 Petajoule (PJ) oder 13,7 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 aufweisen, 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 2021 um 492 PJ oder 5,4 Prozent. Auch der Netto-Stromverbrauch hat sich im selben Zeitraum um 5,4 Prozent oder 28 Terawattstunden (TWh) reduziert.

Die Primärenergieproduktivität der gesamten Volkswirtschaft stieg zwischen 2008 und 2021 um 31,3 Prozent auf 259 Euro je Gigajoule (GJ). Die Endenergieproduktivität Deutschlands lag im Jahr 2021 bei 369 Euro je GJ. Dies ist eine Steigerung um 19,3 Prozent gegenüber 2008. Im selben Zeitraum stieg die Netto-Stromproduktivität um 19,5 Prozent auf 6.456 Euro je Megawattstunde (MWh).

Tabelle 1: Energieverbrauch und Energieproduktivität insgesamt

	Einheit	1990	2008	2019	2020	2021*	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2020
Primärenergieverbrauch	PJ	14.905	14.380	12.805	11.895	12.413	-13,7 %	4,4 %
Endenergieverbrauch	PJ	9.472	9.159	8.973	8.400	8.667	-5,4 %	3,2 %
Netto-Stromverbrauch	TWh	455	524	500	481	496	-5,4 %	3,1 %
Primärenergieproduktivität**	EUR BIP/GJ	142	197	245	252	259	31,3 %	2,5 %
Endenergieproduktivität**	EUR BIP/GJ	223	309	359	360	369	19,3 %	2,5 %
Netto-Stromproduktivität**	EUR BIP/MWh	4.639	5.403	6.484	6.484	6.456	19,5 %	-0,4 %

* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2015

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 09/2022

Im Zeitraum von 2008 bis 2021 konnten sowohl die privaten Haushalte (147 PJ oder -5,8 Prozent) als auch der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) (-57 PJ oder -3,9 Prozent) einen Beitrag zur Reduzierung des Endenergieverbrauchs (EEV) leisten. Auch der Sektor Industrie reduzierte

seinen EEV gegenüber dem Jahr 2008 um 69 PJ oder 2,7 Prozent. Durch die immer noch reduzierte Mobilität im Vergleich zu Zeiten vor der Corona-Pandemie sank der EEV des Verkehrs deutlich. 2021 wurden 219 PJ bzw. 8,5 Prozent gegenüber 2008 im Verkehrssektor eingespart.

Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren

	Einheit	1990	2008	2019	2020	2021*	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2020
Industrie	PJ	2.977	2.587	2.512	2.395	2.518	-2,7%	5,1%
Verkehr	PJ	2.379	2.571	2.722	2.288	2.352	-8,5%	2,8%
Private Haushalte	PJ	2.383	2.558	2.425	2.402	2.411	-5,8%	0,4%
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	PJ	1.733	1.443	1.315	1.315	1.386	-3,9%	5,4%
Gesamt	PJ	9.472	9.159	8.973	8.400	8.667	-5,4%	3,2%

* vorläufige Angaben

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Im Bereich der Anwendungen reduzierte sich der EEV von 2008 bis 2021 für die Raumwärme (348 PJ oder 12,5 Prozent), die Beleuchtung (60 PJ oder -20 Prozent) und mechanische Energie (-229 PJ oder -6,9 Prozent). Dagegen stiegen der EEV für Klimatisierung um 11 PJ (+40 Prozent), für Prozesskälte um 45 PJ (+30,1 Prozent) und für

Warmwasser um 48 PJ (+11,3 Prozent) deutlich. Der Endenergiebedarf für Informations- und Kommunikationstechnik stieg gegenüber 2008 leicht um 3,6 Prozent bzw. 8 PJ. Ebenso stieg der Verbrauch für Prozesswärme um 33 PJ (+1,7 Prozent) seit 2008.

Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen

	Einheit	2008	2019	2020	2021*	Veränderung ggü. 2008	Veränderung ggü. 2020
Raumwärme	PJ	2.774	2.386	2.373	2.426	-12,5%	+2,2%
Warmwasser	PJ	427	472	471	475	11,3%	+0,7%
Prozesswärme	PJ	1.923	1.923	1.859	1.956	1,7%	+5,2%
Klimakälte	PJ	29	40	40	40	40,0%	+0,8%
Prozesskälte	PJ	151	192	195	196	30,1%	+0,7%
Mechanische Energie	PJ	3.343	3.493	3.000	3.113	-6,9%	+3,8%
Informations- und Kommunikationstechnik	PJ	213	216	217	221	3,6%	+1,6%
Beleuchtung	PJ	300	251	244	240	-20,0%	-1,6%

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 09/2021

Zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand wurden im Jahr 2020 rund 46,5 Milliarden Euro investiert. Diese Investitionen erzeugten wiederum eine entsprechende Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen. Die Umsätze durch energetische Sanierungen im Gebäudebestand lagen im selben Jahr bei 79,1 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 540.800 Beschäftigte im Jahr 2020. Auch mit Effizienzinvestitionen in anderen Feldern ist Beschäftigung verbunden, die bisher aber noch nicht hinreichend erfasst werden konnte. Diese Beschäftigungswirkungen müssen mitberücksichtigt 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	2020	Veränderung ggü. 2010
Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebestand (in Mrd. Euro)	36,1	46,5	+28,8 %
Umsätze durch energetische Sanierung im Gebäudebestand (inkl. Wärmeisolation) (in Mrd. Euro)	62,9	79,1	+25,8 %
Beschäftigte durch energetische Gebäudesanierung im Bestand (in 1.000 Personen)	521,9	540,8	+3,6 %

Quelle: Eigene Darstellung UBA, basierend auf Blazejczak u. a. 2019, 2021, 2022

2. Die Bedeutung der Energieeffizienz in der aktuellen Energiekrise

Aktuell steht das Energiesystem vor großen Herausforderungen: Im Zuge des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine sind die Energiepreise, insbesondere von Erdgas und Strom, stark angestiegen. Außerdem hat Russland, das die letzten Jahre der größte Erdgaslieferant Deutschlands war, seit Beginn des Angriffskrieges die Lieferung von Erdgas immer weiter reduziert und Ende August 2022 gestoppt. Um diese Abhängigkeit zu beenden und die Gasversorgung zu diversifizieren, erschließt Deutschland momentan neue Bezugsquellen.

Die Umstellung der Lieferketten ist mit hohen Kosten verbunden und braucht Zeit. Damit keine Versorgungslücke entsteht, bei der Erdgas durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) rationiert werden müsste und damit weiterhin die ambitionierten Klimaschutzziele eingehalten werden können, muss die Nachfrage nach Erdgas soweit wie möglich gesenkt werden. Dies reduziert die Wahrscheinlichkeit von Versorgungsausfällen und senkt die Kosten für Erdgas für die Industrie und Haushalte. Da Erdgas in Kraftwerken aufgrund der meist höchsten Grenzkosten oft in der Merit Order am Ende steht und damit preissetzend ist, hat der hohe Erdgaspreis einen erheblichen Einfluss auf den Preis für Elektrizität – auch wenn der Anteil am Strommix relativ gering ist. Daher senkt jede eingesparte Kilowattstunde Erdgas indirekt über geringere Gasstromerzeugungskosten auch den Strompreis.

Durch die Verzahnung von Erdgas- und Stromsektor ist es ebenso notwendig, Elektrizität möglichst effizient und sparsam einzusetzen. Dies senkt den

Bedarf an Gaskraftwerken und reduziert außerdem die Wahrscheinlichkeiten von Netzüberlastungen. Diese – geringe – Gefahr besteht, da teilweise lokale Erzeugungskapazitäten der Erdgaskraftwerke nicht vollständig ausgeschöpft werden und die lokale Nachfrage nun vermehrt über das Durchleiten von Strom aus den Windparks im Norden und aus den Kohlerevieren befriedigt werden muss.

Kurzfristig hat Deutschland darauf mit Maßnahmen reagiert, die relativ schnell die Nachfrage nach Erdgas und auch Strom reduzieren (EnSikuMaV¹). Der öffentliche Sektor geht dabei voran, indem in Arbeitsräumen maximal bis zu einer Lufttemperatur von 19 Grad Celsius geheizt sowie die Trinkwassererwärmung in und die Beleuchtung von öffentlichen Gebäuden reduziert werden.² Außerdem werden Baudenkmäler in der Nacht nicht mehr illuminiert. Im Bereich der privaten Haushalte wird es Mieterinnen und Mietern für eine befristete Zeit ermöglicht, die Raumlufttemperaturen freiwillig unter ein Mindestniveau, das eventuell im Mietvertrag festgelegt ist, abzusenken. Unternehmen sind angehalten, die Temperatur für Arbeitsräume abzusenken, solange keine gesundheitlichen Risiken damit einhergehen. Geschäfte des Einzelhandels sollen ihren Wärmebedarf senken, indem dauerhaft offene Ladentüren während der Heizperiode nicht zulässig sind. Auch die Nutzung beleuchteter Werbeanlagen wird zeitlich eingeschränkt. Außerdem soll eine höhere Preistransparenz und Informationen zu Einsparpotenzialen durch die Versorger sowie die Eigentümer von Wohngebäuden die Anreize zum Energiesparen erhöhen.

1 Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über kurzfristig wirksame Maßnahmen

2 Ausgenommen sind Krankenhäuser, Einrichtungen der Behindertenhilfe, Pflegeeinrichtungen, Schulen sowie Kindertagesstätten und weitere Einrichtungen, bei denen eine Absenkung der Raum- oder Trinkwassertemperatur die Gesundheit der dort Anwesenden gefährdet. Ebenso wird sichergestellt, dass durch die Maßnahmen weder die Verkehrssicherheit oder die Abwehr anderer Gefahren eingeschränkt wird. Ebenso darf die Reduzierung der Warmwasseraufbereitung nicht dazu führen, dass Gesundheitsrisiken (Legionellen) entstehen oder Hygienestandards unterschritten werden.

Darüber hinaus hat die Bundesregierung mittelfristig wirksame Maßnahmen beschlossen (EnSimiMaV³). Eigentümer von Gebäuden, die Erdgas für Wärmeanwendungen nutzen, sind verpflichtet, Heizungsanlagen zu prüfen und zu optimieren. Wenn möglich, sind unter anderem ein hydraulischer Abgleich von Gaszentralheizungssystemen und Dämmmaßnahmen an Rohrleitungen durchzuführen. Ebenso sind Anpassungen der Vorlauftemperaturen und Optimierungen der Heizkurve bei groben Fehleinstellungen vorzunehmen. Darüber hinaus sind Unternehmen mit einem Gesamtenergieverbrauch von mehr als 10 Gigawattstunden (GWh) pro Jahr verpflichtet, hochrentable Maßnahmen umzusetzen, die im Rahmen von Energieaudits sowie Energie- und Umweltmanagementsystemen (EMS/UMS) identifiziert wurden.

Außerdem setzt Deutschland die EU-Verordnung über Maßnahmen zur Gewährleistung der sicheren Gasversorgung um. Diese dient der Stärkung des Erdgasbinnenmarktes und der Vorsorge für den Fall einer Versorgungskrise. Sie sieht einen umfassenden Maßnahmenkatalog und die nationale Implementierung eines dreistufigen Eskalationssystems (Frühwarn-, Alarm- und Notfallstufe) für den Fall einer Versorgungskrise vor. Darüber hinaus werden die Mitgliedstaaten verpflichtet, im Rahmen von Präventions- und Notfallplänen das vorgesehene Krisenmanagement nebst präventiven Maßnahmen vorab festzulegen. Deutschland hat diese Vorgaben mit dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), dem Gesetz zur Sicherung der Energieversorgung (EnSiG) und der Gassicherungsverordnung (GasSV) umgesetzt.

Neben diesen kurz- und mittelfristigen Maßnahmen bringt die Bundesregierung mit dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) ein wirksames Instrument auf den Weg, um europäische und nationale Energieeffizienzziele zu erreichen. Das EnEfG soll sowohl allgemeine Einsparverpflichtungen für Deutschland festlegen als auch spezifische Einsparvorgaben für die öffentliche Hand. Notwendig ist eine Reduzierung des Endenergieverbrauches um mehr als 20 Prozent bis 2030 bzw. um 45 Prozent bis 2045, jeweils gegenüber 2008, um den notwendigen Beitrag der Energieeffizienz für den Klimaschutz zu leisten und EU-Vorgaben umzusetzen. Der Primärenergieverbrauch soll um 37 Prozent (2030) bzw. 57 Prozent (2045) gegenüber 2008 gesenkt werden. Öffentliche Auftraggeber sollen künftig jährlich 2 Prozent ihres EEV einsparen, große Verbraucher ein Energiemanagementsystem einführen und ihren Energieverbrauch in einem Energieverbrauchsregister offenlegen.

Für Unternehmen mit einem bestimmten Jahresverbrauch werden Energie- oder Umweltmanagementsysteme verpflichtend. Darüber hinaus soll die Nutzung rentabler Effizienzmaßnahmen verstärkt werden. Auch soll mit dem EnEfG die Grundlage für eine umfassendere Nutzung von (nicht vermeidbarer) Abwärme gelegt werden, zusätzlich ist die Einführung einer Abwärmeplattform geplant.

Rechenzentren sollen künftig ihren Stromverbrauch zu einem Mindestanteil aus erneuerbaren Energien decken und bestimmte Mindesteffizienzstandards hinsichtlich des Energieeinsatzes und der Rechenleistung erfüllen. Außerdem werden EMS/UMS und Informationen zur Wärmeaus-

kopplung verpflichtend. Zusätzlich müssen die Rechenzentren Informationen an ein Energieeffizienzregister überführen und Beratungen sowie Informationen für ihre Kunden anbieten, damit diese ihren Bedarf an Rechenleistung möglichst energieeffizient abdecken können.

Der russische Angriffskrieg führt uns vor Augen, dass unser Bedarf an fossilen Energien Abhängigkeiten von autokratischen Staaten geschaffen hat, die diese als Druckmittel einsetzen können. Fossile Energien befeuern auch die Klimakrise und Deutschland muss sich daher ebenso der Herausforderung der Dekarbonisierung stellen. Das Klimaschutzgesetz (KSG) verpflichtet Deutschland zu einem ambitionierteren Zwischenziel von mindestens 65 Prozent Treibhausgasminderung gegenüber dem Jahr 1990. Bis zum Jahr 2040 soll die Minderung mindestens 88 Prozent betragen. Bis 2045 sind die Treibhausgasemissionen so weit zu verringern, dass Treibhausgasneutralität erreicht wird.

Die Klimaschutzziele können nur mit einer ambitionierten Energieeffizienzpolitik erreicht werden. Nur durch eine zeitgleiche Steigerung der Energieeffizienz,⁴ eine Senkung des Energieverbrauchs und den Ausbau erneuerbarer Energien, um die verbleibende Nachfrage abzudecken, wird die Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 gelingen. Energieeffizienz ist eine tragende Säule der Ener-

giegewende, denn die klimaschonendste und günstigste Kilowattstunde ist die, die wir gar nicht erst verbrauchen. Dabei muss der Energiebedarf insgesamt verringert und die Verluste in der Energieumwandlung, dem Transport, der Speicherung und der Nutzung minimiert werden.

Das Energieflussbild (Abbildung 1) stellt Herkunft und Einsatz von Energie für die Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2021 (AGEB 2022c) dar.⁵

Deutschland hat im Bereich der Energieeffizienz bereits einiges erreicht. Im Vergleich zum Jahr 2008 sank der Primärenergieverbrauch um 13,7 Prozent auf 12.413 PJ im Jahr 2021 (AGEB 2021a). Dieser Rückgang des Primärenergieverbrauchs ist aber in großen Teilen noch auf die Auswirkungen der Corona-Pandemie zurückzuführen. Durch die wirtschaftliche Erholung hat der PEV 2021 um 3,1 Prozent gegenüber 2020 zugenommen. Der PEV 2021 liegt damit jedoch noch unter dem Niveau von 2019 (12.805 PJ).

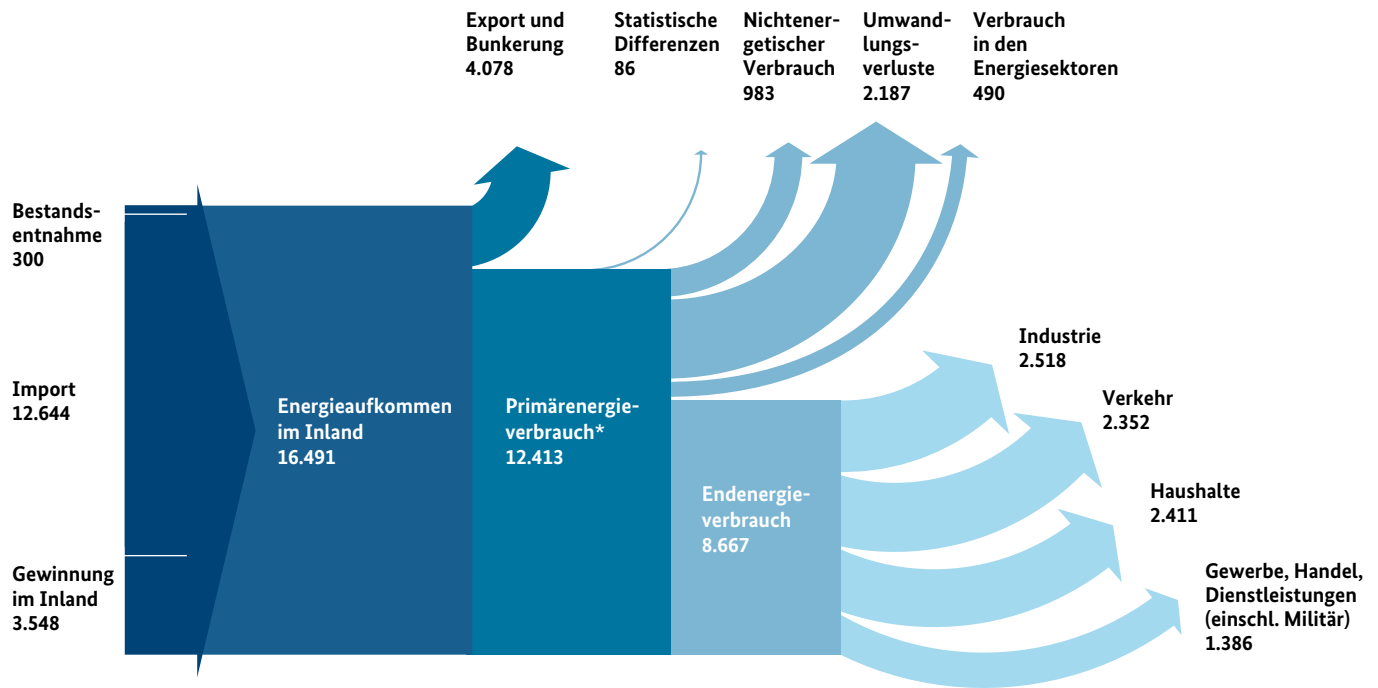
Ähnliches gilt für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Jahr 2021. Zwar wurden in Deutschland 2021 rund 762 Millionen Tonnen Treibhausgase freigesetzt und damit ca. 38 Millionen Tonnen weniger als 2019 (800 Mio. Tonnen), doch gegenüber dem von Sondereffekten geprägten Vorjahr stiegen die Emissionen um 4,5 Prozent (+33 Mio. Tonnen).⁶

4 Energieeffizienz bedeutet die rationelle Verwendung von Energie. Der Energiebedarf soll insgesamt verringert und Verluste in der Umwandlung, dem Transport, der Speicherung und der Nutzung von Energie minimiert werden. Dabei soll vor allem bei gleichbleibendem Nutzen der energetische Aufwand gesenkt werden.

5 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 setzt sich aus Importen, wie im Falle der meisten fossilen Energieträger, sowie der Gewinnung im Inland und Bestandsentnahmen bspw. aus Erdgas- oder Erdöl-speichern zusammen. Sie wird in Kraftwerken oder Raffinerien in Sekundärenergie umgewandelt. Dabei entstehen Umwandlungsverluste, die sich derzeit auf rund ein Drittel der ursprünglich im Energieträger enthaltenen Primärenergie summieren. Zieht man diese, bestehend aus Umwandlungs-, Fackel-, Speicher-, Leitungsverlusten und Eigenverbrauch der Erzeugungsanlagen sowie den nicht-energetischen Verbrauch vom Primärenergieverbrauch ab, erhält man den Endenergieverbrauch. Erst dieser Anteil steht für den gewünschten Anwendungszweck zur Verfügung. In den Endenergiesektoren muss die Endenergie anschließend in Nutzenergie umgewandelt werden (nicht mehr auf dem Energieflussbild abgebildet). Diese Umwandlung ist ebenfalls 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 des ursprünglichen Gehalts an Primärenergie.

6 Weiterführende Informationen hierzu: [BMWK Broschüre „Klimaschutz in Zahlen \(2022\)“](#).

Abbildung 1: Energieflussbild des Jahres 2021 (Petajoule)



* Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 15,7 %.
 Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
 29,3 Petajoule (PJ) ≙ 1 Mio. t SKE

Quelle: AGEB (2022c)

Um die Energienachfrage dauerhaft zu reduzieren und die Energieeffizienz in Deutschland zu steigern, bleibt der Handlungsbedarf hoch. Neben dem weiteren Ausbau von CO₂-Senken sollte auch eine Entkopplung der Wirtschaftsleistung und der Energienachfrage nach der Pandemie und nach dem Ende des Krieges erreicht werden.

Der Stakeholderprozess „Roadmap Energieeffizienz 2045“ ist dabei Bestandteil der im Dezember 2019 beschlossenen Energieeffizienzstrategie 2050 und dient der Umsetzung und dem Austausch mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, um weitere Instrumente und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland zu entwickeln.

Das Gelingen der „Wärmewende“ – die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung von Gebäuden, Industrie, Handel und Gewerbe – ist ein integraler Bestandteil der Klimaschutzanstrengungen. Der Verbrauch für Wärme und Kälte hatte im Jahr 2021 einen Anteil von 58,8 Prozent am Endenergieverbrauch (EEV), wobei dieser Anteil seit 2008 (57,9 Prozent) sogar gestiegen ist (AGEB 2021). Ungenutzte Effizienzpotenziale gilt es hier unbedingt zu nutzen. Auch der Gebäudesektor muss bis 2045 klimaneutral werden. Um das zu erreichen, muss der Energieverbrauch von Gebäuden schnell und sehr deutlich reduziert werden. Des Weiteren muss die Wärmeversorgung perspektivisch vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Dafür sind hochambitionierte Maßnahmen

erforderlich, die zum Teil schon im Sofortprogramm Klimaschutz für den Gebäudesektor enthalten sind und nun umgesetzt werden. Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wird auf Sanierungen von Bestandsgebäuden fokussiert. Gefördert werden unter anderem der Einsatz neuer Heizungsanlagen, die Optimierung bestehender Heizungsanlagen, Maßnahmen an der Gebäudehülle und der Einsatz optimierter Anlagentechnik. Außerdem tritt zum Januar 2023 die erste von mehreren Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) in Kraft. Dadurch werden die Vorgaben für den Jahres-Primärenergiebedarf für Neubauten verschärft. Außerdem stärkt das GEG die Wettbewerbsfähigkeit von Fernwärme aus Großwärmepumpen gegenüber Wärmeerzeugung aus fossilen Energien.

Die nationale Klima- und Effizienzpolitik ist in die europäische Klima- und Energiepolitik eingebettet. Deutschland hat sich mit den EU-Staats- und Regierungschefs 2021 darauf geeinigt, das EU-Klimaziels für das Jahr 2030 von mindestens 40 auf mindestens 55 Prozent gegenüber 1990 anzuheben. Derzeit werden auf europäischer Ebene weitere wichtige Rechtsakte des „Fit for 55“-Pakets verhandelt, um eine Zielerfüllung zu gewährleisten. Es werden u. a. die für die Energieeffizienz besonders relevanten EU-Richtlinien, die Energieeffizienz-Richtlinie, die Gebäudeeffizienz-Richtlinie und Erneuerbare-Energien-Richtlinie novelliert. Ein separates Emissionshandelssystem (ETS 2) für Wärme (und Verkehr) soll EU-weit ab 2027 eingeführt werden.

Über diese Broschüre

Die Broschüre „Energieeffizienz in Zahlen“ gibt einen faktenbasierten Überblick über den Fortschritt der Umsetzung der Energieeffizienzpolitik in Deutschland. Sie zeigt die wichtigsten Indikatoren, um die Entwicklungen der Energieverbräuche, die Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen und die Änderung anderer Rahmenfaktoren darzustellen.

Die vorliegende sechste Ausgabe von „Energieeffizienz in Zahlen“ bietet eine kompakte Datengrundlage zu Entwicklungen im Bereich Energieeffizienz. Kapitel 3 stellt die Entwicklung von Energieverbräuchen und -produktivitäten dar. Beginnend mit der Entwicklung des Einsatzes von Primärenergie folgt eine detaillierte Betrachtung der Endenergiesektoren und Anwendungsbereiche. Ein vertiefter Blick auf den Energieträger Strom und auf die gebäuderelevanten Energieverbräuche schließt das Kapitel ab. In Kapitel 4 werden gesamtwirtschaftliche Effekte der Energieeffizienz beleuchtet. 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. Kapitel 5 zeigt die Entwicklung der Energieeffizienz in der EU und wie Deutschland im Vergleich zu seinen europäischen Nachbarn abschneidet. Darüber hinaus finden sich im Glossar Begriffserklärungen.

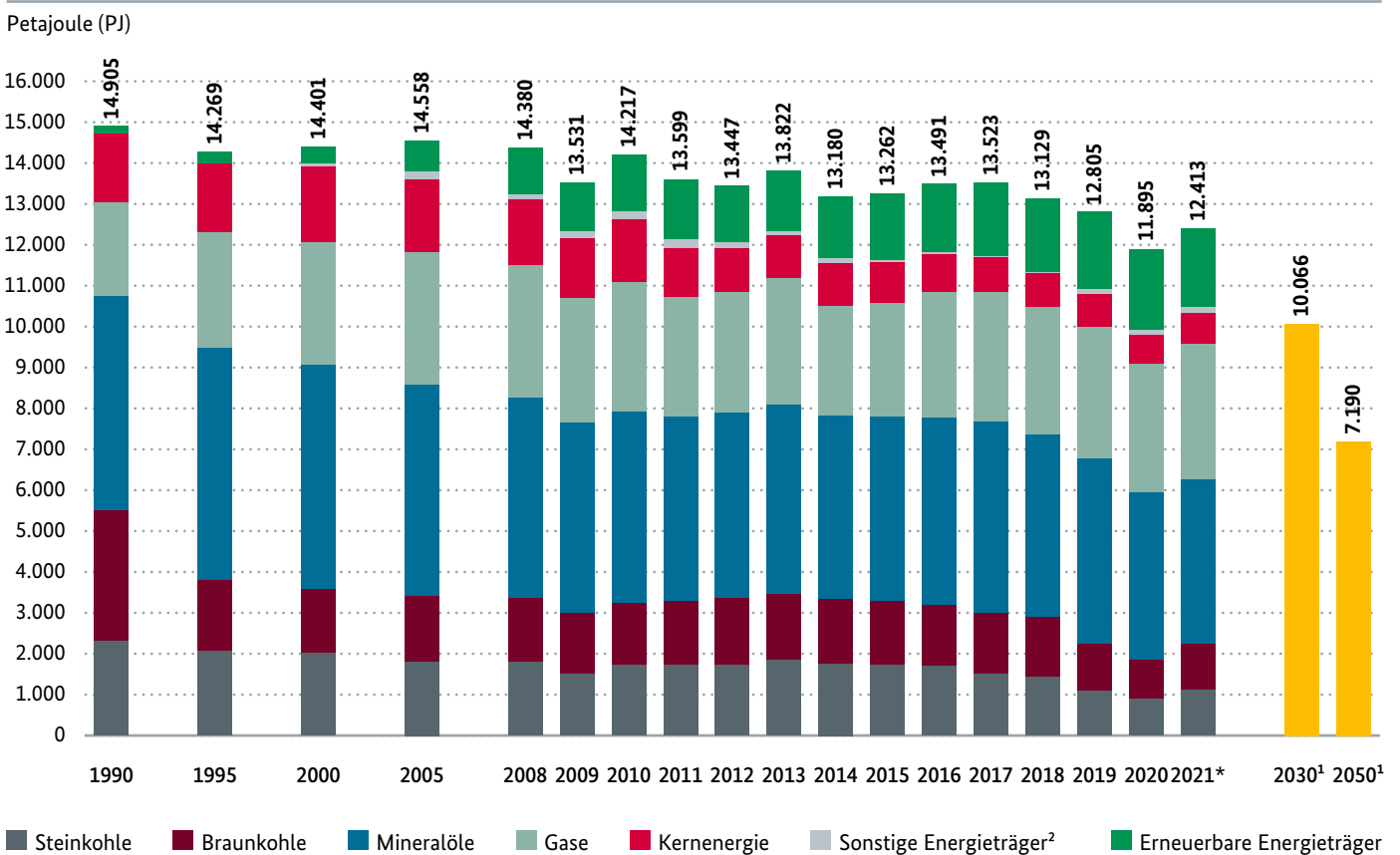
Dieser Broschüre liegen größtenteils die Daten des Berichtsjahres 2021 zugrunde. Umfassende Daten zu den jüngsten Entwicklungen aufgrund des Ukraine Konfliktes liegen noch nicht vor.

3. Entwicklung des Energieverbrauchs und anderer Kenndaten

3.1 Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Im Zeitraum von 1990 bis 2021 ging der Primärenergieverbrauch um 16,7 Prozent zurück. Gründe für diesen Rückgang waren unter anderem der rückläufige Einsatz fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Verbrauch im Jahr 2021 um 4,4 Prozent gestiegen. Dies ist vor allem auf wirtschaftliche Erholungseffekte durch ein Abklingen der Corona-Pandemie zurückzuführen.

Abbildung 2: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland nach Energieträgern



* vorläufige Angaben

1 Ziele der Energieeffizienzstrategie 2050: Senkung des Primärenergieverbrauchs bis 2030 um 30% und bis 2050 um 50% (Basisjahr 2008)

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

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; BMWK, Energieeffizienzstrategie 2050, Stand 12/2019

Der Primärenergieverbrauch (PEV) in Deutschland ging zwischen 1990 und 2021 um 2.492 PJ oder 16,7 Prozent und seit 2008 um 1.967 PJ oder 13,7 Prozent zurück. Im Vergleich zum Vor-

jahr ist der PEV 2021 um 518 PJ oder 4,4 Prozent gestiegen. Gründe für den langfristigen Rückgang waren unter anderem der rückläufige Einsatz fossiler Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung.

gung. Dem kurzfristigen Anstieg des PEV gegenüber dem Vorjahr liegen vor allem Sondereffekte der Corona-Pandemie zu Grunde. Nachdem 2020 der PEV absolut (-910 PJ) wie prozentual (-7,1 Prozent) so stark wie nie seit 1990 im Vergleich zum Vorjahr zurückgegangen ist, erholte sich 2021 die Wirtschaft und auch die Mobilität stieg durch die Lockerungen der Corona-Maßnahmen wieder an. Dementsprechend erhöhte sich auch die Nachfrage nach Primärenergie in Deutschland. Dennoch bleibt der PEV 2021 unter dem Vorkrisenniveau: -3,1 Prozent bzw. -392 PJ gegenüber 2019.

Bis auf Erdgas ist der Einsatz aller konventionellen Primärenergieträger seit dem Jahr 1990 rückläufig. Im Jahr 2021 war der wichtigste Primärenergieträger Mineralöl mit einem Anteil von 32,5 Prozent. Es folgen Gase (26,7 Prozent), erneuerbare Energien (15,7 Prozent), Braunkohle (9,1 Prozent), Steinkohle (8,9 Prozent), Kernenergie (6,1 Prozent) und sonstige Energieträger (1 Prozent).

Der Ausstieg aus der Kernenergie sowie die Verdrängung von Braun- und Steinkohle sowohl durch Erdgas als auch durch erneuerbare Energien veränderten den deutschen Primärenergiemix seit 1990 signifikant. Die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien, die per Definition⁷ einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, trägt zum oben dargestellten Rückgang des PEV bei. Dieser Rückgang ist aber auch auf Effizienzsteigerungen zurückzu-

führen, beispielsweise in fossilen Kraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung oder durch Kraft-Wärme-Kopplung. Ebenso tragen Energieeffizienzmaßnahmen in den Endenergiesektoren zum PEV-Rückgang bei.

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 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. Auch technische Entwicklungen und Rohstoffpreise wirken sich 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). Es ist abzuwarten, ob das aktuell hohe Preisniveau beim Erdgas anhält und damit der Anteil von Erdgas am Primärenergiemix langfristig zurückgehen wird oder ob sich die angespannte Situation am Erdgasmarkt in naher Zukunft normalisieren und Erdgas wieder an Bedeutung gewinnen wird.

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

Bei Energieträgern, die nicht durch Verbrennung umgewandelt werden und für die ein einheitlicher Umrechnungsmaßstab wie der Heizwert fehlt, wird das Wirkungsgradprinzip angewendet. Dieses ordnet einem Energieträger einen repräsentativ erachteten physikalischen Wirkungsgrad der Energieumwandlung zu, um somit den Energieverbrauch in Joule zu ermitteln. Wird Strom aus Wind, Wasserkraft oder Photovoltaik erzeugt, so ist der Wirkungsgrad vereinbarungsgemäß 100 Prozent.

Der Wirkungsgrad der Geothermie ist auf 10 Prozent festgelegt. Kernenergie besitzt per Definition der Energiebilanz einen Wirkungsgrad von 33 Prozent (AGEB 2015). Auch die Energiebilanz der EU, die durch das Statistische Amt der Europäischen Union veröffentlicht wird, legt für Energieträger, die nicht durch Verbrennung umgewandelt werden, bestimmte Wirkungsgrade fest und ermittelt auf diese Weise den Energieverbrauch (Eurostat 1998).

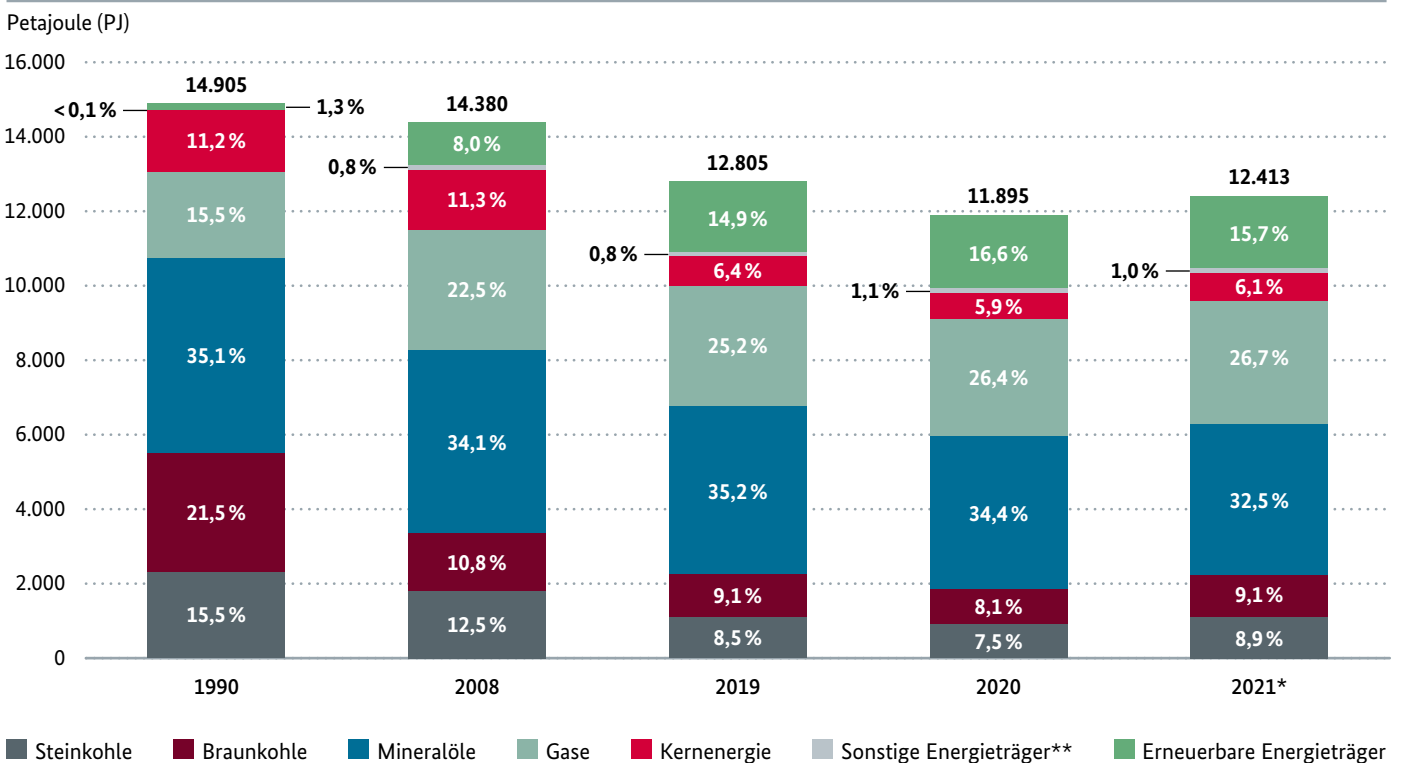
Neben realen Effizienzsteigerungen durch den Einsatz effizienter Umwandlungstechniken können somit auch Änderungen in der Zusammensetzung des Energiemix zu einer rechnerischen Effizienzsteigerung des PEV im deutschen Energiesystem aufgrund methodischer Setzungen in der Energiebilanz führen.

Im von der Corona-Pandemie geprägten Jahr 2020 verringerte sich der Verbrauch von Mineralöl um 424 PJ (-9,4 Prozent) gegenüber 2019. Ebenso reduzierte sich der Verbrauch von Stein- (-188 PJ bzw. -17,4 Prozent) und Braunkohlen (-205 PJ bzw. -17,6 Prozent) und von Gasen (-78 PJ bzw. -2,4 Prozent). Die Kernenergie ging ebenfalls zurück (-117 PJ bzw. -14,2 Prozent), auch durch die Abschaltung des Atomkraftwerkes Philippsburg Ende 2019.

Durch die Corona-Pandemie sank der Verbrauch fossiler Primärenergieträger bis auf Gase auf historische Tiefststände im Jahr 2020. Durch die steigende Nachfrage nach Primärenergie aufgrund der wirtschaftlichen Erholung hat Kohle wieder an Bedeutung gewonnen. Der PEV Steinkohle ist

2021 gegenüber dem Vorjahr um 23,7 Prozent bzw. 212 PJ gestiegen und auch Braunkohle wurde vermehrt nachgefragt: 17,6 Prozent bzw. 169 PJ mehr als 2020. Die gleiche Entwicklung ist auch bei der Kernenergie festzustellen: +7,4 Prozent bzw. +52 PJ. Der PEV Gase stieg um 166 PJ (5,3 Prozent) auf einen neuen Höchststand (3.310 PJ). Dagegen sank der relative Anteil der Erneuerbaren am Primärenergiemix innerhalb eines Jahres von 16,6 Prozent auf 15,7 Prozent. Der PEV erneuerbare Energien 2021 lag bei 1.949 PJ. Das sind 1,2 Prozent bzw. 23 PJ weniger als 2020. Der Grund dafür ist der Wind, der 2021 weniger kräftig blies. Langfristig gesehen haben aber die erneuerbaren Energien ihren Anteil enorm steigern können: +894,4 Prozent gegenüber 1990 bzw. +69,9 Prozent seit 2008.

Abbildung 3: Primärenergiemix in Deutschland 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



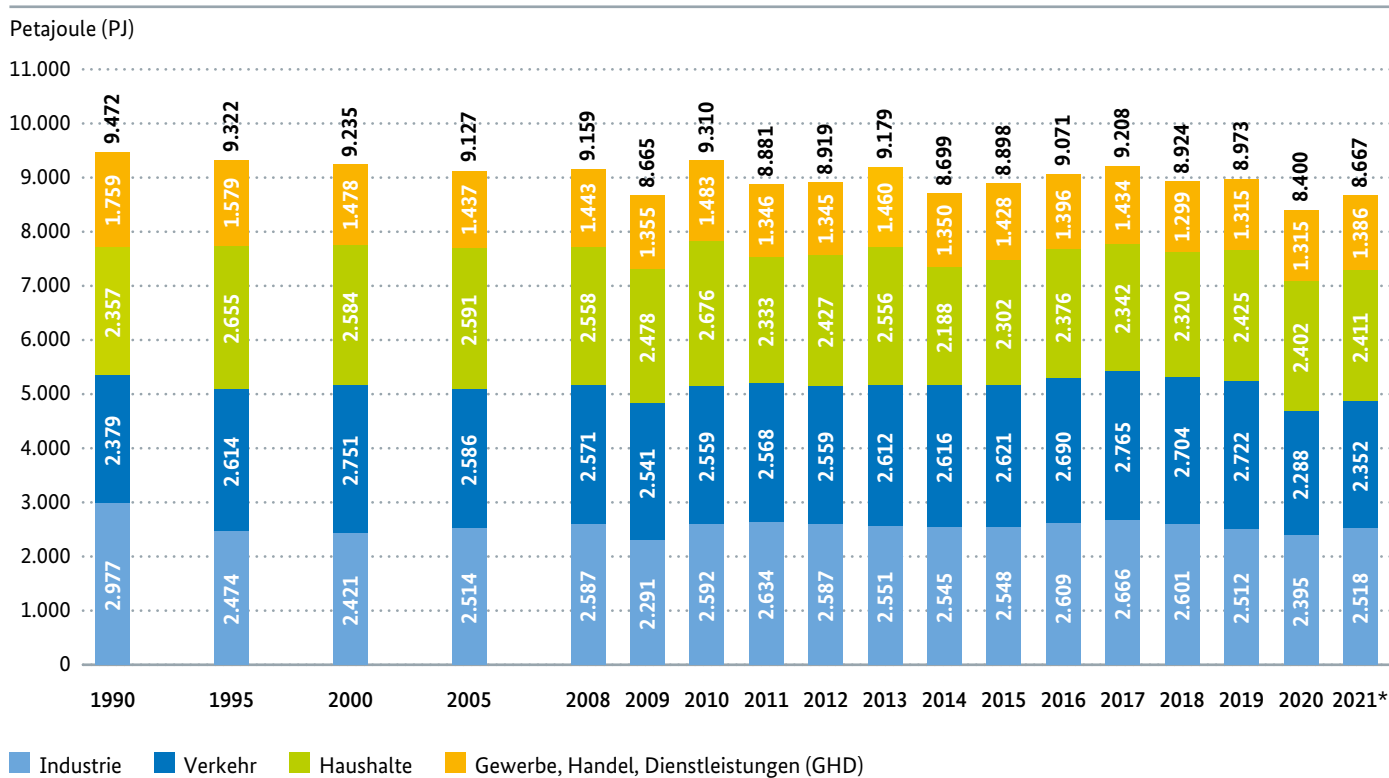
* vorläufige Angaben

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

3.2 Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern

Der Endenergieverbrauch in Deutschland ist im Zeitraum 1990 bis 2021 um 8,5 Prozent gesunken. Im langjährigen Trend ist der Energieverbrauch der privaten Haushalte leicht gestiegen, während er vor allem in den Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie sank.

Abbildung 4: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Der Endenergieverbrauch⁸ (EEV) in Deutschland ist von 1990 bis 2021 um 805 PJ oder 8,5 Prozent gesunken. Im Vergleich zum Vorjahr stieg er im Jahr 2021 um 267 PJ oder 3,2 Prozent. Dieser Anstieg ist die Folge der wirtschaftlichen Erholung nach dem Einbruch 2020 durch die Corona-Pandemie.

End- oder Sekundärenergie entsteht durch Umwandlung von Primärenergie in eine Form, die der Endverbraucher nutzen kann, z. B. Strom, Fernwärme oder Heizöl.⁹ Wie beim Primärenergieverbrauch beeinflussen die effiziente Nutzung von Energie, wirtschaftliche Veränderungen und Änderungen im (Konsum-)Verhalten auch den EEV.

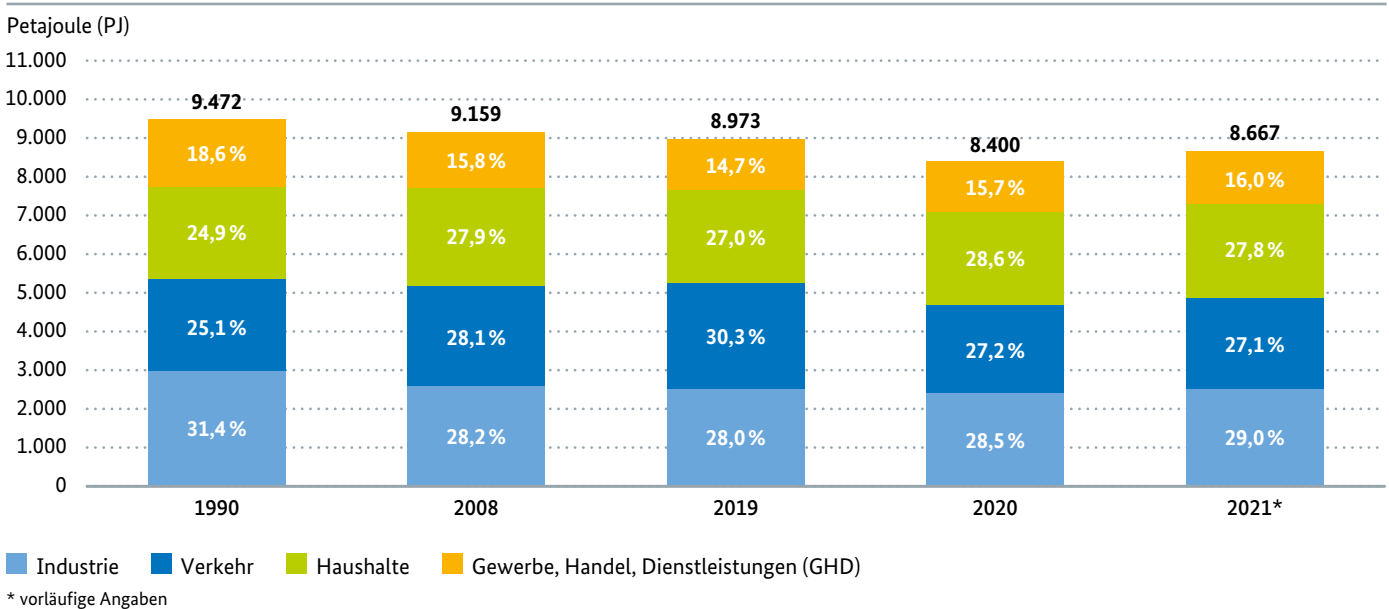
8 Der EEV ergibt sich aus dem PEV abzüglich von Umwandlungs-, Fackel-, Speicher-, Leitungsverlusten und Eigenverbrauch der Erzeugungsanlagen sowie des nicht-energetischen Verbrauchs.

9 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 2021b).

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. Nachdem das Jahr 2017 nur wenig vom langjährigen Mittel abwich, waren 2018, 2019 und 2020 geprägt durch milde Temperaturen. Während der Heizperiode 2021 musste wiederum mehr geheizt werden als in den Vorjahren.

Im Jahr 2021 lagen die sektoralen Anteile am EEV des Verkehrs bei 27,1 Prozent (2.352 PJ), der Industrie bei 29 Prozent (2.518 PJ), der privaten Haushalte bei 27,8 Prozent (2.411 PJ) und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) bei 16 Prozent (1.386 PJ). Im Vergleich zum Vorjahr stieg der Energieverbrauch in allen Sektoren, d.h. GHD um 71 PJ oder 5,4 Prozent, Industrie um 123 PJ oder 5,1 Prozent, private Haushalte um 9 PJ oder 0,4 Prozent sowie beim Verkehr um 65 PJ oder 2,8 Prozent.

Abbildung 5: Endenergieverbrauch – Anteile der Sektoren 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021

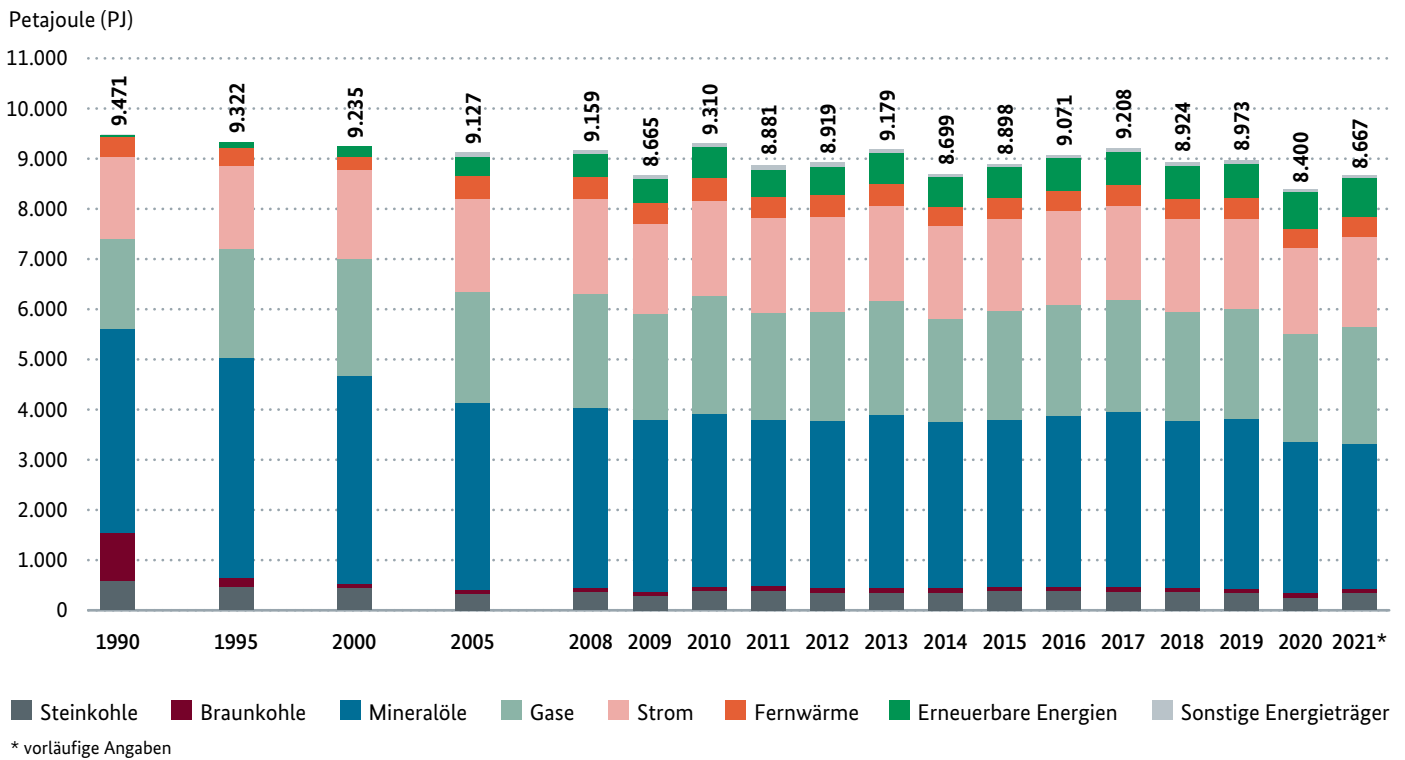


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

In 2021 waren Mineralölprodukte mit einem Anteil von 33,3 Prozent (2.833 PJ) die mit Abstand wichtigsten Endenergeträger – trotz des geringsten Verbrauchs seit der Wiedervereinigung. Gase deckten 26,9 Prozent (2.333 PJ) des EEV ab. Der Anteil des Stroms belief sich auf 20,6 Prozent (1.786 PJ). Erneuerbare Energien mit 8,8 Prozent (765 PJ), Fernwärme mit 4,8 Prozent (418 PJ) und Steinkohlenprodukte mit 3,9 Prozent (338 PJ) hatten ebenfalls bedeutende Anteile am EEV. Braunkohlenprodukte (1 Prozent bzw. 89 PJ) und sonstige Energieträger (0,6 Prozent bzw. 54 PJ) ergänzten den Endenergiemix im Jahr 2021. Im Vergleich zum Vorjahr stieg der Verbrauch von Gasen (+177 PJ bzw. 8,2 Prozent), Strom (+53 PJ bzw. 3,1 Prozent) und Fernwärme (+44 PJ bzw. 11,7

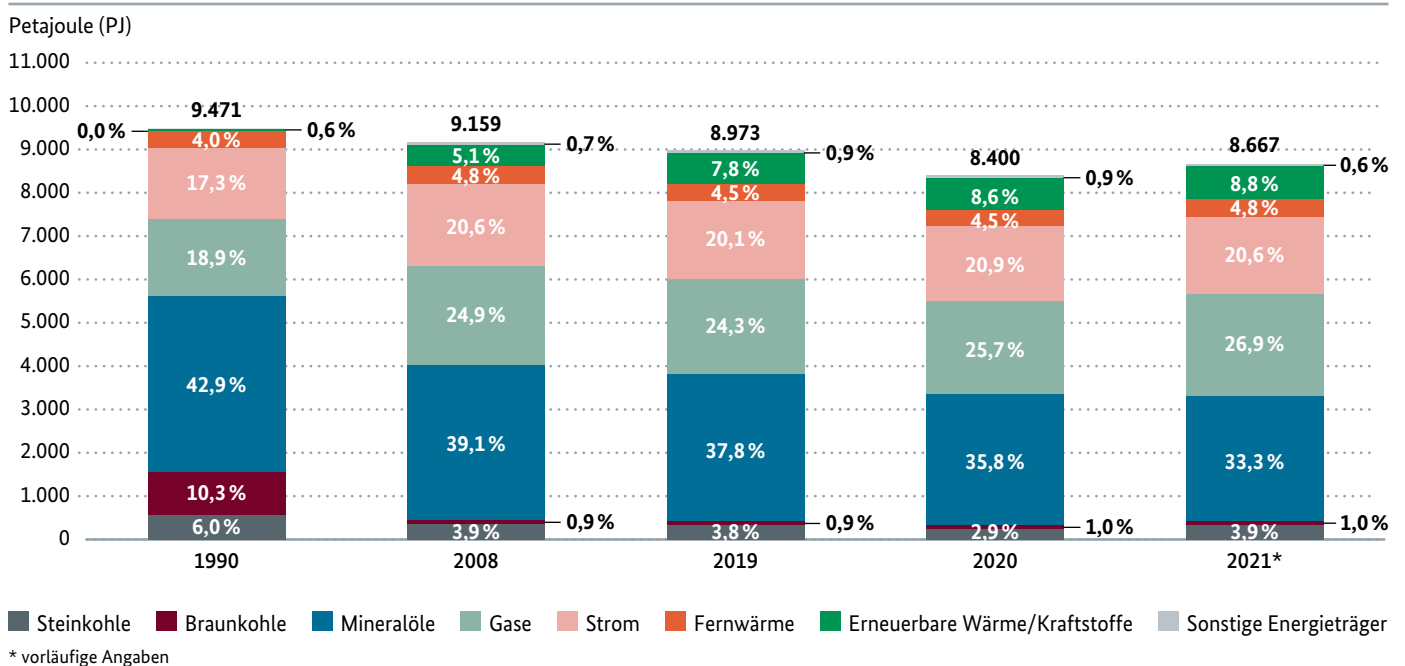
Prozent). Ebenso konnten die erneuerbaren Endenergeträger zulegen: +42 PJ bzw. 5,7 Prozent. Die wirtschaftliche Erholung 2021 wird aber besonders an den Steinkohlenprodukten deutlich. Der Steinkohleverbrauch der Verbrauchssektoren stieg gegenüber dem Vorjahr um 41 Prozent (+98 PJ). Dagegen hat sich der Verbrauch von Braunkohlenprodukten (-1 PJ bzw. -0,9 Prozent) sowie der sonstigen Energieträger (-17 PJ bzw. -24,3 Prozent) reduziert. Ebenso konnte der Mineralölverbrauch weiter gedrosselt werden. Nach dem sehr starken Rückgang 2020 gegenüber 2019 (-384 PJ bzw. -11,3 Prozent) konnte der Verbrauch nochmals um 128 PJ gesenkt werden. Dies entspricht einem Rückgang von -4,3 Prozent 2021 gegenüber 2020.

Abbildung 6: Endenergieverbrauch in Deutschland nach Energieträgern



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Abbildung 7: Endenergiemix in Deutschland 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021

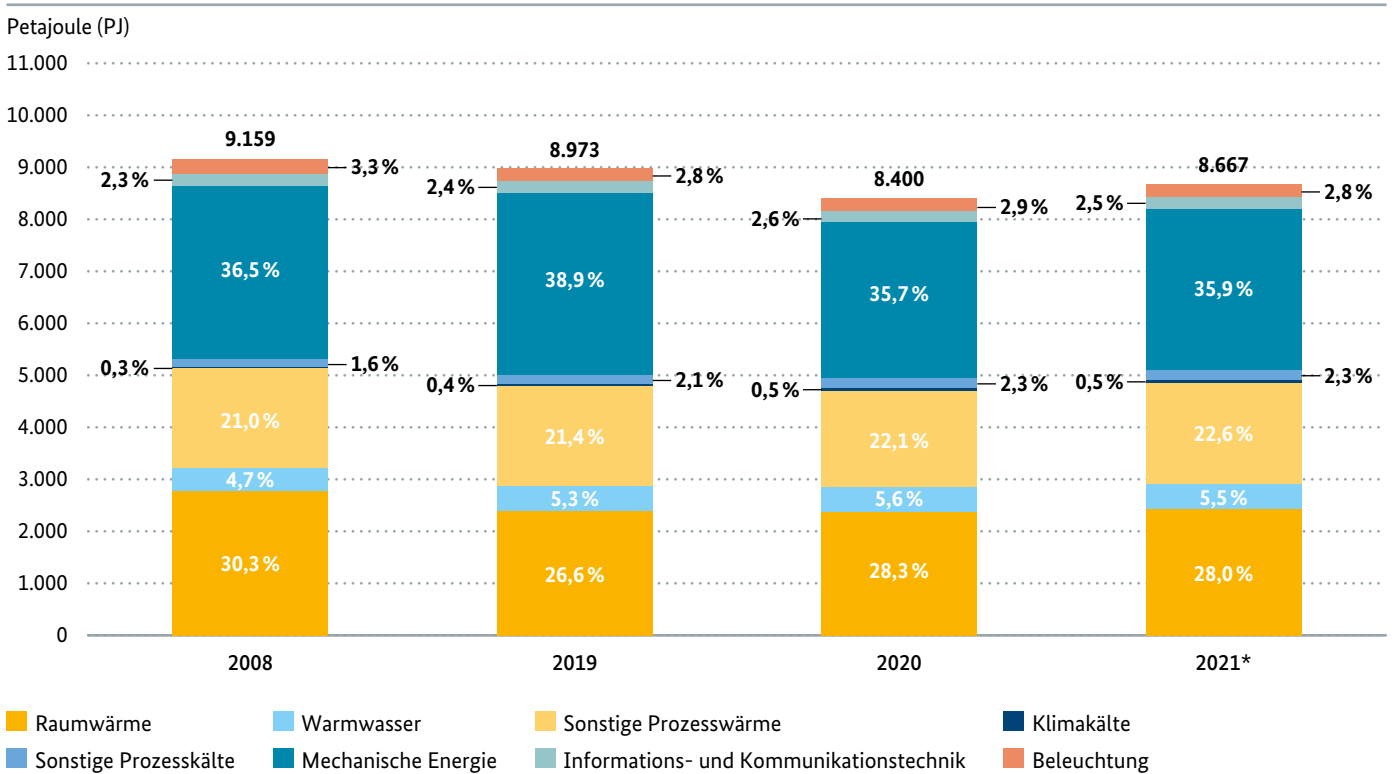


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

3.3 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen

Der größte Teil der Endenergie im Jahr 2021 wurde mit 3.113 PJ (35,9 Prozent) zur Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt, gefolgt von Raumwärme mit 2.426 PJ (28 Prozent) und Prozesswärme mit 1.956 PJ (22,6 Prozent).

Abbildung 8: Endenergieverbrauch – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

Die Anteile der einzelnen Anwendungsbereiche am EEV wurden im Jahr 2021 von den drei größten dominiert: mechanische Energie mit 3.113 PJ (35,9 Prozent), Raumwärme mit 2.426 PJ (28 Prozent) und Prozesswärme mit 1.959 PJ (22,6 Prozent). Die Dominanz dieser drei Anwendungsbereiche war im Jahr 2008 ähnlich ausgeprägt.

Die Effekte der Corona-Pandemie haben zu einem Rückgang des EEV im Jahr 2020 gegenüber 2019 um 573 PJ bzw. -6,4 Prozent geführt. Besonders deutlich ist der EEV für mechanische Energie (-493 PJ bzw. -14,1 Prozent) vorrangig aufgrund der verringerten Mobilität der Bevölkerung gesunken. Auch der Bedarf an Prozesswärme (-64 PJ

bzw. -3,3 Prozent) und Beleuchtung (-7 PJ bzw. -2,7 Prozent) ist während der Pandemie merklich reduziert worden. Dagegen ist die Nachfrage von Energie für Prozesskälte (+2 PJ bzw. +1,2 Prozent) und für Informations- und Kommunikationstechnik (+1 PJ bzw. +0,6 Prozent) 2020 gegenüber 2019 gestiegen.

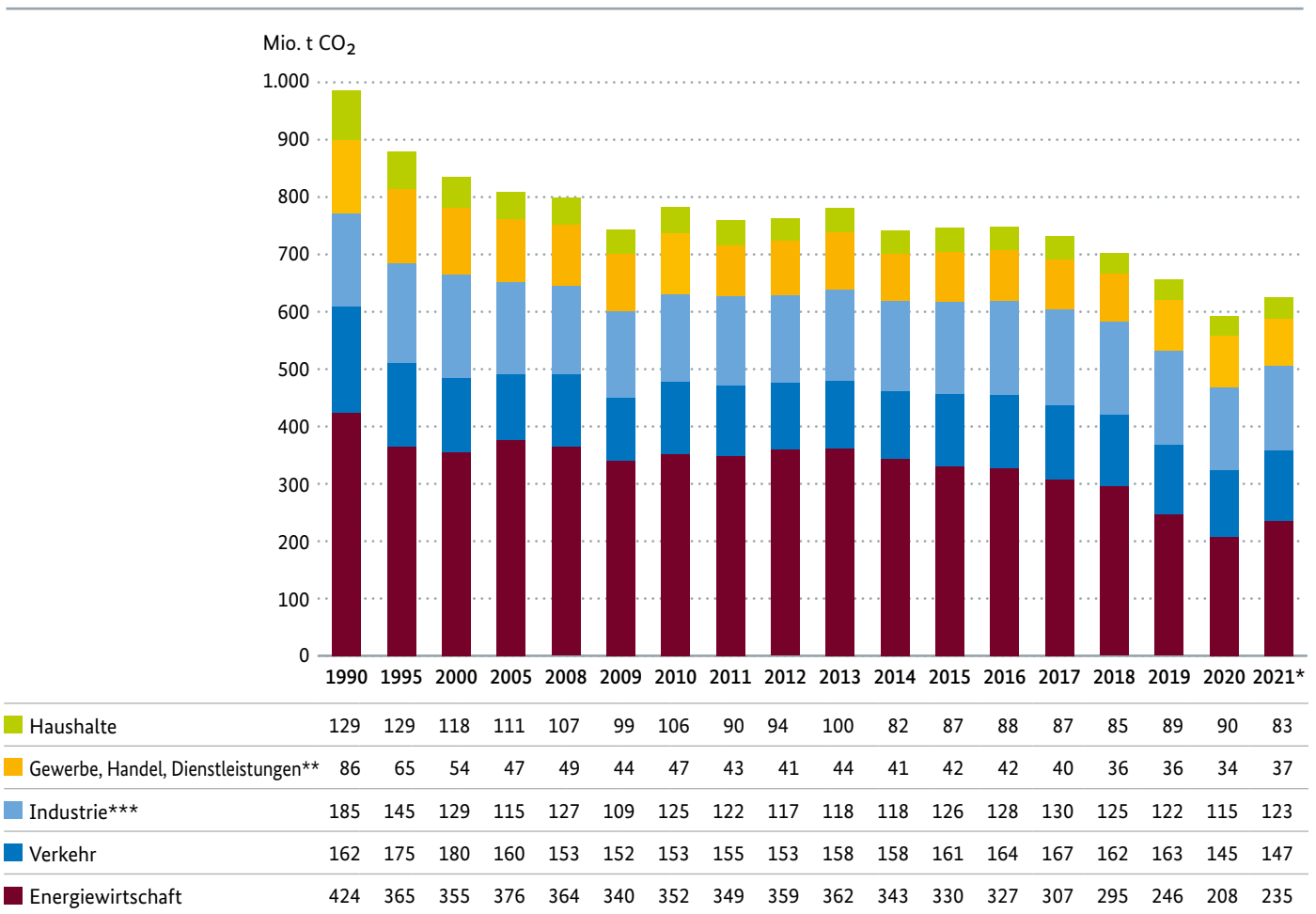
Durch die Lockerung der Maßnahmen zur Pandemiebekämpfung und der damit einhergehenden wirtschaftlichen Erholung und der gestiegenen Mobilität der Bevölkerung sind 2021 im Vergleich zum Vorjahr vor allem der EEV für Prozesswärme (+97 PJ bzw. +5,2 Prozent) und mechanische Energie (+113 PJ oder +3,8 Prozent) gestiegen. Der Bedarf an Raumwärme ist aufgrund der relativ niedrigeren Temperaturen während der Heizperiode um 2,2 Prozent (+53 PJ) innerhalb eines Jahres gestiegen. In einem geringeren Umfang haben sich im gleichen Zeitraum die Verbräuche für IKT (+3 PJ bzw. +1,6 Prozent), Warmwasser (+3 PJ bzw. +0,7 Prozent), Prozesskälte (+1 PJ bzw. +0,7 Prozent) und Klimakälte (+0,3 PJ bzw. +0,8 Prozent) erhöht. Einzig der Bedarf an Endenergie für Beleuchtung hat sich 2021 reduziert: -4 PJ oder -1,6 Prozent.

Im Vergleich des Jahres 2021 zu 2008 ist der EEV insgesamt um 5,3 Prozent zurückgegangen. Das entspricht 492 PJ. Gegenüber 2008 hat vor allem der Energieverbrauch für Kälte zugenommen: Klimatisierung +40 Prozent (+11 PJ) und Prozesskälte +30,1 Prozent (+45 PJ). Ebenso wurde mehr Energie für Warmwasser (+48 PJ bzw. +11,3 Prozent), Prozesswärme (+33 PJ bzw. +1,7 Prozent) und für die Informations- und Kommunikationstechnik (+8 PJ bzw. +3,6 Prozent) benötigt. Der starke Rückgang der Raumwärme (nicht temperaturbereinigt) um 348 PJ bzw. 12,5 Prozent trotz Zunahme von Wohnfläche und Bevölkerung hat dagegen maßgeblich zusammen mit der geringeren Nachfrage nach mechanischer Energie (-229 PJ bzw. -6,9 Prozent) zum Rückgang des EEV seit 2008 geführt. Dabei lag der Verbrauch für mechanische Energie 2019 (3.394 PJ) noch über dem Niveau von 2008 (3.343 PJ). Aber auch der Verbrauchsrückgang im Bereich der Beleuchtung hat einen bedeutenden Anteil an der Reduzierung des Endenergiebedarfs. 2021 wurde 20 Prozent (-60 PJ) weniger Energie für Lichtanwendungen als 2008 benötigt.

3.4 CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen zur Energiewandlung

Im Jahr 2021 lagen die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen zur Energiewandlung bei 625 Millionen Tonnen CO₂. Damit wurden 36,5 Prozent weniger CO₂ als im Jahr 1990 freigesetzt.

Abbildung 9: Entwicklung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen 1990 – 2021



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

* Schätzung

** einschließlich Militär und Landwirtschaft (verbrennungsbedingt)

*** nur Emissionen aus Industrief Feuerungen, keine Prozessemissionen

Quelle: UBA, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2021, Stand 03/2022

Der langfristige Trend des verbrennungsbedingten Ausstoßes von Kohlenstoffdioxid (CO₂) zur Energiewandlung ist rückläufig. Im Jahr 2021 wurden 36,5 Prozent weniger CO₂ durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt als im Jahr 1990

(UBA 2022). Hauptquelle für die Emissionen von rund 625 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2021 war mit 37,7 Prozent die Energiewirtschaft, also die öffentliche Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien sowie Erzeuger von Festbrennstoffen. Danach folg-

ten der Verkehrssektor mit 23,5 Prozent, die Industrie mit 19,6 Prozent, die privaten Haushalte mit 13,3 Prozent sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen mit 5,9 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 2021 sind die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung im Vergleich zum Vorjahr insgesamt um rund 32 Mio. Tonnen

oder 5,4 Prozent gestiegen. Die größte mengenmäßige Steigerung fand aufgrund der wirtschaftlichen Erholung und der erhöhten Nachfrage nach Strom und anderen Sekundärenergieträgern mit rund 27 Mio. Tonnen CO₂ in der Energiewirtschaft statt (+13 Prozent).

Mit rund 625 Mio. Tonnen CO₂ entsprachen die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung 93 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen.¹⁰ Die restlichen 7 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 die Klimakrise. 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 2021 in Deutschland Treibhausgase im Umfang von rund 762 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt.^{11 12} Die verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung waren demnach für 82 Prozent der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich (UBA 2021b).

10 Ohne CO₂-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

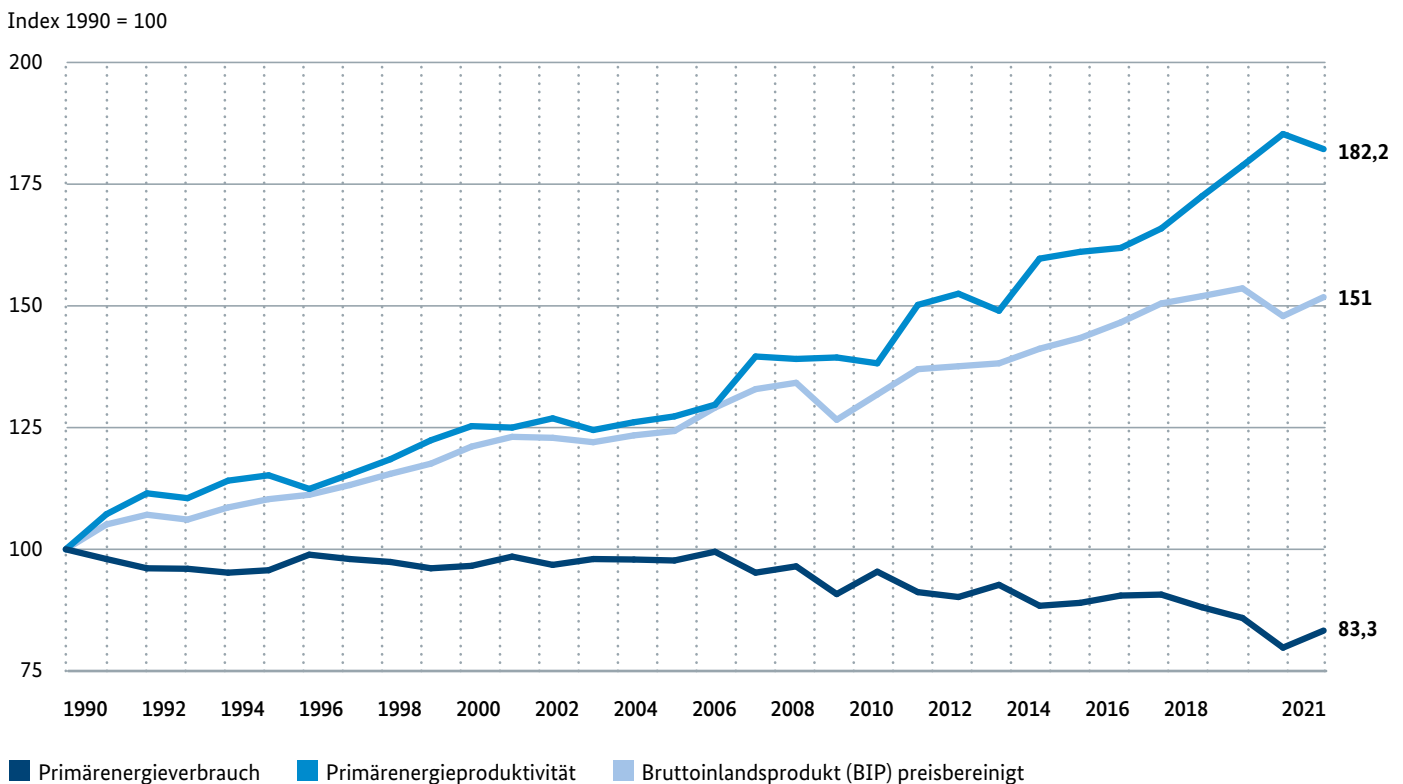
11 Ohne THG-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

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

3.5 Primär- und Endenergieproduktivität

Die Primärenergieproduktivität ist von 1990 bis 2021 um 82,2 Prozent gestiegen.
Die Endenergieproduktivität hat sich im selben Zeitraum um 65,9 Prozent erhöht.

Abbildung 10: Primärenergieverbrauch und -produktivität



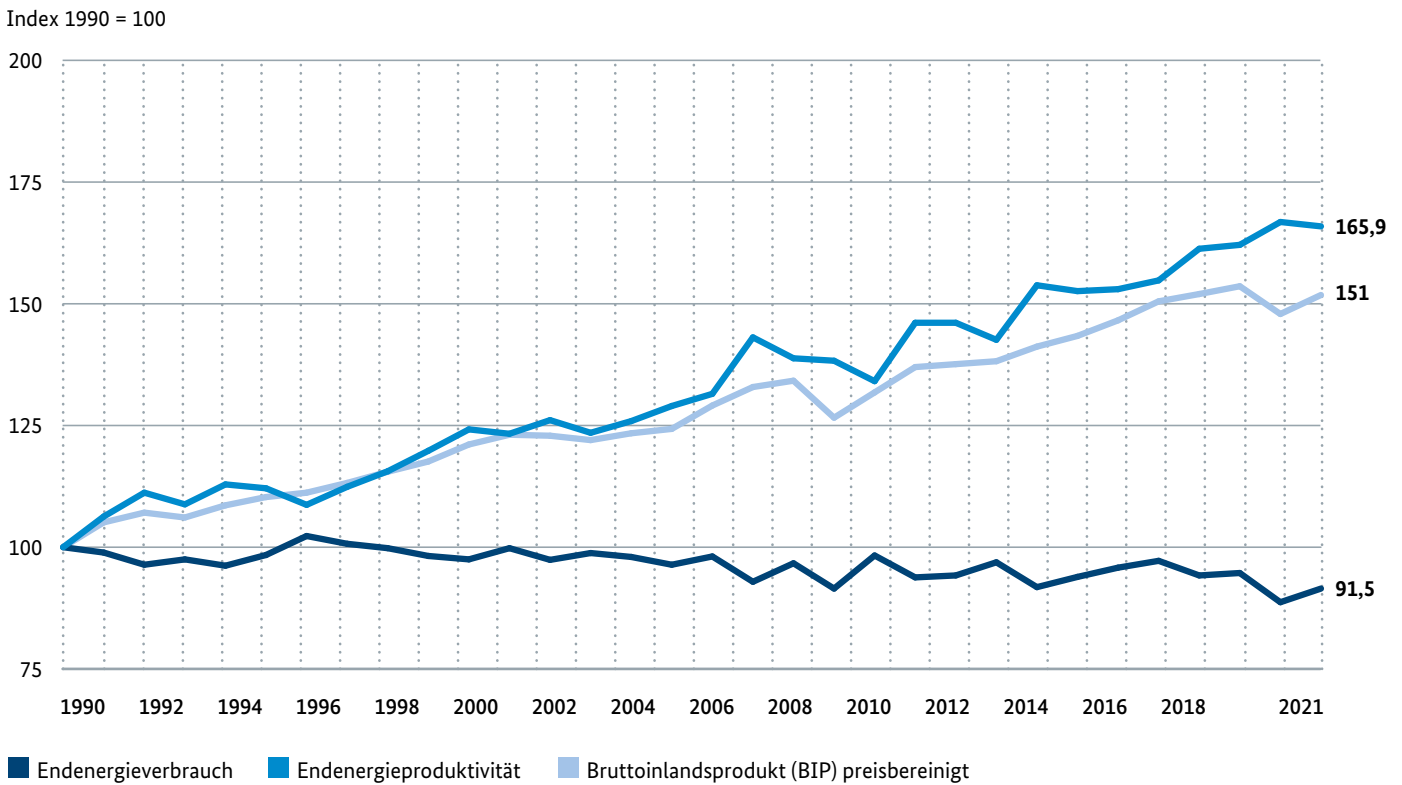
Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 09/2022

Bezogen auf den PEV hat sich die Energieproduktivität (s. Glossar) im Zeitraum von 1990 bis 2021 um 82,2 Prozent erhöht. Die entsprechende durchschnittliche Wachstumsrate¹³ der Primärenergieproduktivität betrug 2,0 Prozent pro Jahr. Im Jahr 2021 hat sich die Primärenergieproduktivität gegenüber dem Vorjahr um 1,7 Prozent verschlechtert, da der Primärenergieverbrauch (+4,4 Prozent) stärker gestiegen ist als das BIP (+2,6 Prozent).

Großen Anteil daran hatte das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt, welches von 1990 bis 2021 um 51,8 Prozent stieg, während der PEV im gleichen Zeitraum um 16,7 Prozent zurückging. Diese Entkopplung von Wirtschaftswachstum und PEV ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor, auf einen wirtschaftlicheren Einsatz der Energieträger in den Verbrauchssektoren und auf strukturelle Veränderung der Wirtschaft zurück-

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

Abbildung 11: Endenergieverbrauch und -produktivität



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEb, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 09/2022

zuführen. Der Zusammenbruch großer Teile der energieintensiven Industrie in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung und 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 2021 um 65,9 Prozent erhöht, was einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,6 Prozent pro Jahr entsprach. Im Zeitraum von 2008 bis 2021 betrug die jährliche Zunahme der Endenergieproduktivität durchschnittlich 1,4 Prozent und lag damit unter dem entsprechenden Zielwert des Energiekonzepts von 2,1 Prozent (BReg 2010). Während das Bruttoinlandsprodukt von 1990 bis 2021 um 51,8 Prozent wuchs, ging der Endenergieverbrauch um 8,5 Prozent zurück.

Im Jahr 2021 hat sich die Endenergieproduktivität gegenüber dem Vorjahr um 0,5 Prozent verschlechtert, da der EEV (+3,2 Prozent) stärker anstieg als das BIP (+2,6 Prozent).

Die Endenergieproduktivität erhöhte sich bisher unter anderem 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.

Die Corona-Pandemie im Jahr 2020 wirkte sich weder auf die Entwicklungen der Primärenergie noch der Endenergieproduktivität aus. Zwar fiel das BIP im Jahr 2020 gegenüber 2019 beträchtlich (-3,7 Prozent gegenüber 2019), sowohl der PEV (-7,1 Prozent) als auch der EEV (-6,1 Prozent) fielen

jedoch noch stärker. Beide Produktivitäten stiegen somit um 3,7 Prozent (PEV) bzw. um 2,9 Prozent (EEV). In der wirtschaftlichen Erholungsphase 2021 erhöhten sich aber der Primär- und End-

energieverbrauch gegenüber 2020 stärker als das BIP, somit ist die Primär- als auch Endenergieeffizienz gesunken.

Informationsbox 1: 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 ausgesonderten Kühlschränke oft in Reserve zumindest zeitweise weiterbetrieben.

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

Der indirekte Rebound-Effekt ist ein Einkommenseffekt. Der Umstieg auf 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.

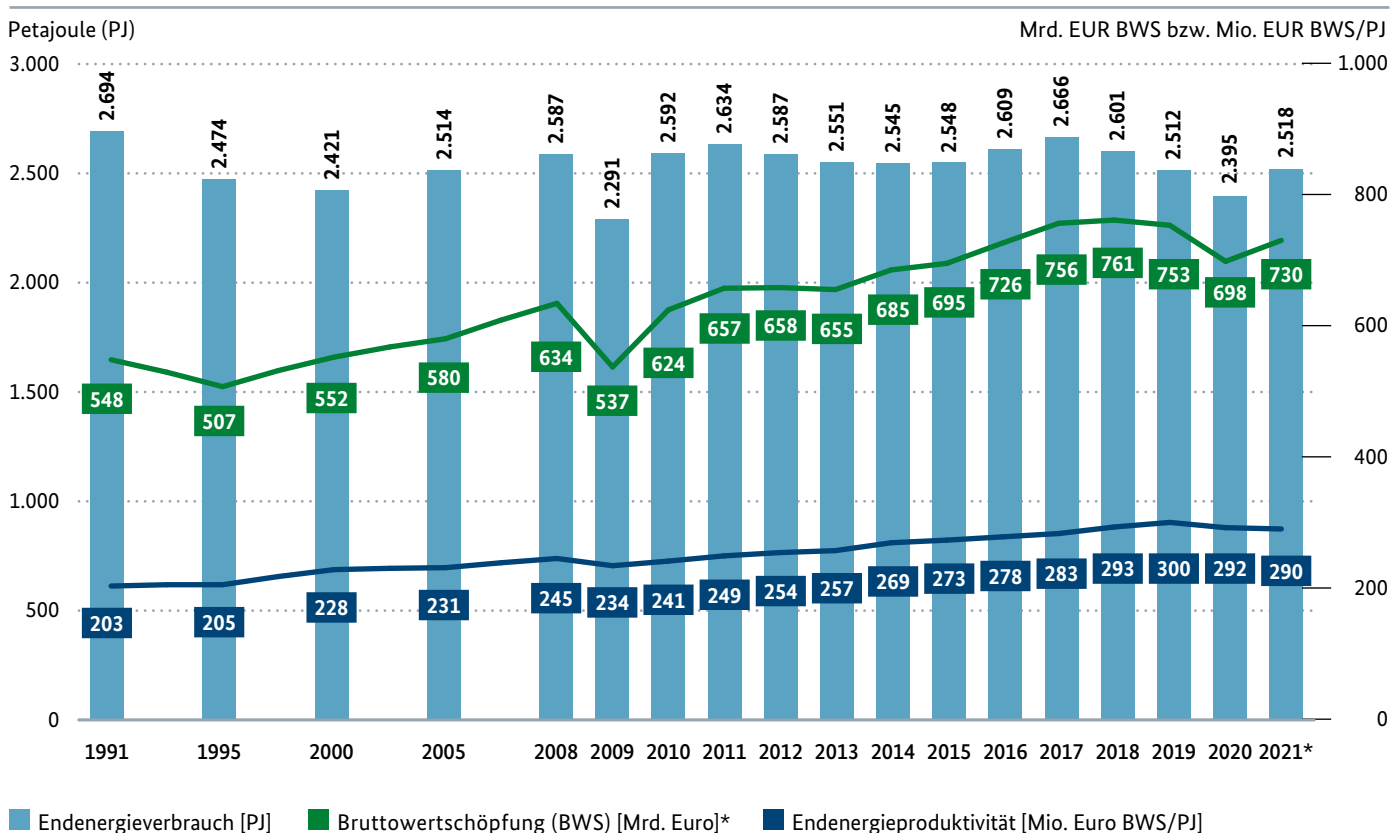
- **Gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekte:** Aufgrund veränderter Nachfrage-, Produktions- und Verteilungsstrukturen infolge technologischer Effizienzverbesserungen kann eine vermehrte gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach Energie entstehen.

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 1990 bis 2021. Zuletzt lag der Verbrauch bei 2.518 PJ und damit etwa 15,4 Prozent unter dem von 1990. Gleichzeitig ist die Endenergieproduktivität im Zeitraum 1991 bis 2021 mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 1,2 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 42,6 Prozent gestiegen.

Abbildung 12: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; BMWK, Energiedaten, Stand 09/2022

Im Sektor Industrie ging der EEV im Zeitraum von 1991 bis 2021 um 176 PJ oder 6,5 Prozent zurück, während die Bruttowertschöpfung (BWS) um 182 Mrd. EUR oder 33,3 Prozent zulegte. Daraus resultierte ein Anstieg der Endenergieproduktivität für den gleichen Zeitraum um 42,6 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 2019 war der EEV der Industrie, abgesehen von einem Einbruch im Krisenjahr 2009, bei steigender

Bruttowertschöpfung mehr oder minder konstant. Im Jahr 2020 ging die BWS aufgrund der Corona-Pandemie gegenüber dem Vorjahr um 7,3 Prozent, der EEV um 4,6 Prozent zurück. Da der Einbruch der BWS höher war als der Rückgang des Endenergieverbrauchs, reduzierte sich die Endenergieproduktivität gegenüber 2019 um 2,7 Prozent. Durch den wirtschaftlichen Aufschwung nach 2021 stieg der EEV mit 5,1 Prozent stärker als die BWS mit 4,6 Prozent. Dadurch sank die Endenergieproduktivität der Industrie leicht um 0,7 Prozent.

Der EEV der Industrie ging im Zeitraum von 1991 bis 2021 durchschnittlich um 0,2 Prozent pro Jahr zurück (nicht witterungsbereinigt¹⁴), wobei der Verbrauch Schwankungen unterlag. Die gleichzeitige Steigerung der Bruttowertschöpfung um durchschnittlich 1 Prozent pro Jahr ergibt für die Endenergieproduktivität eine Wachstumsrate von durchschnittlich 1,2 Prozent pro Jahr.

2021 lag der EEV der Industrie bei 2.518 PJ. Seit 1990 reduzierte sich der Anteil der Braunkohlen, Mineralölprodukte und Steinkohlen am Energiemix der deutschen Industrie. Die Anteile erneuerbarer Wärme, Fernwärme, Strom und Gase stiegen hingegen an. Die Hauptenergieträger im Jahr 2021

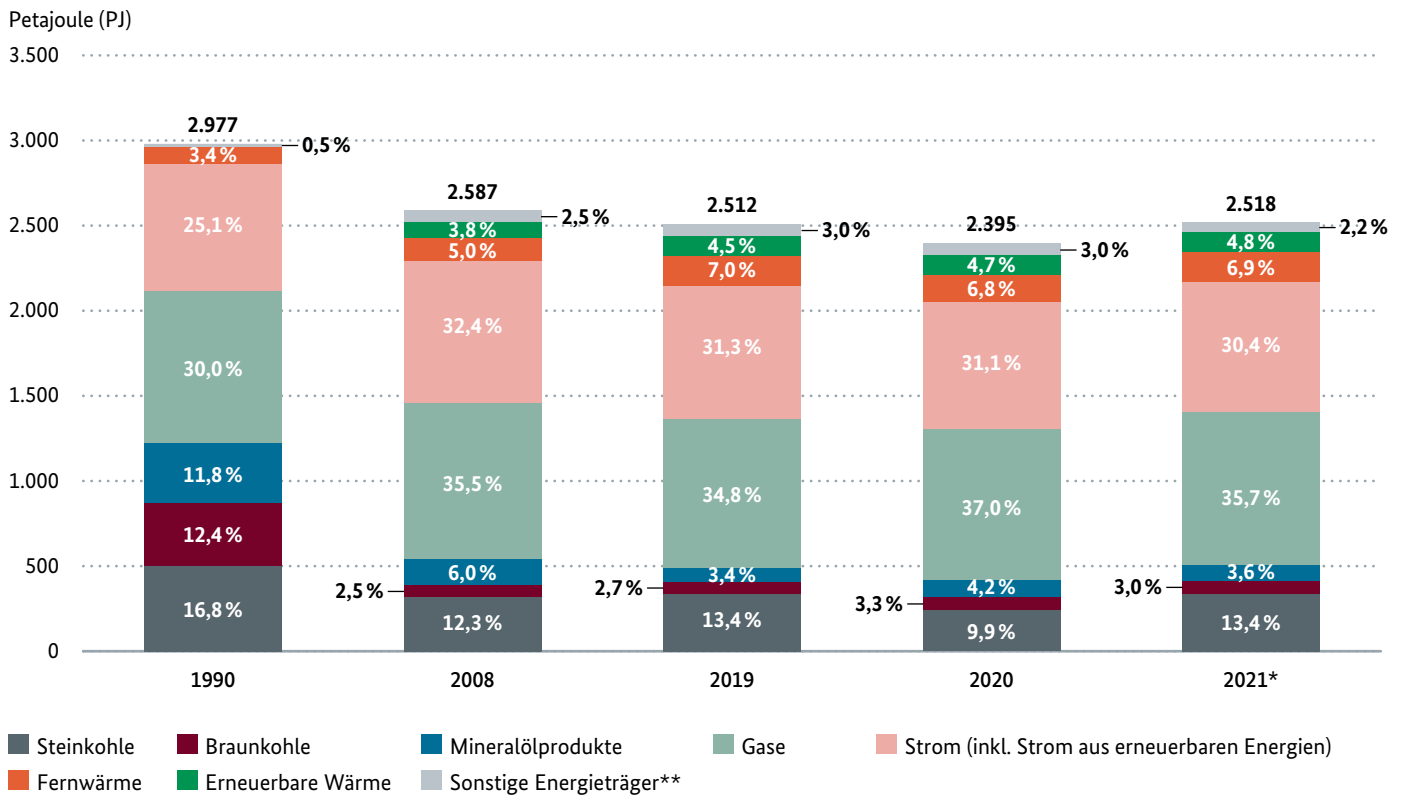
waren mit Abstand weiterhin Gase mit 899 PJ (35,7 Prozent) und Strom mit 766 PJ (30,4 Prozent), gefolgt von Steinkohlen mit 336 PJ (13,4 Prozent) und Fernwärme mit 173 PJ (6,9 Prozent).

Gegenüber dem Jahr 2019 ging der Verbrauch im Jahr 2020 durch die Corona-Pandemie insgesamt zurück. Besonders groß war der Rückgang des Endenergieverbrauchs aus Steinkohle (-29,3 Prozent). Ebenso sank der EEV der Energieträger Fernwärme (-6,8 Prozent), sonstige Energieträger (-6,2 Prozent), Strom (-5,4 Prozent) und erneuerbare Wärme (-0,8 Prozent). Dagegen wurden Mineralöle (+20,4 Prozent), Braunkohle (+17,3 Prozent) und Gase (+1,5 Prozent) verstärkt nachgefragt.

Gegenüber 2020 stieg der EEV der Industrie im Jahr 2021 durch die wirtschaftliche Erholung um 5,1 Prozent bzw. 123 PJ. Steinkohlen (+41,4 Prozent), erneuerbare Energien (+9,1 Prozent), Fernwärme (+5,7 Prozent), Strom (+3 Prozent) und Gase (+1,5 Prozent) wurden mehr nachgefragt als im Vorjahr. Der Verbrauch an sonstiger Energie (-24,3 Prozent), an Mineralölprodukten (-10,8 Prozent) sowie von Braunkohlen (-2,7 Prozent) reduzierte sich dagegen in der Industrie.

14 Der Energieverbrauch wird witterungs- bzw. temperaturbereinigt, indem der tatsächliche Energieverbrauch, der durch die Außentemperatur beeinflusst ist, mit einem Korrekturfaktor multipliziert wird. Dieser Korrekturfaktor wird mit Hilfe von Gradtagzahlen gebildet, die für das aktuelle Jahr und für eine Vergleichsperiode ermittelt werden. Erfolgt diese Korrektur nicht, sind die Energieverbrauchswerte unterschiedlicher Jahre und Standorte nur bedingt vergleichbar.

Abbildung 13: Endenergiemix des Sektors Industrie 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

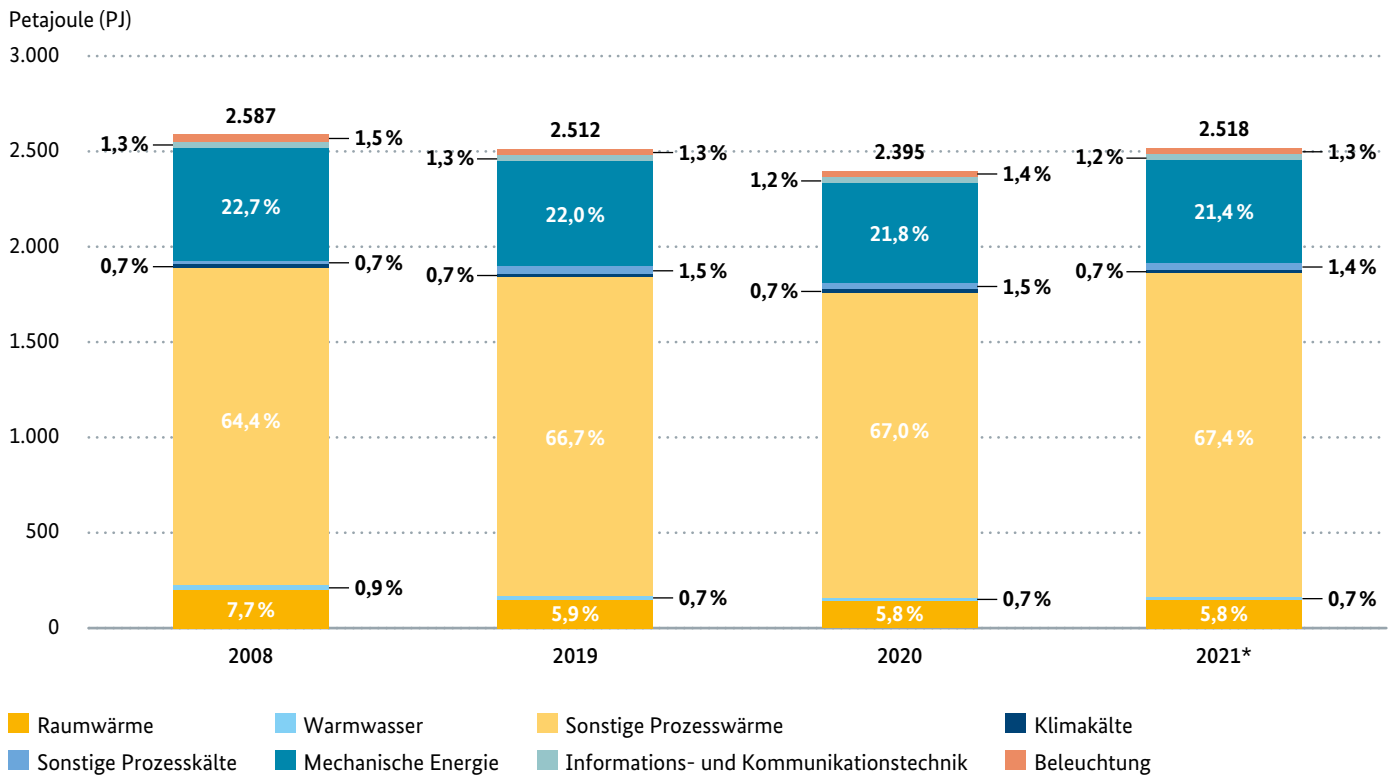
** Anteil sonstige Energieträger 1990: 0,0%

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Bei den Anwendungsbereichen dominiert mit Abstand die Prozesswärme, die im Jahr 2021 1.698 PJ oder 67,4 Prozent des EEV ausmachte. Für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen wurden 2021 540 PJ oder 21,4 Prozent der Endenergie der Industrie eingesetzt. 2020 ist durch die Pandemie der EEV in allen Anwendungsbereichen der Industrie um 117 PJ (-4,6 Prozent) gegenüber 2019 gesunken. Entsprechend ihrer Bedeutung hatten vor allem die Prozesswärme (-71 PJ bzw. -4,2 Prozent) sowie die mechanische Energie (-31 PJ bzw. -5,6 Prozent) maßgeblichen Anteil an dieser Verbrauchsreduzierung. Im

Zuge der wirtschaftlichen Erholung stieg aber der Energiebedarf dieser beiden Anwendungen wieder. 2021 wurden 94 PJ (+5,9 Prozent) mehr für Prozesswärme und 19 PJ (+3,5 Prozent) mehr für mechanische Energie benötigt als 2020. Ebenso stieg der Bedarf innerhalb eines Jahres für Raumwärme (+9 PJ bzw. +6,6 Prozent), IKT (+1 PJ bzw. +3 Prozent) und Prozesskälte (+0,4 PJ bzw. +1,1 Prozent). Leichte Verbrauchsrückgänge gab es im Bereich der Klimatisierung (-0,1 PJ bzw. -0,6 Prozent) und der Beleuchtung (-0,1 PJ bzw. -0,2 Prozent). Der Bedarf an Energie für Warmwasser blieb konstant.

Abbildung 14: Endenergieverbrauch der Industrie – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021



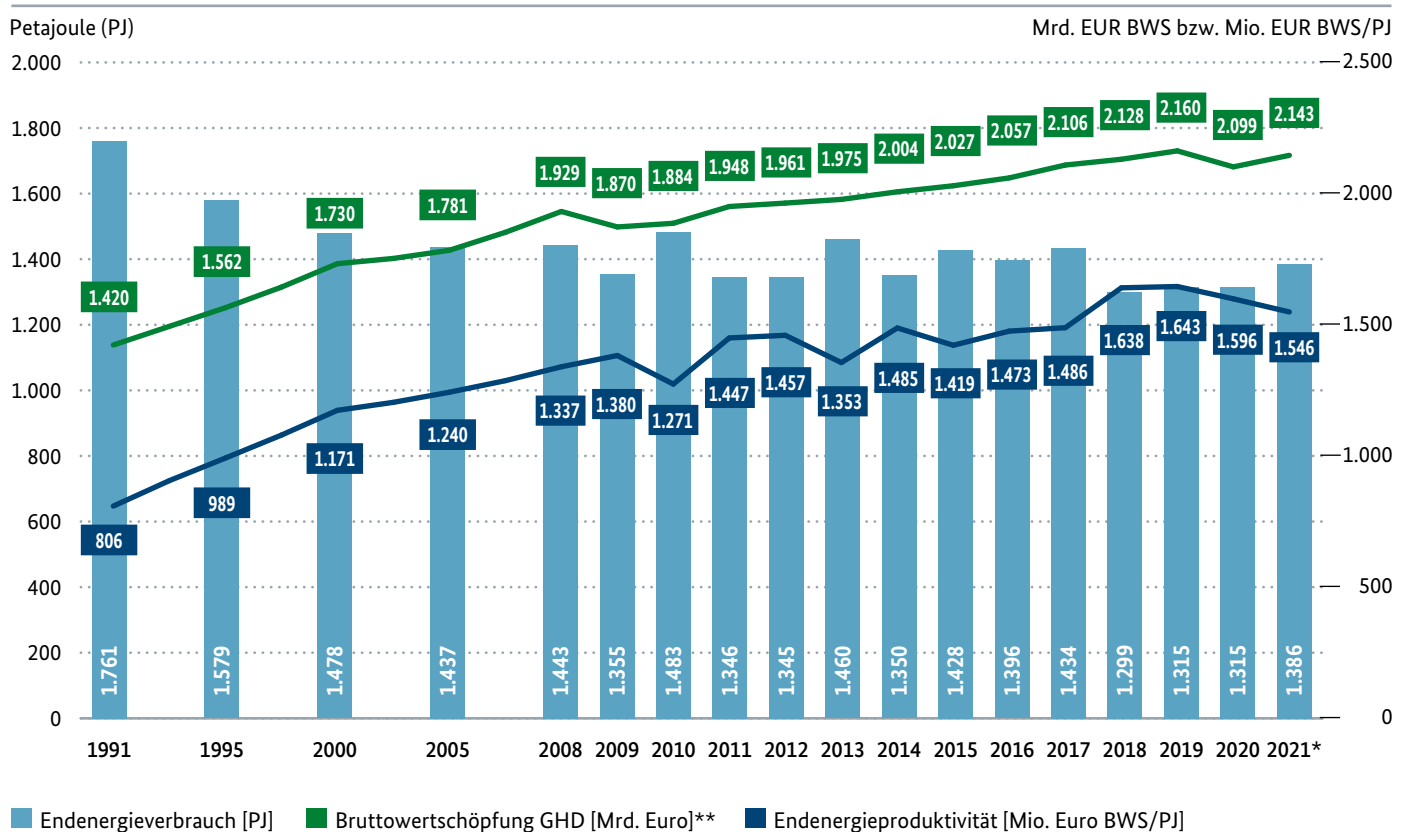
* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2022

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

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sank der Endenergieverbrauch von 1991 bis 2021 um 21,3 Prozent. Die Endenergieproduktivität ist im selben Zeitraum mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2,2 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt um 91,8 Prozent gestiegen.

Abbildung 15: Endenergieverbrauch und -produktivität – Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; BMWK, Energiedaten, Stand 09/2022

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sank der EEV von 1991 bis 2021 um 375 PJ oder 21,3 Prozent, während die Bruttowertschöpfung um 723 Mrd. Euro oder 50,9 Prozent

zulegte. Daraus resultierte ein Anstieg der Endenergieproduktivität für denselben Zeitraum um 91,8 Prozent.

Im Jahr 2021 wurde durch den GHD-Sektor 1.386 PJ Endenergie verbraucht – 71 PJ bzw. 5,4 Prozent mehr als im Jahr davor. Gegenüber dem Jahr 2008 ist der EEV bis 2021 um -3,9 Prozent zurückgegangen, während die Bruttowertschöpfung um 11,1 Prozent anstieg. Somit ist die Endenergieproduktivität seit 2008 um 15,7 Prozent gestiegen. 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 2021 durchschnittlich um -0,8 Prozent pro Jahr (nicht witterungsbereinigt). Die gleichzeitige Steigerung der Bruttowertschöpfung um durchschnittlich 1,4 Prozent pro Jahr ergibt für die Endenergieproduktivität eine Wachstumsrate von durchschnittlich 2,2 Prozent pro Jahr.

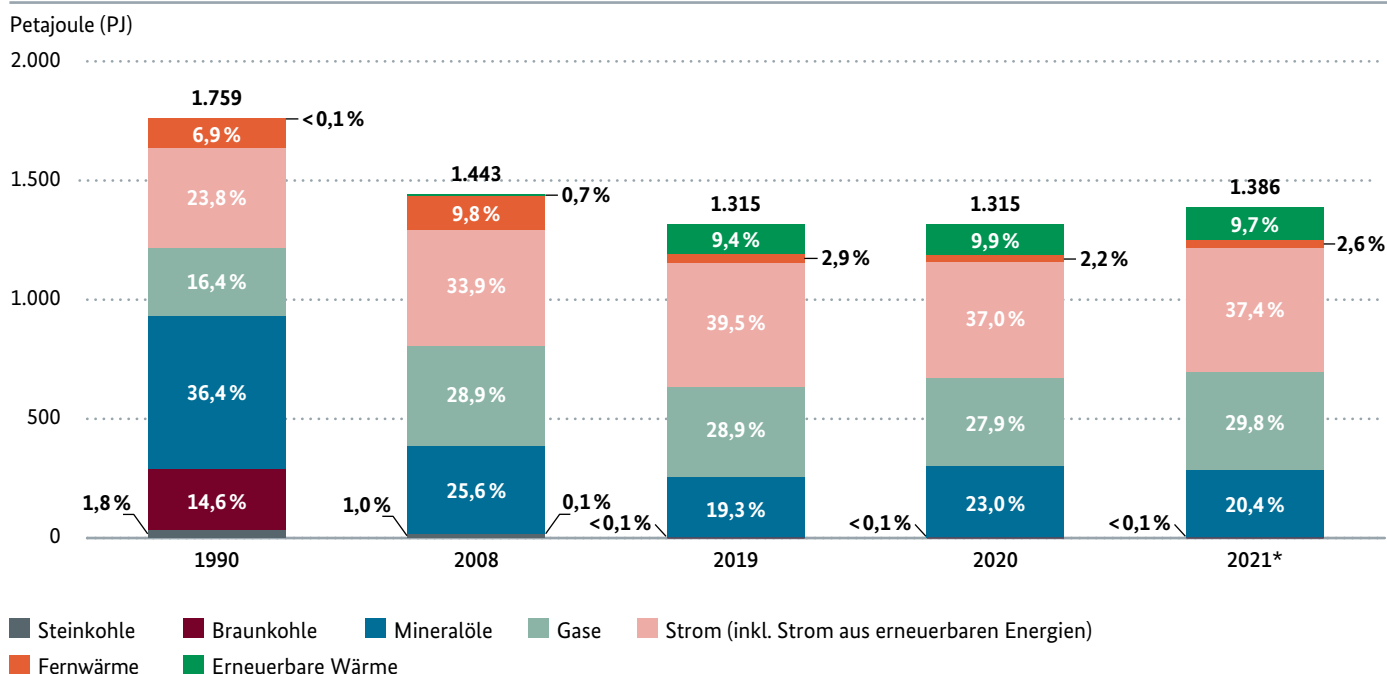
Seit 1990 haben Mineralölprodukte deutlich an Bedeutung verloren (-55,8 Prozent). Im Jahr 2021 sind die Hauptenergieträger mittlerweile Strom mit 519 PJ oder 37,4 Prozent (2020: 487 PJ; 37 Prozent) und Gase mit 413 PJ oder 29,8 Pro-

zent (2020: 368 PJ; 27,9 Prozent). Kohlen wurden weitestgehend aus dem Endenergiemix des GHD-Sektors verdrängt, insbesondere durch einen Energieträgerwechsel im Bereich Raumwärme.

In Folge der Corona-Pandemie hat sich der Endenergiemix des GHD-Sektors zwischen 2019 und 2020 nur geringfügig verändert – der gesamte EEV blieb sogar konstant. Bemerkenswert war der Anstieg des Verbrauchs von Mineralölprodukten um 19,3 Prozent, da niedrige Mineralölpreise eine Bevorratung mit Heizöl begünstigten. Ebenso konnte die erneuerbare Wärme um 4,8 Prozent im gleichen Zeitraum zulegen.

Im Vergleich zu 2020 ist der EEV des GHD-Sektor 2021 durch den wirtschaftlichen Aufschwung um 71 PJ bzw. 5,4 Prozent gestiegen. Die kühleren Temperaturen als in den Heizperioden in den Jahren zuvor haben ebenfalls zu diesem Anstieg geführt. Bis auf Mineralölprodukte (-6,3 Prozent) wurden alle im GHD-Endenergiemix vertretenen Energieträger stärker nachgefragt als 2020: Gase +12,5 Prozent, Strom +6,5 Prozent, Fernwärme +26 Prozent, erneuerbare Energien +3,9 Prozent.

Abbildung 16: Endenergiemix des Sektors GHD 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

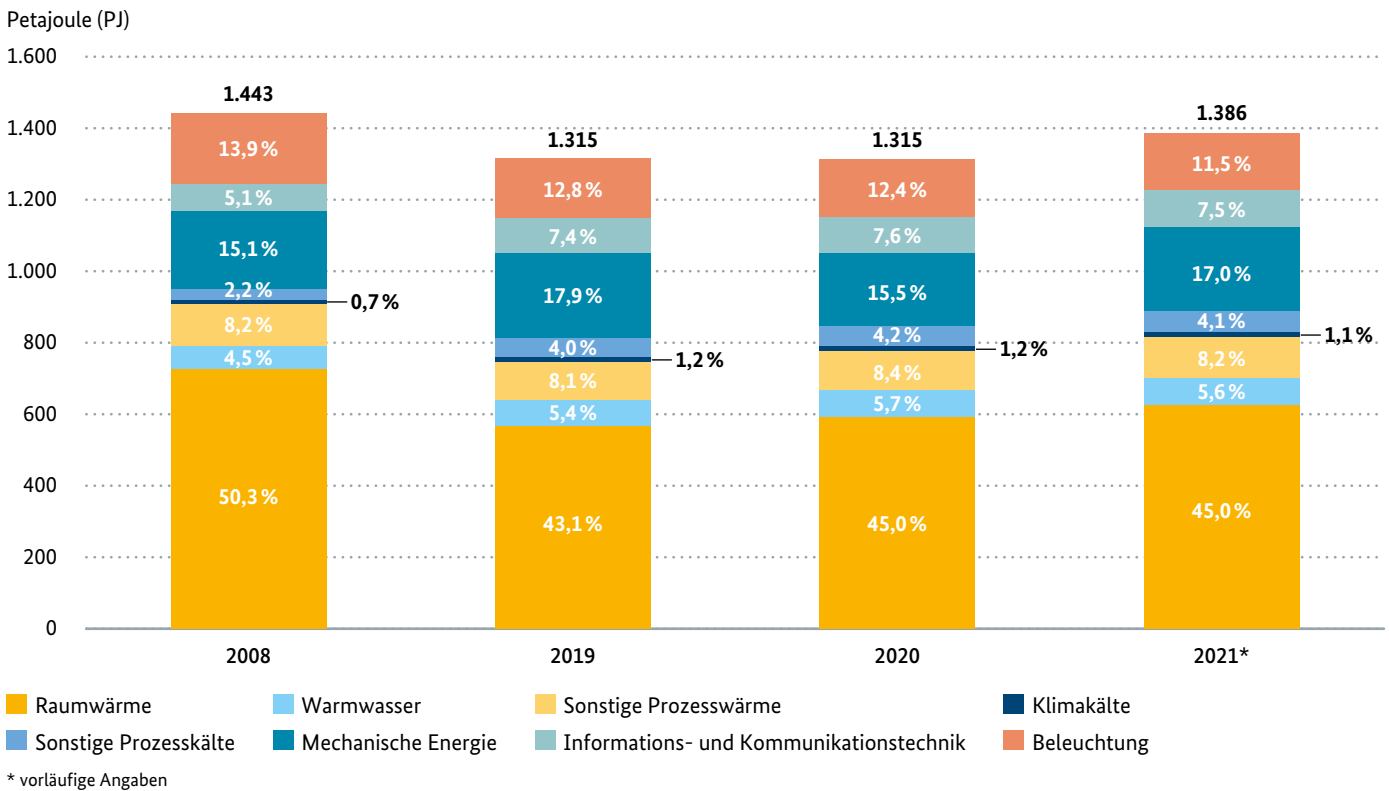
Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Der Anwendungsbereich Raumwärme dominiert den Endenergiebedarf des GHD-Sektors. 2021 war die Raumwärme mit 624 PJ für 45 Prozent des EEV verantwortlich. Größere Anteile am EEV hatten auch mechanische Energie mit 235 PJ oder 17 Prozent sowie Beleuchtung mit 160 PJ oder 11,5 Prozent.

Von 2008 bis 2021 ging der Energieverbrauch für Raumwärme um 101 PJ oder 14 Prozent, Beleuchtung um 41 PJ oder 20,3 Prozent und sonstige Prozesswärme um 3 PJ oder 2,9 Prozent zurück. Andererseits stieg der Energieeinsatz für mechanische Energie um 18 PJ oder 8,1 Prozent, Informations- und Kommunikationstechnik um 29 PJ oder 39,4 Prozent und sonstige Prozesskälte um 24 PJ oder 74,8 Prozent an. Ebenso haben Warmwasser (+12 PJ bzw. 18,9 Prozent) und Klimakälte (+5 PJ bzw. 50,8 Prozent) keinen Beitrag zur Verbrauchsreduzierung geleistet.

Kurzfristig gegenüber 2020 haben sich die Verbräuche für die Anwendungsbereiche Raumwärme (+32 PJ bzw. +5,4 Prozent), Warmwasser (+3 PJ bzw. 3,7 Prozent), Prozesswärme (+4 PJ bzw. +3,4 Prozent), Prozesskälte (+2 PJ bzw. +3,5 Prozent), Klimakälte (+0,3 PJ bzw. +2 Prozent), mechanische Energie (+31 PJ bzw. 15,3 Prozent) sowie IKT (+3 PJ bzw. +2,9 Prozent) erhöht. Nur der Bedarf an Endenergie für Beleuchtung reduzierte sich um 4 PJ (-2,4 Prozent) gegenüber dem Vorjahr. Neben der kühleren Witterung, die einen Anstieg des Energiebedarfs für Raumwärme mit sich brachte, ist vor allem die wirtschaftliche Erholung Grund für den gestiegenen Energieverbrauch des GHD-Sektors. Letzteres wird vor allem an der gestiegenen Nachfrage für mechanische Energie deutlich.

Abbildung 17: Endenergieverbrauch GHD – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2022

Informationsbox 2: 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. 2021 steuerte dieser tertiäre Sektor rund 70 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung bei. Der Anteil der Industrie (sogenanntes „Verarbeitendes Gewerbe“) reduzierte sich gegenüber 1991 von etwa 27 auf etwa 21 Prozent im Jahr 2021 (Destatis 2021a).

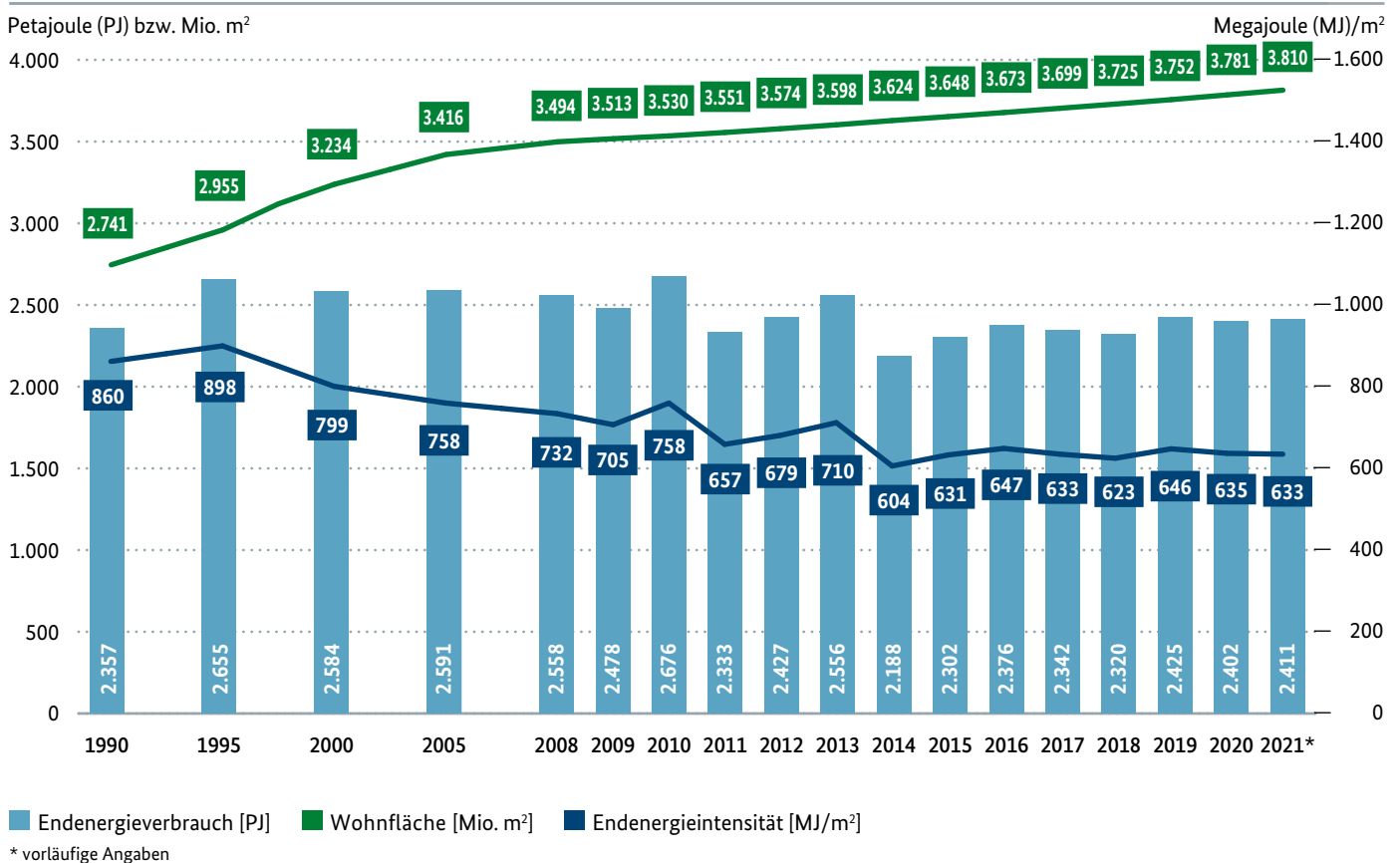
Auch anhand der Beschäftigungsentwicklung ist der Bedeutungsgewinn des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) ablesbar. Die Beschäftigungszahl im Bereich der Dienstleistungen stieg von 1991 bis 2021 um rund 41 Prozent. Im Industriesektor waren im Jahr 2021 dagegen 26 Prozent weniger Menschen angestellt als im Jahr 1991 (ebenda).

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 Energieverbrauch 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 lag der Endenergieverbrauch 2021 bei 2.411 PJ. Der EEV stieg von 1990 bis 2021 um 2,3 Prozent. Gleichzeitig stieg die Wohnfläche von 1990 bis 2021 um 39 Prozent. Damit ist die Energieintensität, also der gesamte Endenergieverbrauch umgelegt auf die Wohnfläche, zwischen 1990 und 2021 um 26,4 Prozent zurückgegangen.

Abbildung 18: Endenergieverbrauch und -intensität – Sektor private Haushalte



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; BMWK, Energiedaten, Stand 09/2022

Die privaten Haushalte benötigten im Jahr 2021 mit 2.411 PJ (nicht witterungsbereinigt) 2,3 Prozent bzw. 54 PJ mehr Energie als 1990. Gleichzeitig wuchs die Wohnfläche bis 2021 um 1.069 Mio. Quadratmeter oder 39 Prozent. Damit ging die Energieintensität, also der gesamte Endenergieverbrauch umgelegt auf die Wohnfläche (s. Glossar), bis 2021 um 26,4 Prozent im Vergleich zu 1990 zurück.

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. Hingegen 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 seit Mitte der 1990er Jahre den EEV pro Quadratmeter 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.

Der EEV sank im Zeitraum von 1991 bis 2021 um durchschnittlich 0,1 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Wohnfläche von durchschnittlich 1,1 Prozent pro Jahr im selben Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (Energieverbrauch pro Wohnfläche) durchschnittlich um 1 Prozent pro Jahr.

Verbrauchte jeder Einwohner Deutschlands 1990 im Durchschnitt 29,7 GJ (bzw. 8,2 MWh), so stieg dieser Wert bis zum Jahr 1996 auf 36,4 GJ (bzw. 10,1 MWh). Bis zum Jahr 2021 sank dieser Wert wieder auf 30,0 GJ bzw. 8,3 MWh pro Person (2020: 30,3 GJ bzw. 8,4 MWh).¹⁵

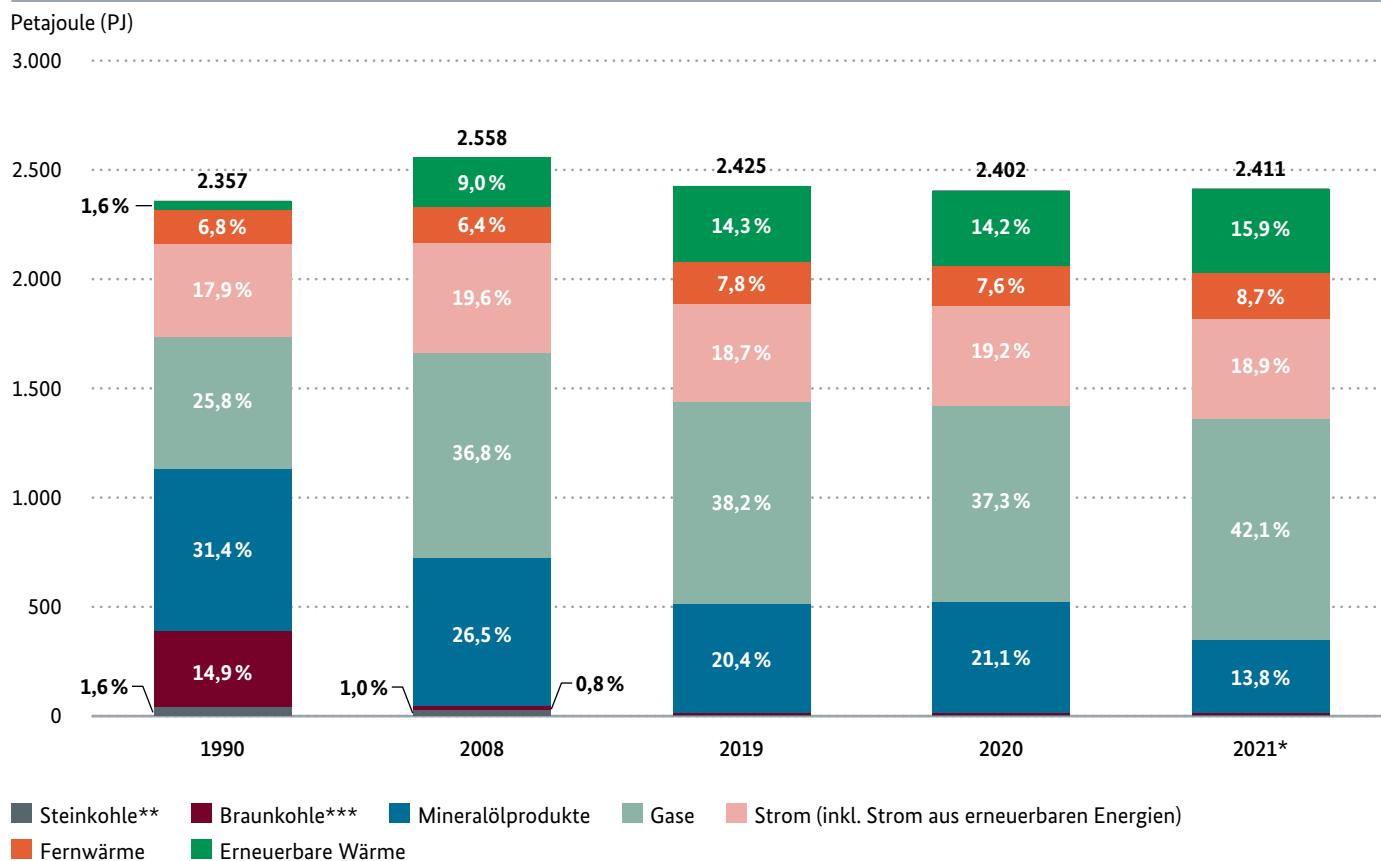
Der Energieträgermix verschob sich seit 1990 bis heute zugunsten von Brennstoffen mit geringeren Kohlenstoffdioxid-Emissionen. Dies verringerte die direkt durch die privaten Haushalte verursachten Treibhausgasemissionen. Erdgas hatte im Jahr 2021 mit 1.014 PJ einen Anteil von 42,1 Prozent am EEV. Der Stromverbrauch lag bei 457 PJ oder 18,9 Prozent des EEV. Im Jahr 2010 hatte der Stromverbrauch einen Höhepunkt mit 510 PJ. Der Verbrauch von Mineralöl lag 2021 bei 332 PJ oder einem Anteil von 13,8 Prozent. Somit hatten die erneuerbaren Endenergieträger (384 PJ bzw. 15,9 Prozent) zum ersten Mal eine höhere Bedeutung als Mineralölprodukte in dem Sektor private Haus-

halte. Der Verbrauch von Fernwärme hatte 2021 einen Anteil von 8,7 Prozent (210 PJ) und einen Anteil von 7,6 Prozent (183 PJ) im Jahr 2020 (2019: 190 PJ bzw. 7,8 Prozent). Braunkohle, die im Jahr 1990 noch einen Anteil von 14,9 Prozent am Energieverbrauch der Haushalte hatte, wird von den privaten Haushalten 2021 hingegen fast gar nicht mehr genutzt (12 PJ bzw. 0,5 Prozent). Gleiches gilt für Steinkohleprodukte, die auf einen Anteil von 0,1 Prozent (2 PJ) kommen.

Langfristig sind seit 1990 vor allem Mineralölprodukte (-408 PJ bzw. -55,1 Prozent) und Braunkohle (-339 PJ bzw. -96,5 Prozent) zurückgegangen. Ebenso hat sich der Verbrauch von Steinkohle um 36 PJ (-94,4 Prozent) stark reduziert. Dagegen haben Erdgas (+407 PJ bzw. +67 Prozent), Fernwärme (+50 PJ bzw. +31 Prozent) und Strom (+35 PJ bzw. +8,2 Prozent) an Bedeutung für die Energieversorgung der Haushalte gewonnen. Der Verbrauch von erneuerbaren Energien, die 1990 nur einen Anteil von 1,6 Prozent (39 PJ) hatten, ist sogar um +892,8 Prozent (+345 PJ) gestiegen.

Gegenüber 2020 ist vor allem der Verbrauch von Mineralölprodukten gesunken: -34,5 Prozent bzw. -175 PJ. Das lag vor allem daran, dass viele Haushalte aufgrund der Preissteigerungen ihre Lagerbestände an Heizöl zunächst aufgebraucht haben. In einem geringen Umfang von -0,9 Prozent (-4 PJ) hat sich auch der Bedarf an Strom reduziert. Diese beiden Energieträger wurden im Jahr davor noch verstärkt nachgefragt. Dass der EEV gegenüber 2020 gestiegen ist, lag vor allem an der erhöhten Nachfrage nach Gasen (+13,1 Prozent bzw. 117 PJ) und in geringerem Umfang an der Fernwärme (+14,7 Prozent bzw. 27 PJ). Außerdem wurde in den privaten Haushalten mehr mit erneuerbaren Energien Wärme erzeugt (+43 PJ bzw. 12,6 Prozent).

Abbildung 19: Endenergiemix des Sektors private Haushalte 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

** Anteile Steinkohle 2019, 2020 und 2021 je 0,1 %

*** Anteile Braunkohle 2019, 2020 und 2021 je 0,5 %

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Der Anwendungsbereich Raumwärme dominierte über die Jahre 2008 bis 2021 den EEV und hatte im Jahr 2021 mit 1.644 PJ wie schon 2008 einen Anteil von über zwei Drittel (68,2 Prozent). Die übrigen Anwendungsbereiche entfielen auf den Energieverbrauch für Warmwasser mit 381 PJ oder 15,8 Prozent, sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 144 PJ oder 6 Prozent und Prozesskälte (vor allem Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln) mit 104 PJ oder 4,3 Prozent. Der Energieverbrauch für Informations- und Kommunikationstechnik hatte mit 77 PJ oder 3,2 Prozent wie auch der für Beleuchtung mit 36 PJ oder 1,5 Prozent einen relativ geringen Anteil.

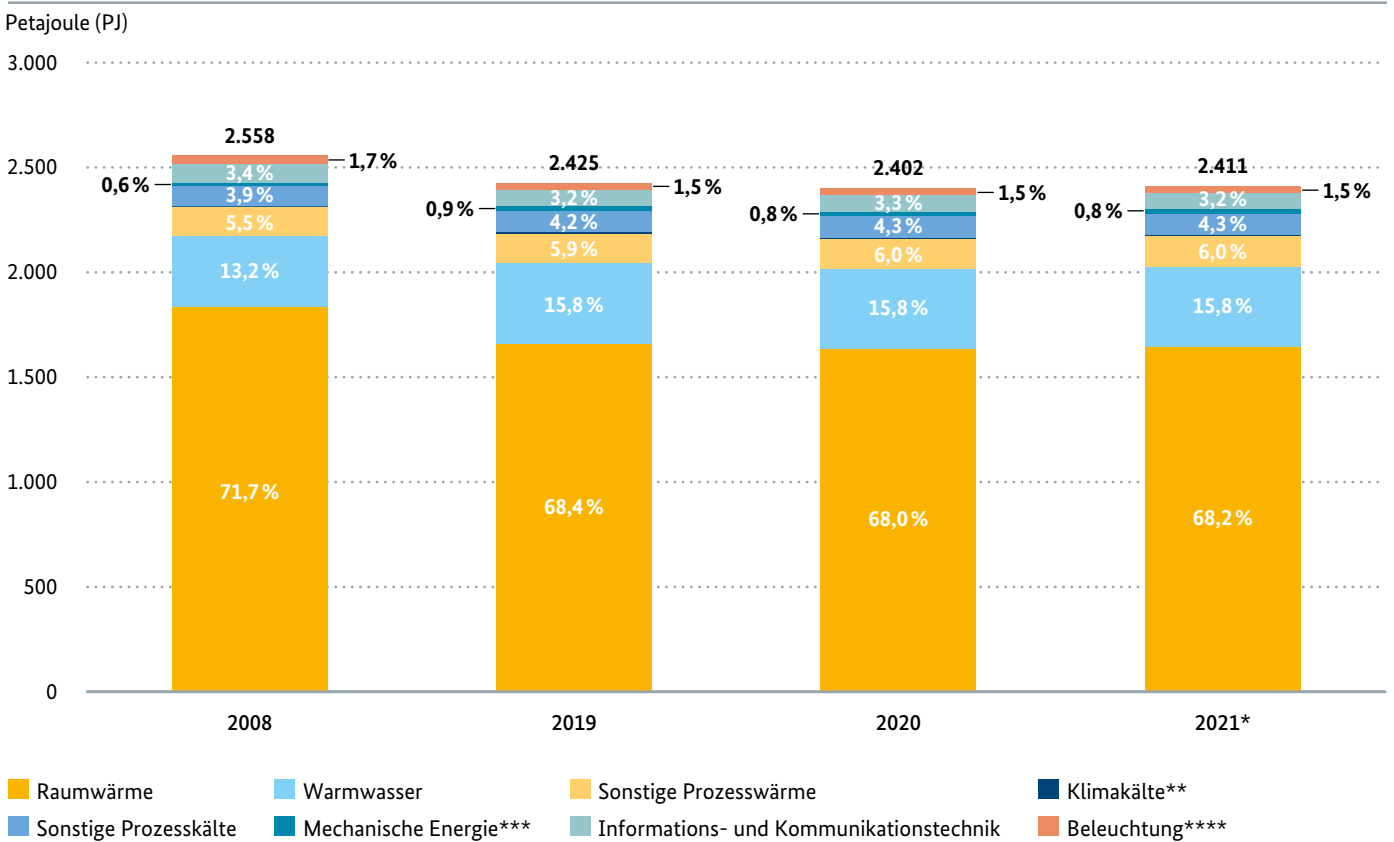
Im Vergleich zu 2008 sank der Energieeinsatz für Raumwärme bis 2021 um -190 PJ oder -10,3 Prozent aufgrund energetischer Sanierungen und effizienterer Heizsysteme. Der größte Teil dieser Einsparung stammt aus den Jahren bis 2014. Auch der Verbrauch für Informations- und Kommunikationstechnik (-11 PJ oder -12,3 Prozent) und für Beleuchtung (-8 PJ oder -17,4 Prozent) ging zurück. Dies lag vor allem an energieeffizienterer Unterhaltungselektronik bzw. daran, dass Glühbirnen durch modernere Beleuchtungsmittel verdrängt wurden. Gestiegen ist dagegen der Energieeinsatz für Warmwasser (+43 PJ oder 12,6 Prozent). Besonders deutlich stieg – auf niedrigem Niveau – der

Energieverbrauch für mechanische Energie (+6 PJ oder 39,7 Prozent), da immer mehr Antriebstechnik in die Haushalte einzieht.

Kurzfristig gegenüber 2020 ist der Bedarf an Raumwärme (+11 PJ bzw. +0,7 Prozent) durch den kühleren Winter und Warmwasser (+1 PJ bzw. +0,2 Prozent) gestiegen. Leicht gesunken sind die Verbräuche im Zusammenhang mit Prozesswärme (-0,9 PJ bzw. -0,5 Prozent), Prozesskälte (-0,9 PJ bzw. -0,9 Prozent), mechanischer Energie (-0,2 PJ bzw. -0,8 Prozent), IKT (-0,7 PJ bzw. 0,9 Prozent) und Beleuchtung (-0,4 PJ bzw. -1,1 Prozent).

Der Rückgang des EEV im Pandemiejahr 2020 gegenüber 2019 ist vor allem auf die Raumwärme (-26 PJ bzw. -1,5 Prozent) sowie Warmwasser (-3 PJ bzw. -0,8 Prozent) und mechanische Energie (-1 PJ bzw. -3,5 Prozent) zurückzuführen. Indizien dafür, dass die Menschen während der Lockdowns mehr Zeit zu Hause verbrachten, waren die kurzfristigen Anstiege bei der Informations- und Kommunikationstechnik (+1 PJ bzw. +1,8 Prozent), der Beleuchtung (+1 PJ bzw. +1,9 Prozent), der Prozesswärme (+2 PJ bzw. +1,7 Prozent) sowie der Prozesskälte (+2 PJ bzw. 1,8 Prozent).

Abbildung 20: Anteile der Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2008, 2019, 2020 und 2021

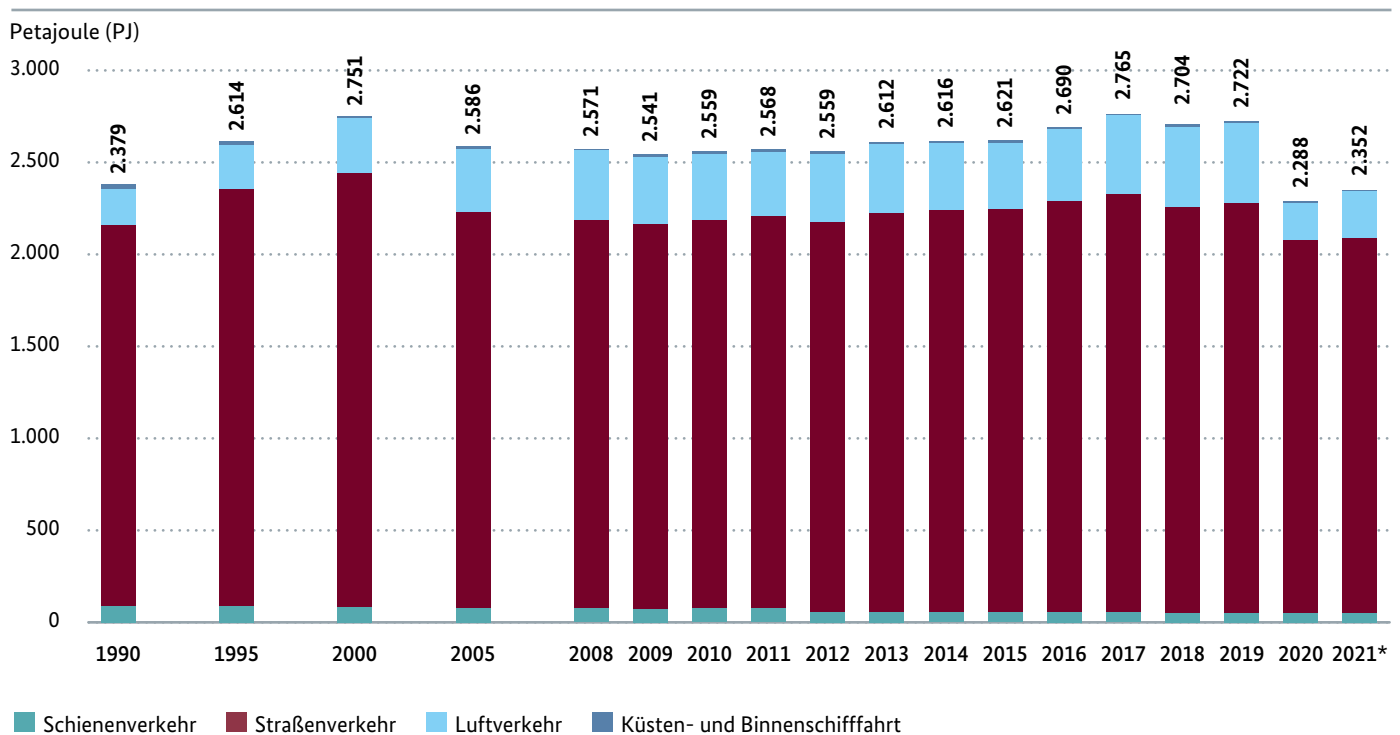


* vorläufige Angaben
 ** Anteil Klimakälte 2008: 0,0 %; 2019 bis 2021 je 0,2 %
 *** Anteil mE 2008: 0,6 %; 2019: 0,9 %; 2020 und 2021 je 0,8 %
 **** Anteil Beleuchtung 2008: 1,7 %; 2019 bis 2021 je 1,5 %

3.9 Endenergieverbrauch und -intensität im Sektor Verkehr

Im Verkehrssektor ist der Endenergieverbrauch (Inlandsabsatz) von 1990 bis 2021 um 1,1 Prozent gesunken. Es wurden zu über 92 Prozent Kraftstoffe aus Mineralöl eingesetzt. Biokraftstoffe und Strom spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2020 fiel der Verbrauch von Endenergie im Sektor bedingt durch die Corona-Pandemie auf den niedrigsten Stand seit 1990.

Abbildung 21: Endenergieverbrauch – Sektor Verkehr (gemäß Inlandsabsatz)



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Im Verkehrssektor ist der EEV (gemäß Inlandsabsatz) von 1990 bis 2019 um 343 PJ oder 14,4 Prozent gestiegen. Im Jahr 2020 sank der EEV gegenüber 2019 um 16 Prozent auf 2.288 PJ, den niedrigsten Energieverbrauch im Verkehrssektor seit 1990. Ursache war die Corona-Pandemie und die von der Regierung ergriffenen Maßnahmen zu ihrer Eindämmung. Vor allem der Flugverkehr war betroffen: Der EEV des Luftverkehrs (nationaler und internationaler Luftverkehr) sank nach

vorläufigen Angaben um 54 Prozent von 435 auf 200 PJ. 2021 ist der EEV des Verkehrssektors wieder leicht angestiegen: +65 bzw. 2,8 Prozent. Dies lag vor allem an der Erholung der Luftfahrtbranche (+58 PJ bzw. 28,7 Prozent) und an einer geringen Zunahme des Energiebedarfs im Straßenverkehr (+6 PJ bzw. 0,3 Prozent). Die Nachfrage nach Energie durch den Schienen- (51 PJ) und Schiffsverkehr (10 PJ) veränderte sich gegenüber 2020 nicht.

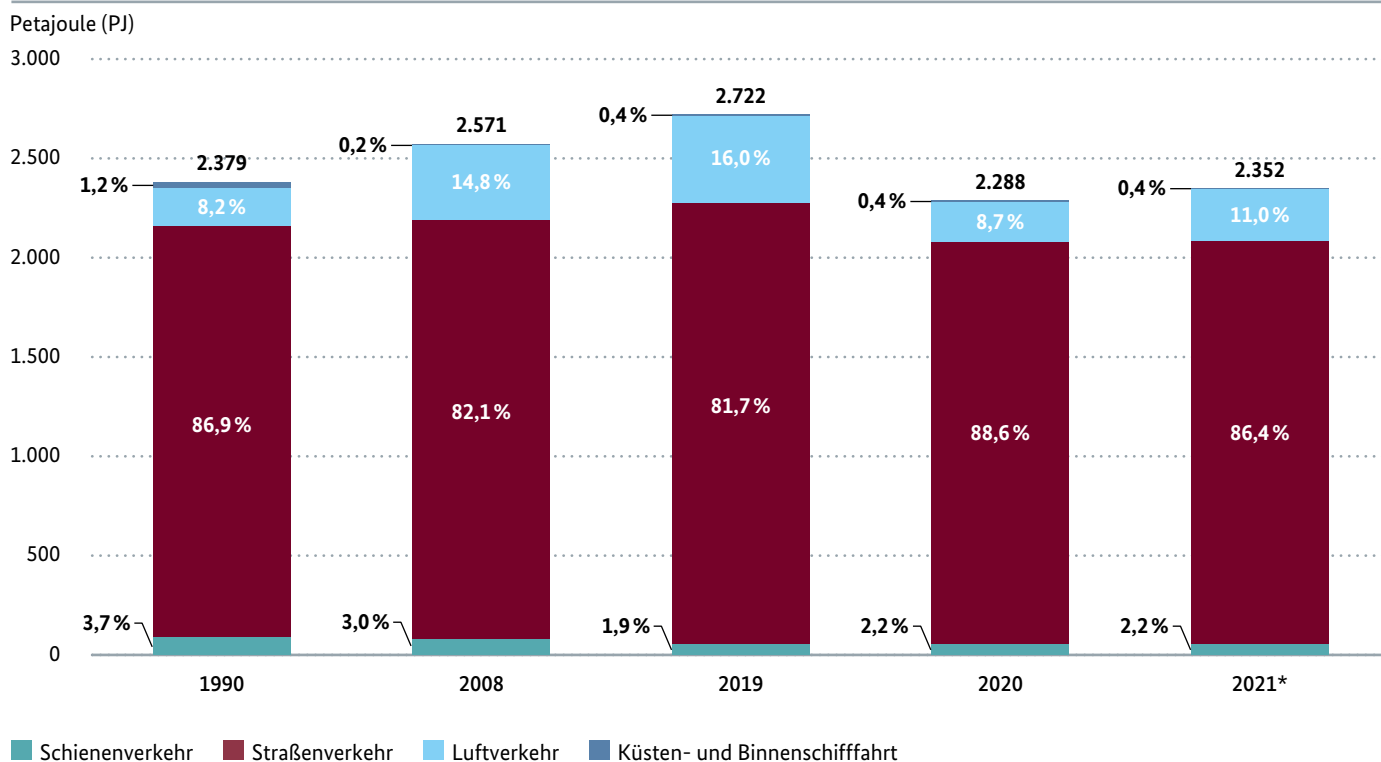
Maßgeblich für die Entwicklung der Jahre zwischen 1990 und 2019 war die Entwicklung des Straßenverkehrs mit einem Anteil von durchweg über 80 Prozent am EEV im Sektor Verkehr. Entsprechend folgte der Endenergieverbrauch des gesamten Sektors dem Verbrauch des Straßenverkehrs. Dieser stieg im Zeitraum von 1990 bis 1999 um 337 PJ. Bis 2012 erfolgte dann ein Rückgang um 286 PJ. Im Zeitraum von 2012 bis 2019 stieg der Energiebedarf des Subsektors Straßenverkehr wieder um 107 PJ. Über die ganze Zeitspanne von 1990 bis 2019 wuchs der EEV im Straßenverkehr um 157 PJ oder 7,6 Prozent auf 2.224 PJ. Im Jahr 2020 ging der EEV des Straßenverkehrs um 197 PJ oder 8,9 Prozent auf 2.027 PJ zurück – den niedrigsten Wert seit der Wiedervereinigung. 2021 lag der Bedarf bei 2.033 PJ.

Der Schienenverkehr verbrauchte 2021 37 PJ oder 42,1 Prozent weniger Endenergie als 1990. Die Eisenbahn verbrauchte im Jahr 2021 51 PJ oder 2,2 Prozent des EEV im Sektor Verkehr. Da die Fahrpläne der Bahn in der Pandemie nicht eingeschränkt wurden, hatten die Corona-Maßnahmen kaum Einfluss auf den EEV des Schienenverkehrs (2019: 52 PJ; 2020: 51 PJ).

Der EEV der Küsten- und Binnenschifffahrt sank zwischen 1990 und 2019 um 16 PJ oder 59,4 Prozent. Die größten Rückgänge waren vor 1999 zu verbuchen. 2019 lag der EEV der Schifffahrt bei 11 PJ oder 0,4 Prozent des gesamten EEV des Verkehrs. Der EEV der Küsten- und Binnenschifffahrt war von den Auswirkungen der Corona-Krise nur gering betroffen: Gegenüber dem 2019 sank der EEV im Jahr 2020 um 1 PJ auf 10 PJ. 2021 hat sich der EEV nicht verändert und verharrte bei 10 PJ.

Der Luftverkehr wuchs zwischen 1990 und 2019 hingegen fast kontinuierlich (+239 PJ oder +122,1 Prozent von 1990 bis 2019). Im Jahr 2019 war er insgesamt für 435 PJ oder 16,0 Prozent des EEV im Verkehrssektor verantwortlich. Im Jahr 2020 brach der EEV hingegen stark ein – um 235 PJ oder 54 Prozent gegenüber 2019. 2021 stieg die Nachfrage nach Flugreisen wieder an und damit auch der EEV der Airlines: +58 PJ bzw. +28,7 Prozent. 2021 lag der EEV des Luftverkehrs bei 258 PJ und damit 31,6 Prozent höher als 1990.

Abbildung 22: Endenergieverbrauch des Verkehrs – Anteile der Verkehrsträger
1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Zur Betrachtung der Endenergieintensität¹⁶ 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 werden hierbei in Grundzügen berücksichtigt – das sogenannte Tank-Delta (Grauimporte, Tanktourismus).

Im Personenverkehr lag somit die Veränderungsrate des EEV im Zeitraum von 1990 bis 2021 durchschnittlich bei -0,3 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Verkehrsleistung von durchschnittlich 0,1 Prozent pro Jahr im selben Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) durchschnittlich um 0,4 Prozent pro Jahr.

16 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.

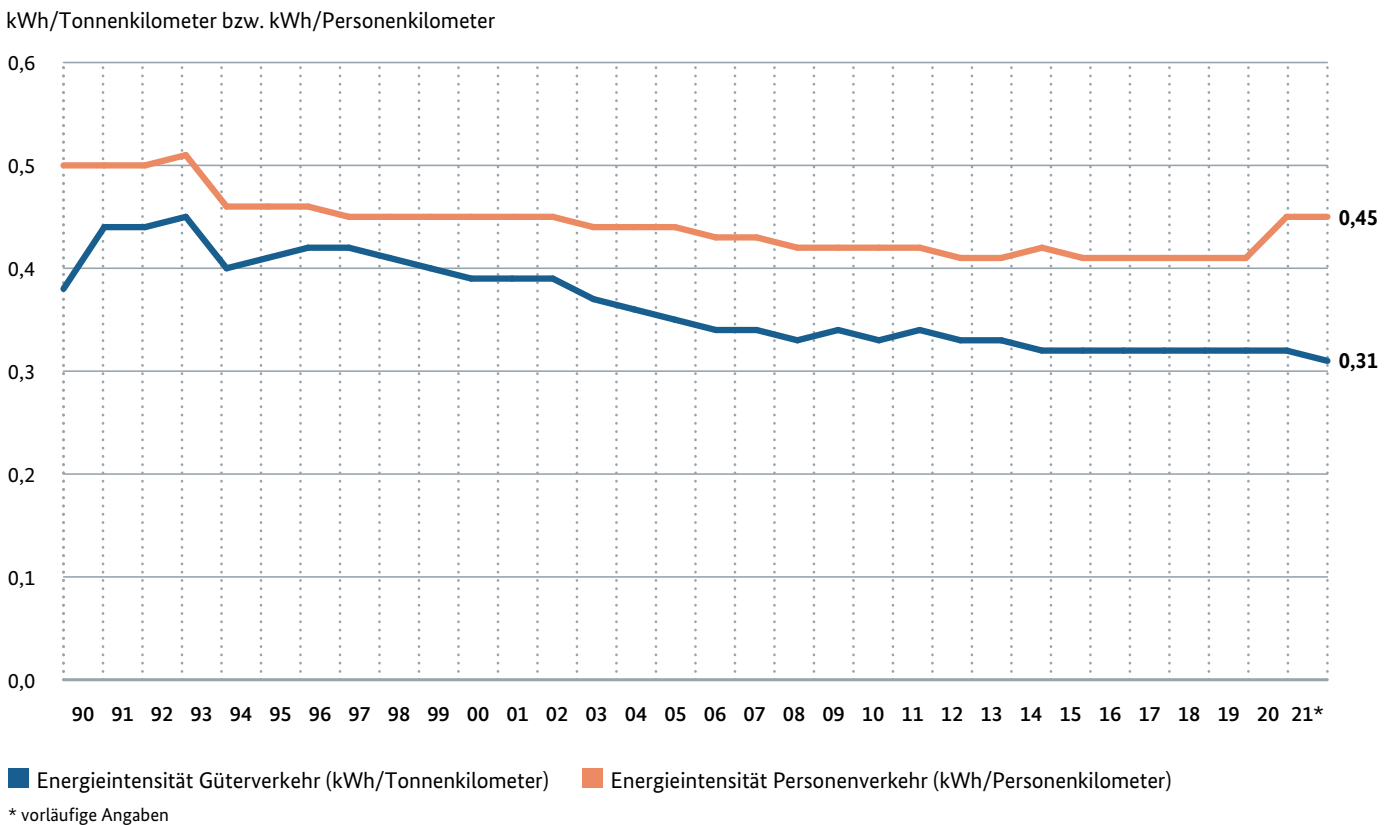
Betrachtet man den Zeitraum vor der Corona-Pandemie 1990 bis 2019, so ist der EEV laut TREMOD um durchschnittlich 0,7 Prozent pro Jahr gestiegen. Die Verkehrsleistung des Personenverkehrs ist um 1,4 Prozent pro Jahr gestiegen. Die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) reduziert sich so bis 2019 um durchschnittlich 0,7 Prozent.

Im Bereich des schweren Güterverkehrs reduzierte sich der EEV bis 2021 gegenüber 1990 durchschnittlich um 1,6 Prozent. Die Transportleistung erhöhte sich im selben Zeitraum um 2,2 Prozent.

Somit ging die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) um 0,6 Prozent zurück.

Im Güterverkehr lag die Veränderungsrate des EEV im Zeitraum von 1990 bis 2019 durchschnittlich bei 1,7 Prozent pro Jahr. Mit einer Wachstumsrate der Verkehrsleistung von jahresdurchschnittlich 2,4 Prozent im selben Zeitraum sank damit die Endenergieintensität (inklusive Tank-Delta) durchschnittlich um 0,6 Prozent pro Jahr. Die Auswirkungen der Corona-Maßnahmen waren somit im Güterverkehr weniger spürbar als im Personenverkehr.

Abbildung 23: Energieintensitäten im Personen- und Güterverkehr



Quelle: UBA, Daten und Rechenmodell TREMOD 6.41 (10/2022)

Beim Energieträgermix des Sektors Verkehr sind Mineralölprodukte trotz abnehmenden Anteils dominant. Im Jahr 2021 lag ihr Anteil bei 2.177 PJ

oder 92,5 Prozent des gesamten EEV im Verkehrssektor. Der Rückgang des EEV des Sektors Verkehr (-434 PJ bzw. -16 Prozent) im Jahr 2020 betraf fast

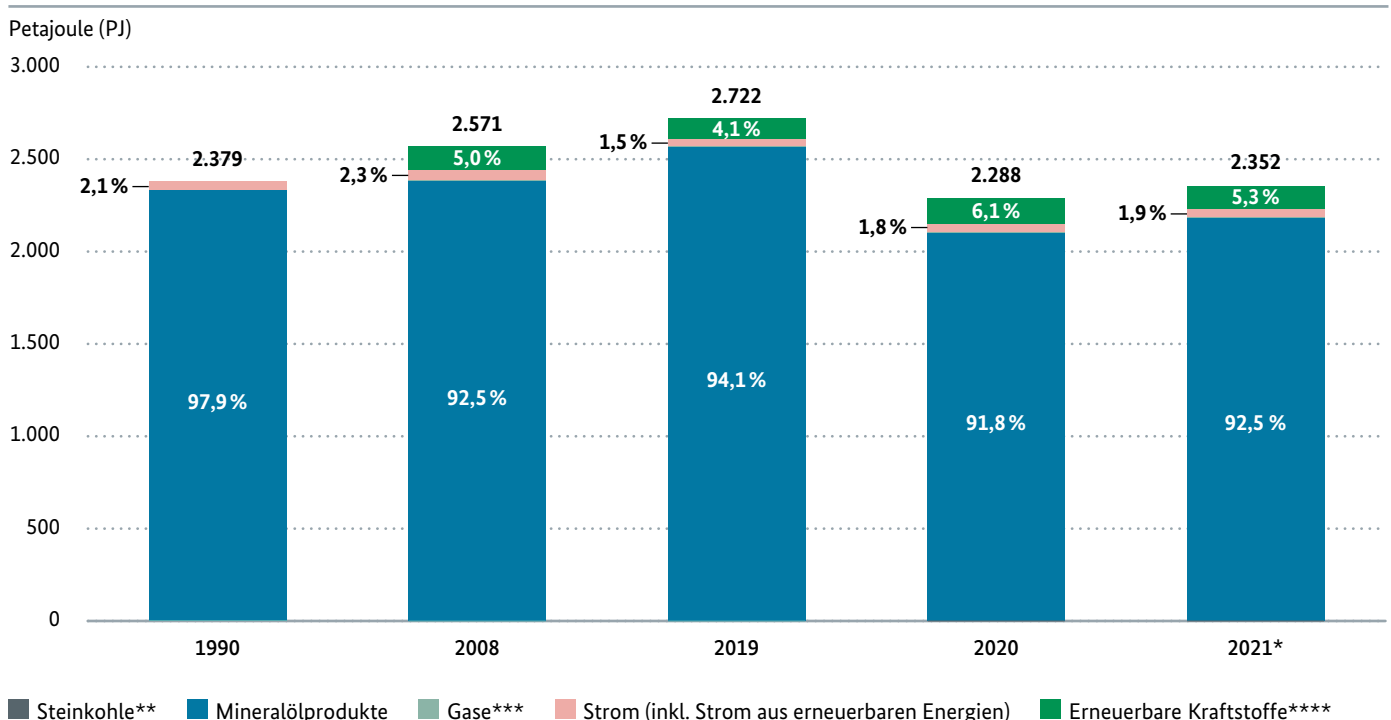
ausschließlich die Mineralölprodukte (-462 PJ bzw. -18 Prozent). Ihr Anteil am gesamten EEV sank in diesem Jahr auf 91,8 Prozent (1990: 97,9 Prozent). 2021 ist der Bedarf an Benzin, Diesel und Kerosin wieder gestiegen: +77 PJ bzw. +3,7 Prozent gegenüber 2020.

Biokraftstoffe („erneuerbare Kraftstoffe“) spielen beim Verkehr bislang nur eine untergeordnete Rolle. Der Verbrauch von Biokraftstoffen im Straßenverkehr lag 2021 bei 123 PJ (6,1 Prozent des EEV im Subsektor Straßenverkehr). Im Jahr davor lag der Verbrauch bei 140 PJ (6,9 Prozent). Somit reduzierte sich der Bedarf an Biokraftstoffen innerhalb eines Jahres um -17 PJ bzw. 11,8 Prozent.

Strom kommt bislang vor allem im Schienenverkehr zu Einsatz. Der Anteil des Energieträgers am EEV des Verkehrs lag 2021 bei 1,9 Prozent (45 PJ), ein Jahr zuvor bei 1,8 Prozent (42 PJ). Gase werden im Verkehrssektor kaum verwendet und hatten 2021 mit 7 PJ einen Anteil von 0,3 Prozent am EEV des Verkehrssektors (2020: 6 PJ, 0,3 Prozent).

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 24: Endenergiemix des Verkehrs 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

** Anteil Steinkohle 1990: < 0,1 %; 2008, 2019, 2020, 2021 jeweils 0,0 %

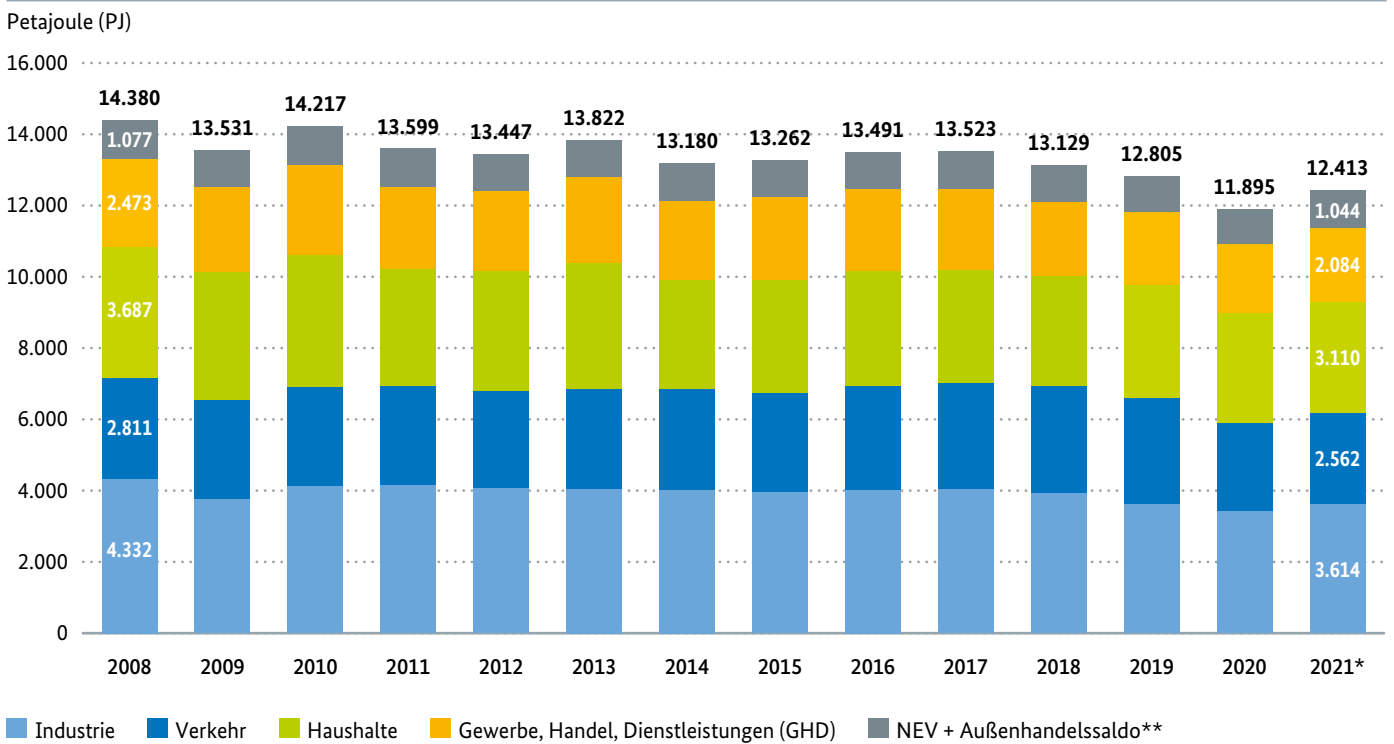
*** Anteil Gase 1990: 0,0 %; 2019: 0,2%, 2008, 2020, 2021 jeweils 0,3 %

**** Anteil erneuerbare Kraftstoffe 1990: 0,0 %

3.10 Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs

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

Abbildung 25: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Sektoren



* vorläufige Angaben
 ** Außenhandel Strom und Fernwärme

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

Informationsbox 3: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs

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

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

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

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

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

Wird die in Informationsbox 3 beschriebene Methode genutzt, um eine verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs auf die Sektoren vorzunehmen, so war die Industrie im Jahr 2021 mit 3.614 PJ für rund 29,1 Prozent des Primärenergieverbrauchs verantwortlich. Auf die privaten Haushalte entfielen 25,1 Prozent bzw. 3.110 PJ. Der Verkehr verursachte 20,6 Prozent bzw. 2.562 PJ des PEV. Der GHD-Sektor hatte mit 16,8 Prozent (2.084 PJ) den geringsten Anteil der Verbrauchssektoren am Primärenergieverbrauch.¹⁷ Die restlichen 8,4 Prozent (1.044 PJ) des Primärenergieverbrauches verantworteten der nicht-energetische Verbrauch (NEV) und der positive Außenhandelsaldo mit Sekundärenergieträgern (Strom und Fernwärme).

Der Verkehr verdeutlicht, wie die Umwandlungs- und Leitungsverluste sowie der Eigenverbrauch im Energiesektor, die bei der Bereitstellung von bestimmten Sekundärenergieträgern anfallen, den Primärenergiebedarf beeinflussen. Der Verkehrssektor hat einen Anteil von 27,1 Prozent am EEV im Jahr 2021 (siehe Kapitel 3.2). Der Endenergiemix besteht aber zu rund 92 Prozent aus Kraftstoffen,

hergestellt aus Rohöl. In der Mineralölverarbeitung sind die Umwandlungsverluste im Vergleich zur (fossilen) Stromerzeugung überschaubar.¹⁸ Daher hat der Verkehr, wenn man den verursachergerechten Anteil am Primärenergieverbrauch betrachtet, nur einen Anteil von 20,6 Prozent am PEV.

Wird der Primärenergieverbrauch den Anwendungen nach der oben beschriebenen Methode zugeordnet, so entfielen 33 Prozent bzw. 4.101 PJ auf die mechanische Energie. 21,6 Prozent bzw. 2.680 PJ des Primärenergieverbrauchs waren auf die Raumwärme zurückzuführen. Darüber hinaus war die Prozesswärme mit 20 Prozent bzw. 2.480 PJ ein wesentlicher Treiber des Primärenergieverbrauchs. Der restliche PEV stand im Zusammenhang mit Warmwasser (4,8 Prozent bzw. 599 PJ), Beleuchtungsanwendungen (4,2 Prozent bzw. 517 PJ), Informations- und Kommunikationstechnik (3,8 Prozent bzw. 478 PJ), Prozesskälte (3,5 Prozent bzw. 431 PJ) und der Klimatisierung (0,7 Prozent bzw. 82 PJ).¹⁹ Effizienzsteigerungen sind somit vor allem im Bereich Raumwärme, Prozesswärme und mechanische Energie sinnvoll, da über drei Viertel des PEV auf diese Anwendungen zurückzuführen sind.

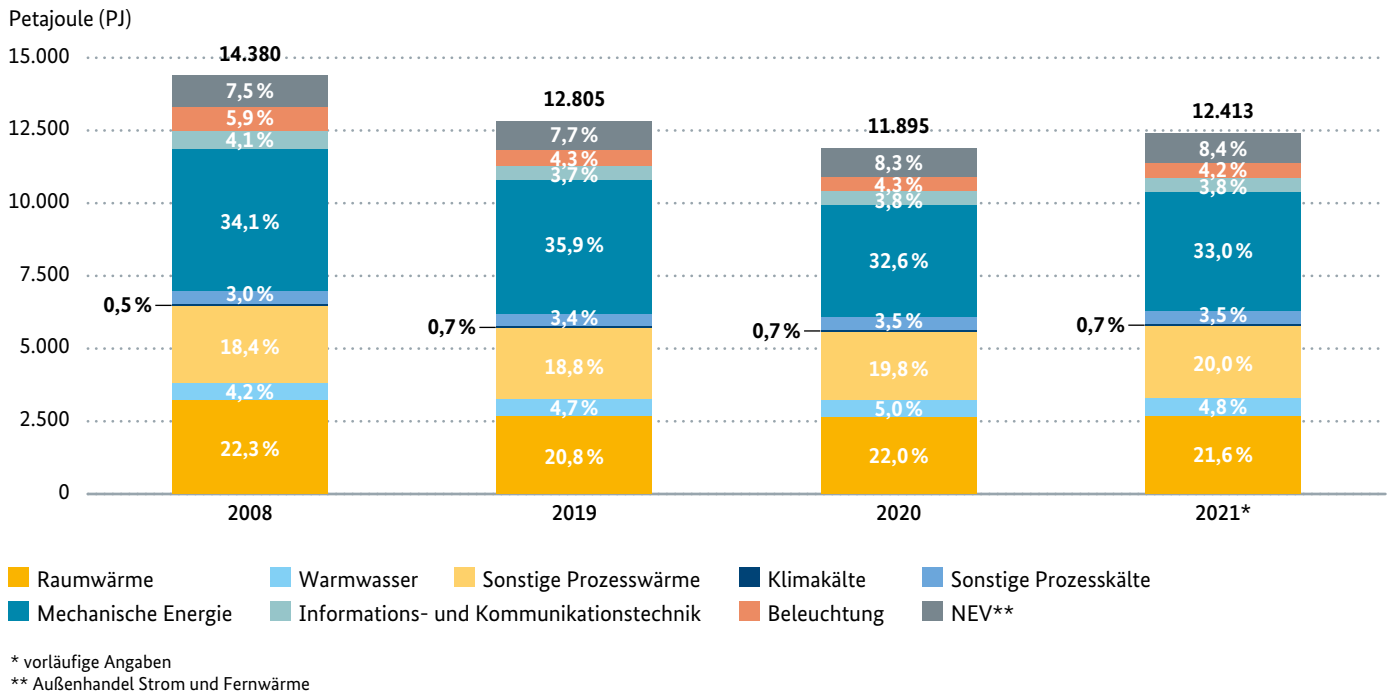
17 Im Vergleich dazu lag der Endenergieverbrauch (EEV) der Industrie im Jahr 2021 bei 2.518 PJ und der EEV der privaten Haushalte bei 2.411 PJ. Im selben Jahr wurden im Verkehrssektor Endenergieträger in der Menge von 2.352 PJ verbraucht. Im GHD-Sektor waren es 1.386 PJ.

18 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 ist, erhalten. Diese steht dem Verbraucher in Form von Kraftstoffen zur Verfügung. Die Umwandlungsverluste belaufen sich auf 5 Prozent.

Der Sekundärenergieträger Strom wird in Kraftwerken erzeugt. Dies kann durch die Umwandlung von fossilen Energieträgern (Kohle, Gas, Öl, Uran) oder regenerativen 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, geht in Form von Abwärme, Eigenverbrauch des Energiesektors und Leitungsverlusten verloren.

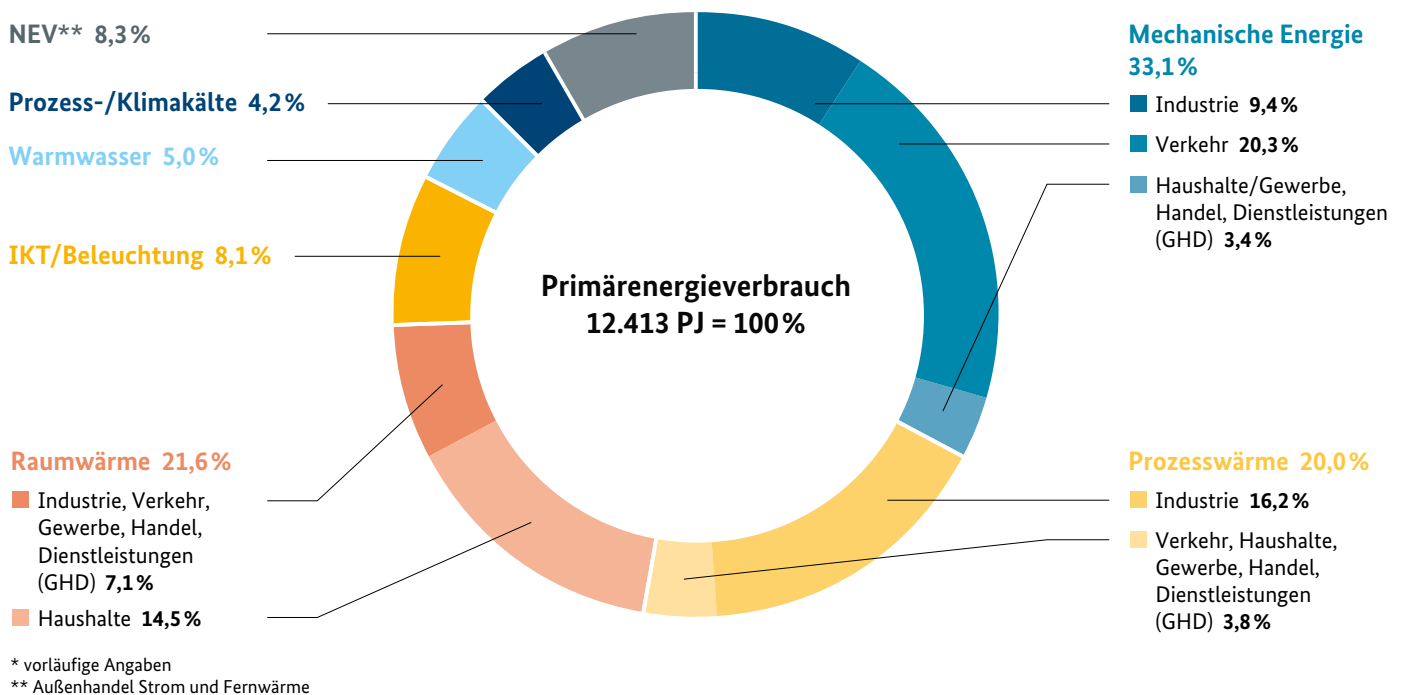
19 Im Vergleich dazu lag der EEV für mechanische Energie im Jahr 2021 bei 3.113 PJ und der für Raumwärme bei 2.426 PJ. Die Prozesswärme machte 1.956 PJ des EEV aus und Warmwasser 475 PJ. Der EEV für die Beleuchtung belief sich im Jahr 2020 auf 240 PJ und der EEV für Informations- und Kommunikationstechnik auf 221 PJ. Die Prozesskälte benötigte Endenergieträger in der Höhe von 196 PJ und die Klimakälte 40 PJ.

Abbildung 26: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs nach Anwendungen



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

Abbildung 27: Verursachergerechte Aufteilung des Primärenergieverbrauchs 2021*

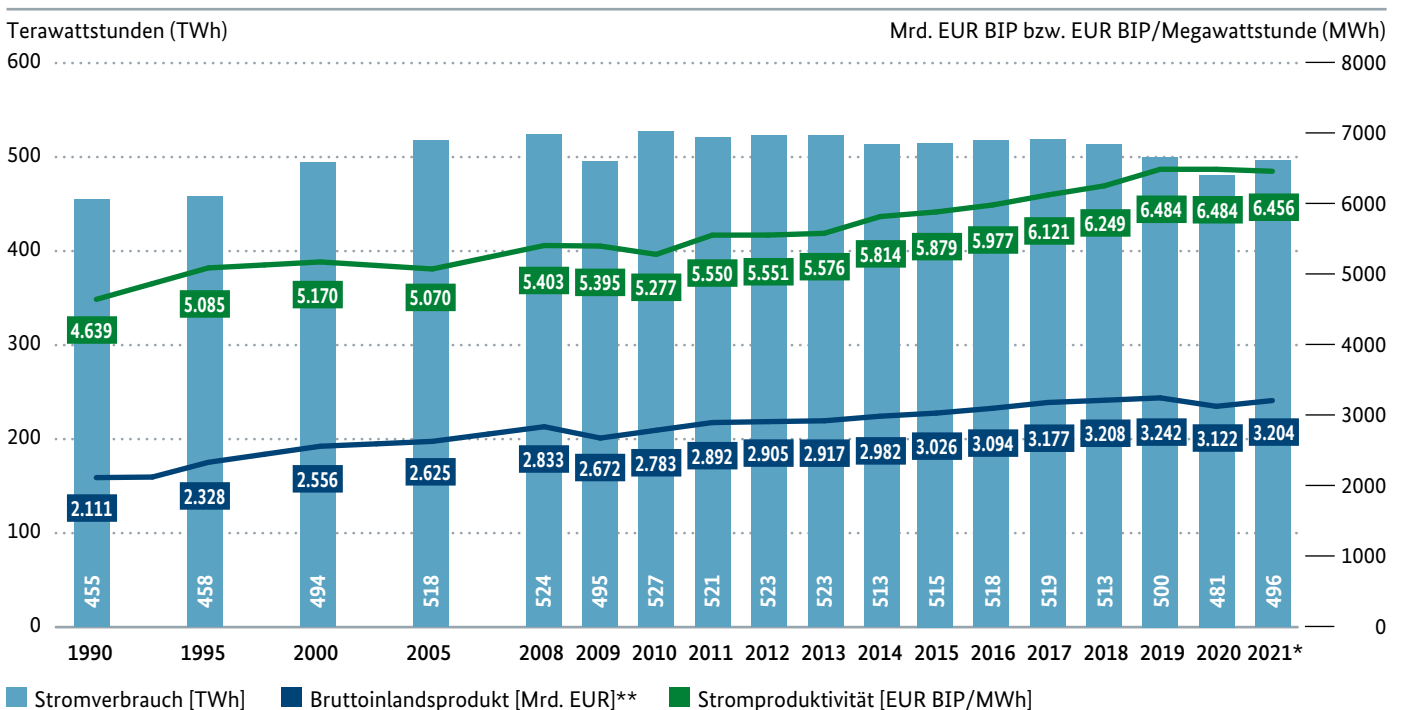


Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, vorläufige Energiebilanz 2021, Stand 09/2022; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

3.11 Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität

Der Stromverbrauch stieg im Zeitraum von 1990 bis 2021 um 41,1 TWh oder 9 Prozent. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) wuchs im selben Zeitraum um 51,8 Prozent. Damit ist die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttowertschöpfung) in diesem Zeitraum um 39,2 Prozent gestiegen. Im Jahr 2020 fiel der Stromverbrauch der Volkswirtschaft im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie auf den tiefsten Stand seit 1999. Anschließend ist der Stromverbrauch prozentual stärker gestiegen als das BIP. Dementsprechend sank die Stromproduktivität im Jahr 2021 leicht um 0,4 Prozent.

Abbildung 28: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Gesamtwirtschaft



* vorläufige Angaben
 ** in Preisen von 2015, verkettet

Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 09/2022.

Gegenüber dem Jahr 1990 stieg der Stromverbrauch bis zum Jahr 2021 um 41,1 TWh oder 9 Prozent, während das Bruttoinlandsprodukt (BIP) um 51,8 Prozent wuchs. Damit ist die Netto-Stromproduktivität (Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt) in diesem Zeitraum um 39,2 Prozent gestiegen. Im Jahr 2020 sank der Stromverbrauch durch die Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie gegenüber 2019 um 18,4 TWh oder 3,7 Prozent. Das BIP sank im gleichen Umfang. Die Stromproduktivität veränderte sich daher im Jahr 2020 gegenüber 2019 nur im Nachkommabereich. 2021 stieg der Stromverbrauch um 14,7 TWh bzw. 3,1 Prozent, das BIP er-

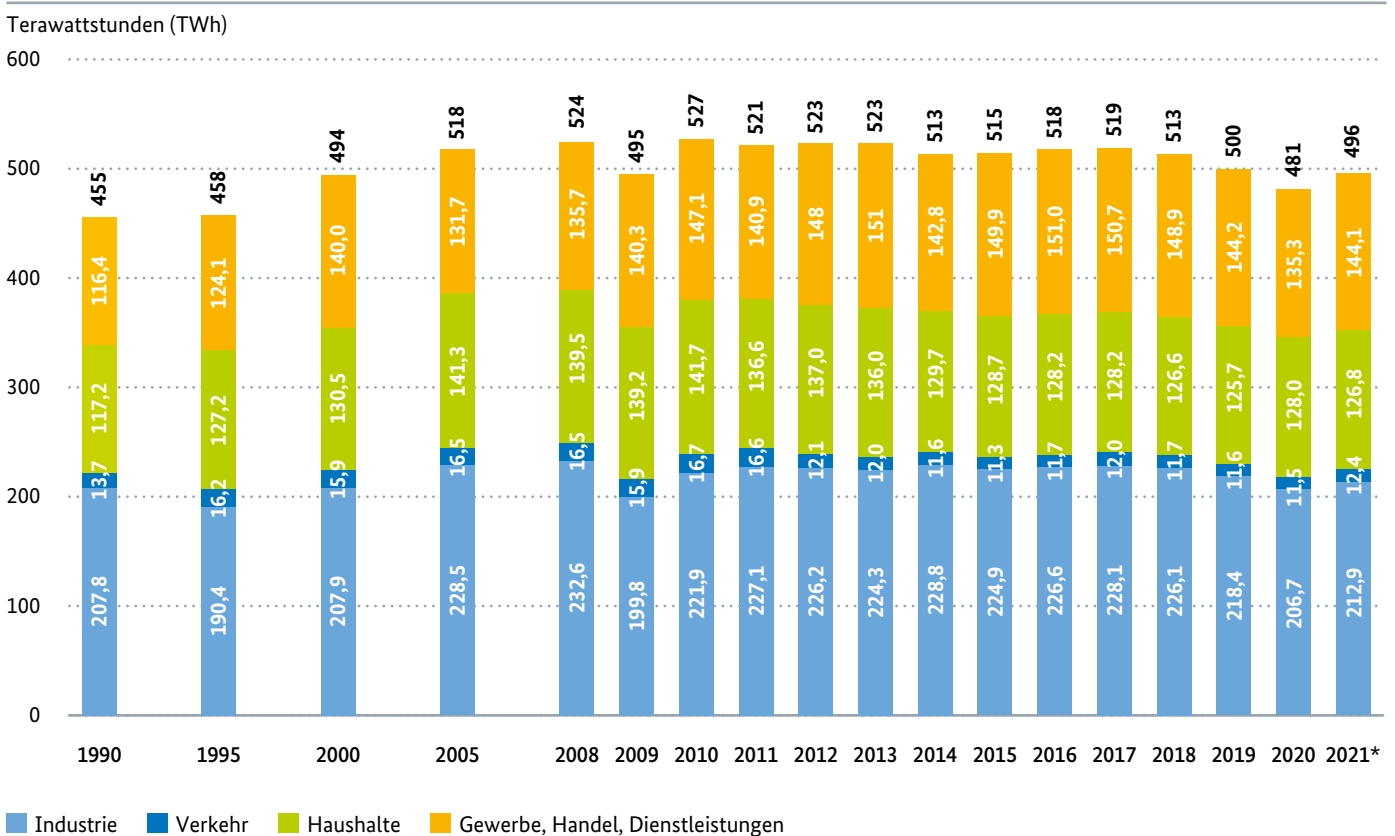
höhte sich um 82 Mrd. EUR (+2,6 Prozent) gegenüber dem Vorjahr. Da der Strombedarf stärker zunahm als das BIP, sank die Stromproduktivität um 0,4 Prozent. Mit einer Megawattstunde wurde 2021 27 EUR weniger erwirtschaftet als 2020.

Zwischen 1990 und 2021 lagen die durchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs pro Jahr bei 0,3 Prozent. Das Bruttoinlandsprodukt wuchs im selben Zeitraum um 1,4 Prozent pro Jahr. Somit lag das durchschnittliche Wachstum der Stromproduktivität bei 1,1 Prozent pro Jahr.

3.12 Netto-Stromverbrauch nach Sektoren und Anwendungsbereichen

Größter Stromverbraucher im Jahr 2021 war die Industrie mit 212,9 TWh – ein Anteil von 42,9 Prozent. Der größte Teil des Stroms wurde für mechanische Energie eingesetzt (2021: 186,8 TWh oder 37,6 Prozent).

Abbildung 29: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022

Den größten Anteil am Stromverbrauch hatte 2021 weiterhin die Industrie mit 212,9 TWh oder 42,9 Prozent. Im Jahr 2020 sank der Verbrauch der Industrie deutlich um 5,4 Prozent (11,8 TWh) auf 206,7 TWh, der niedrigste Wert seit 1999. Grund waren Produktionsrückgänge im Zuge der Corona-Pandemie. In der Folge der wirtschaftlichen Erholung stieg der Strombedarf der Industrie um 3 Prozent (6,2 TWh) und liegt somit unter dem Wert von 2019 (218,4 TWh).

Der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) war im Jahr 2021 für 144,1 TWh oder 29 Prozent des Stromverbrauchs verantwortlich. Dies entspricht in etwa wieder dem Strombedarf des Sektors im Jahr 2019 (144,2 TWh oder 28,8 Prozent), nachdem die Nachfrage nach Elektrizität 2020 um 6,2 Prozent (-8,9 TWh) gesunken ist.

126,8 TWh Strom oder 25,6 Prozent wurden 2021 in den privaten Haushalten verbraucht. Damit be-

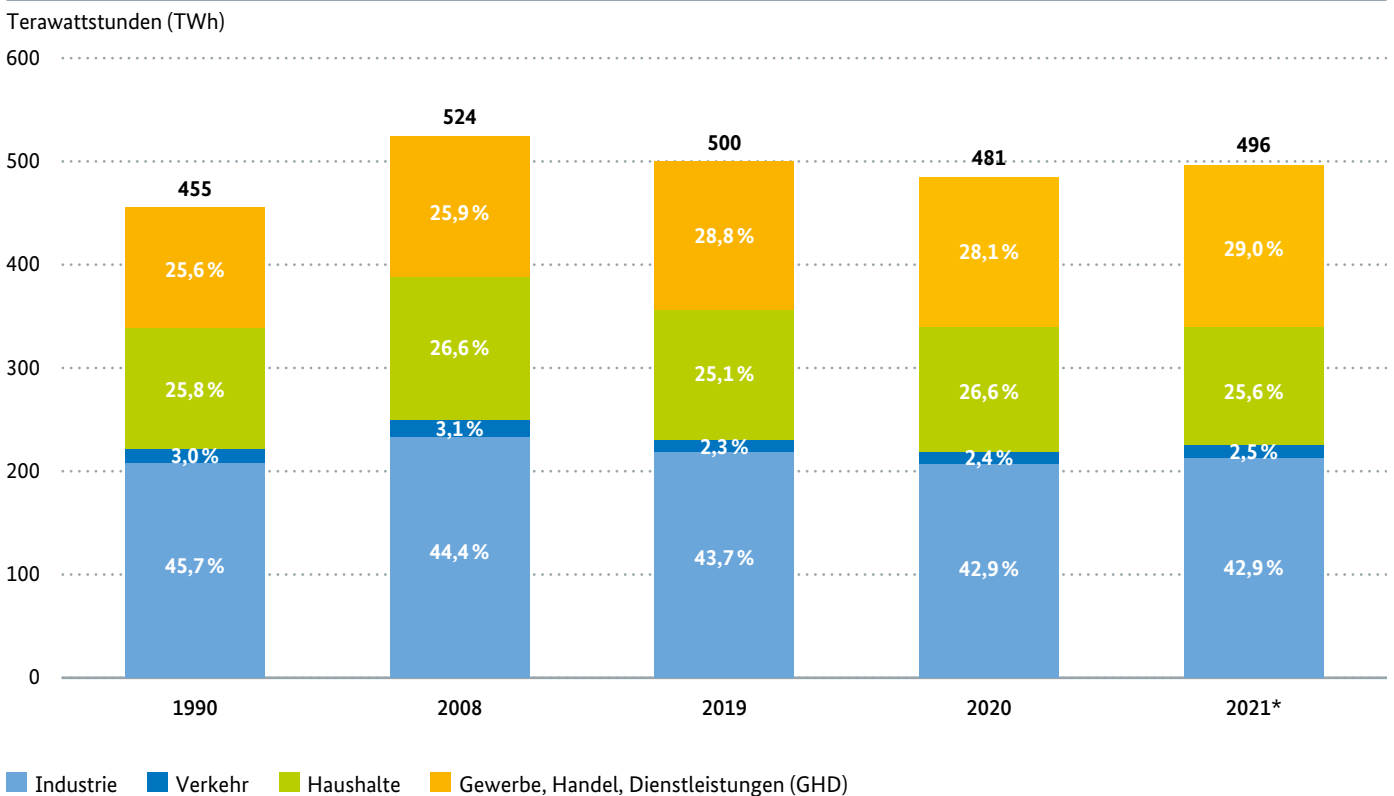
nötigte der Sektor etwas mehr als vor der Pandemie (2019: 125,7 TWh oder 25,1 Prozent). Jedoch konnten die privaten Haushalte als einziger Verbrauchssektor ihren Strombedarf gegenüber 2020 reduzieren: -1,2 TWh bzw. -0,9 Prozent.

Der Verkehrssektor benötigt aktuell noch geringe Mengen an Strom: Der Verbrauch von 12,4 TWh (2020: 11,5 TWh) entsprach rund 2,5 Prozent des gesamten Netto-Stromverbrauchs im Jahr 2021 (2020: 2,4 Prozent). Die relative Steigerung des Strombedarfs gegenüber 2020 fiel im Verkehrssektor aber am höchsten aus: +7,2 Prozent.

Seit 2008 haben die Industrie und die privaten Haushalte die Entwicklung des Netto-Stromverbrauchs am stärksten beeinflusst: Der Stromver-

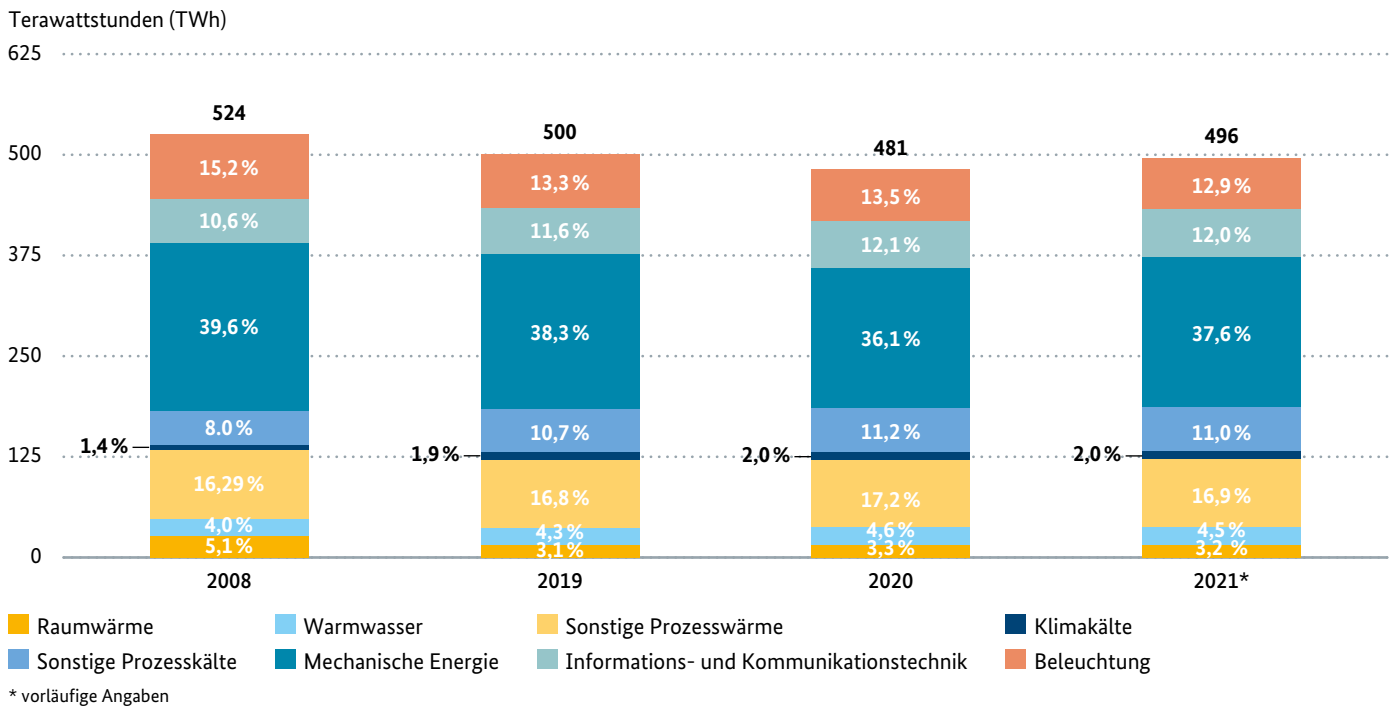
brauch der Industrie ging in diesem Zeitraum 2008 bis 2021 um 19,7 TWh zurück (-8,5 Prozent), der Verbrauch der privaten Haushalte um 12,7 TWh (-9,1 Prozent). Der einzige Sektor, dessen Netto-Stromverbrauch seit 2008 stieg, war der GHD-Sektor mit einem Anstieg von 8,4 TWh (+6,2 Prozent). Prozentual gesehen trug jedoch der Verkehr mit einem Rückgang von 25,1 Prozent (-4,1 TWh) am meisten zur Reduzierung des Stromverbrauchs bei. Betrachtet man die Entwicklung seit 1990, dann haben Industrie (+5,1 TWh bzw. +2,4 Prozent), GHD-Sektor (+27,8 TWh bzw. +23,9 Prozent) und die privaten Haushalte (+9,6 TWh bzw. +8,2 Prozent) dazu geführt, dass 2021 41,1 TWh (+9 Prozent) mehr Strom als zu Zeiten der Wiedervereinigung nachgefragt worden sind. Der Bedarf des Verkehrssektors sank im gleichen Zeitraum um 9,5 Prozent (-1,3 TWh).

Abbildung 30: Netto-Stromverbrauch nach Sektoren 1990, 2008, 2019, 2020 und 2021



* vorläufige Angaben

Abbildung 31: Netto-Stromverbrauch – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

Der mit Abstand größte Teil des verbrauchten Stroms wurde 2021 wie bereits 2008 für mechanische Energie eingesetzt: 186,8 TWh oder 37,6 Prozent. Für Prozesswärme wurden 383,7 TWh (16,9 Prozent) und für Beleuchtung 64,1 TWh (12,9 Prozent) sowie für IKT 59,4 TWh (12 Prozent) und für Prozesskälte 54,4 TWh (11 Prozent) eingesetzt.

Zwischen 2008 und 2021 ist ein Rückgang des Stromeinsatzes für Raumwärme um 10,5 TWh oder 39,5 Prozent zu verzeichnen. Dies kann auf den Abbau von Nachtspeicherheizungen zurückgeführt werden, der sich noch stärker auswirkte als der Zubau von Wärmepumpen, die mit Strom betrieben werden. Zudem ging der Stromverbrauch für Beleuchtung im selben Zeitraum um 15,7 TWh oder 19,7 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 12,5 TWh oder 30 Pro-

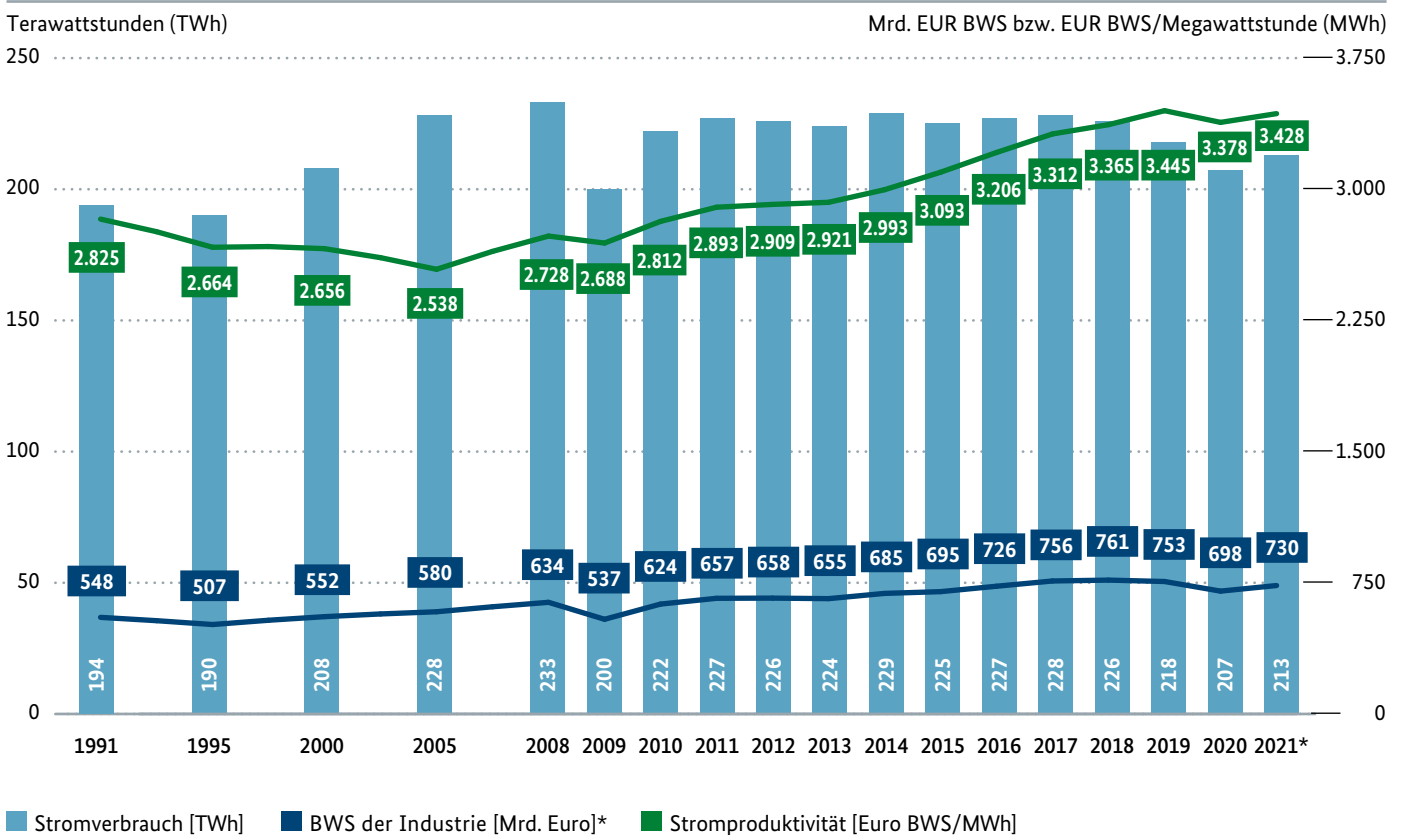
zent und auch die Klimatisierung verursacht – zwar auf geringem Niveau – deutlich mehr Bedarf an Strom: +35,6 Prozent bzw. 2,6 TWh mehr als 2008.

2021 ist der Stromverbrauch gegenüber 2020 für alle Anwendungen – bis auf die Beleuchtung (-1,2 TWh bzw. -1,8 Prozent) – gestiegen: Raumwärme (+0,4 TWh bzw. 2,3 Prozent), Warmwasser (+0,1 TWh bzw. +0,5 Prozent), Prozesswärme (+1 TWh bzw. +1,2 Prozent), Klimakälte (+0,1 TWh bzw. +0,6 Prozent), Prozesskälte (+0,4 TWh bzw. +0,7 Prozent) und IKT (+0,9 TWh bzw. +1,5 Prozent). Vor allem am Stromverbrauch für mechanische Energie werden die Auswirkungen der Corona-Pandemie deutlich. Der EEV Strom zum Betrieb von Motoren, die vor allem im verarbeitenden Gewerbe zum Einsatz kommen, reduzierte sich im Jahr 2020 um -18 TWh oder -9,4 Prozent gegenüber 2019. Während der wirtschaftlichen Erholung im Jahr 2021 stieg der Bedarf nach Strom für mechanische Energie (+13,1 TWh bzw. +7,5 Prozent) wieder deutlich.

3.13 Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität im Sektor Industrie

Im Sektor Industrie ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2021 um 19,0 TWh oder 9,8 Prozent gestiegen. Während die Bruttowertschöpfung des Sektors im gleichen Zeitraum um 33,3 Prozent wuchs, stieg die Stromproduktivität des Sektors um 21,4 Prozent. Im Jahr der Corona-Pandemie 2020 sank der Stromverbrauch gegenüber 2019 um 5,4 Prozent. 2021 stieg er um 3 Prozent.

Abbildung 32: Netto-Stromverbrauch und -produktivität – Sektor Industrie



* vorläufige Angaben
* in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; BMWK, Energiedaten, Stand 09/2022

Im Sektor Industrie sank der Stromverbrauch nach der Wiedervereinigung von 1990 bis 1993 um über 13 Prozent, was hauptsächlich auf den Rückgang der Industrie in den neuen Bundesländern zurückzuführen ist. Anschließend stieg der Stromverbrauch bei wachsender Bruttowertschöpfung

bis zum Vorkrisenjahr 2008 auf 232,6 TWh. Nach dem Einbruch im Jahr 2009 blieb die Stromnachfrage der Industrie ab dem Jahr 2010 auf relativ konstantem Niveau. Seit dem Jahr 2017 ging der Stromverbrauch zurück. Im Jahr 2019 betrug er 218,4 TWh – ein Rückgang von 7,6 TWh oder

3,4 Prozent gegenüber 2018. Im Jahr der Corona-Pandemie 2020 sank der Verbrauch um 11,8 TWh auf 206,7 TWh (-5,4 Prozent gegenüber 2019). 2021 ist der Verbrauch der Industrie wieder angestiegen auf 212,9 TWh. Das entspricht einen Anstieg von +3 Prozent bzw. +6,2 TWh gegenüber dem Vorjahr.

Im Zeitraum von 1991 bis 2021 lagen in der Industrie die durchschnittlichen Wachstumsraten des Stromverbrauchs bei 0,3 Prozent pro Jahr. Gleichzeitig wuchs die Bruttowertschöpfung der Industrie um 1,0 Prozent pro Jahr. Somit ergibt sich ein Wachstum der Stromproduktivität von 0,6 Prozent pro Jahr.

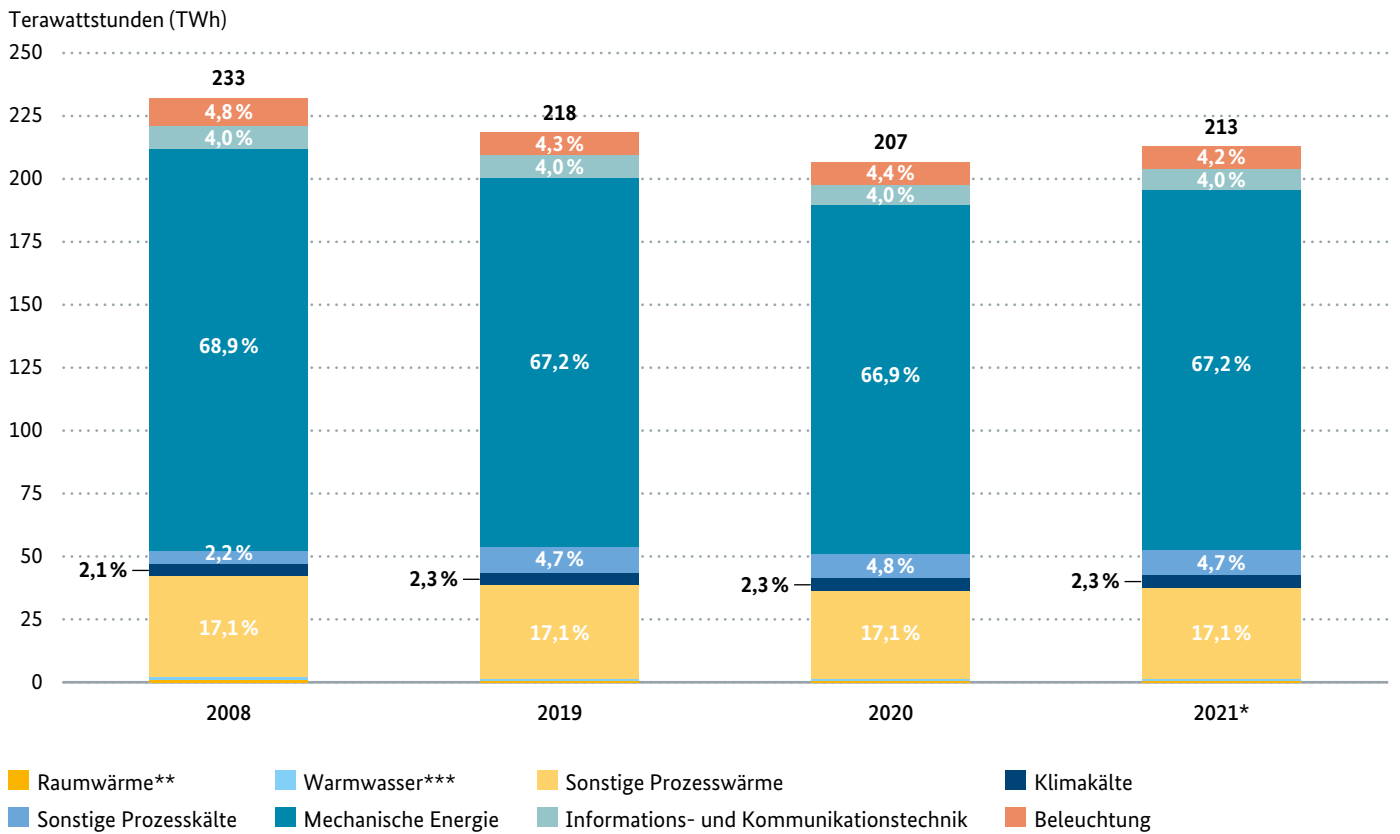
Strom war mit 30,4 Prozent Anteil am Endenergieverbrauch der Industrie weiterhin der zweitwichtigste Energieträger nach Gasen (35,7 Prozent) im Jahr 2021. Im Jahr 2020 lag der Anteil des Endenergieträgers Strom bei 31,1 Prozent (Gase 37 Prozent).

Bei den Anwendungsbereichen dominierte der Einsatz von Strom für mechanische Energie zum Betrieb von Motoren oder Maschinen mit 135,4 TWh (66,8 Prozent). Außerdem benötigt die Industrie 17 Prozent (34,4 TWh) ihres Strombedarfs zur Bereitstellung von Prozesswärme.

Gegenüber 2008 hat sich der Stromverbrauch für fast alle Anwendungen im Jahr 2021 reduziert. Eine Ausnahme ist der Anstieg des Energieeinsatzes für sonstige Prozesskälte um 4,8 TWh, der sich damit auf einen Verbrauch von 10,1 TWh fast verdoppelt hat. Seit 2008 ist ein Rückgang um 17,3 TWh oder 10,8 Prozent bei der mechanischen Energie festzustellen. Im gleichen Zeitraum reduzierten sich die Prozesswärme um 3,5 TWh (-8,8 Prozent), Beleuchtung um 2,1 TWh (-19 Prozent) und Informations- und Kommunikationstechnik um 0,9 TWh (-9,4 Prozent). Auch die anderen Anwendungen haben ausgehend von einem geringeren Niveau ihren Strombedarf seit 2008 reduziert: Raumwärme -0,4 TWh, Warmwasser -0,3 TWh und Klimakälte -0,1 TWh.

Kurzfristig gegenüber 2020 haben vor allem die Anwendungen mechanische Energie (+4,7 TWh bzw. +3,4 Prozent), Prozesswärme (+1,1 TWh bzw. 3,2 Prozent), Prozesskälte (+0,1 TWh bzw. +1,1 Prozent) und IKT (+0,3 TWh oder +3,4 Prozent) in Folge der wirtschaftlichen Erholung zum erhöhten Strombedarf der Industrie beigetragen. Im Vorjahr ist der EEV Strom für mechanische Energie (-8,5 TWh bzw. -5,8 Prozent) und Prozesswärme (-2,1 TWh bzw. -5,5 Prozent) noch deutlich gesunken.

Abbildung 33: Netto-Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen 2008, 2019 und 2020



* vorläufige Angaben

** Anteil Raumwärme 2008: 0,4%; 2019 bis 2021 jeweils 0,3%

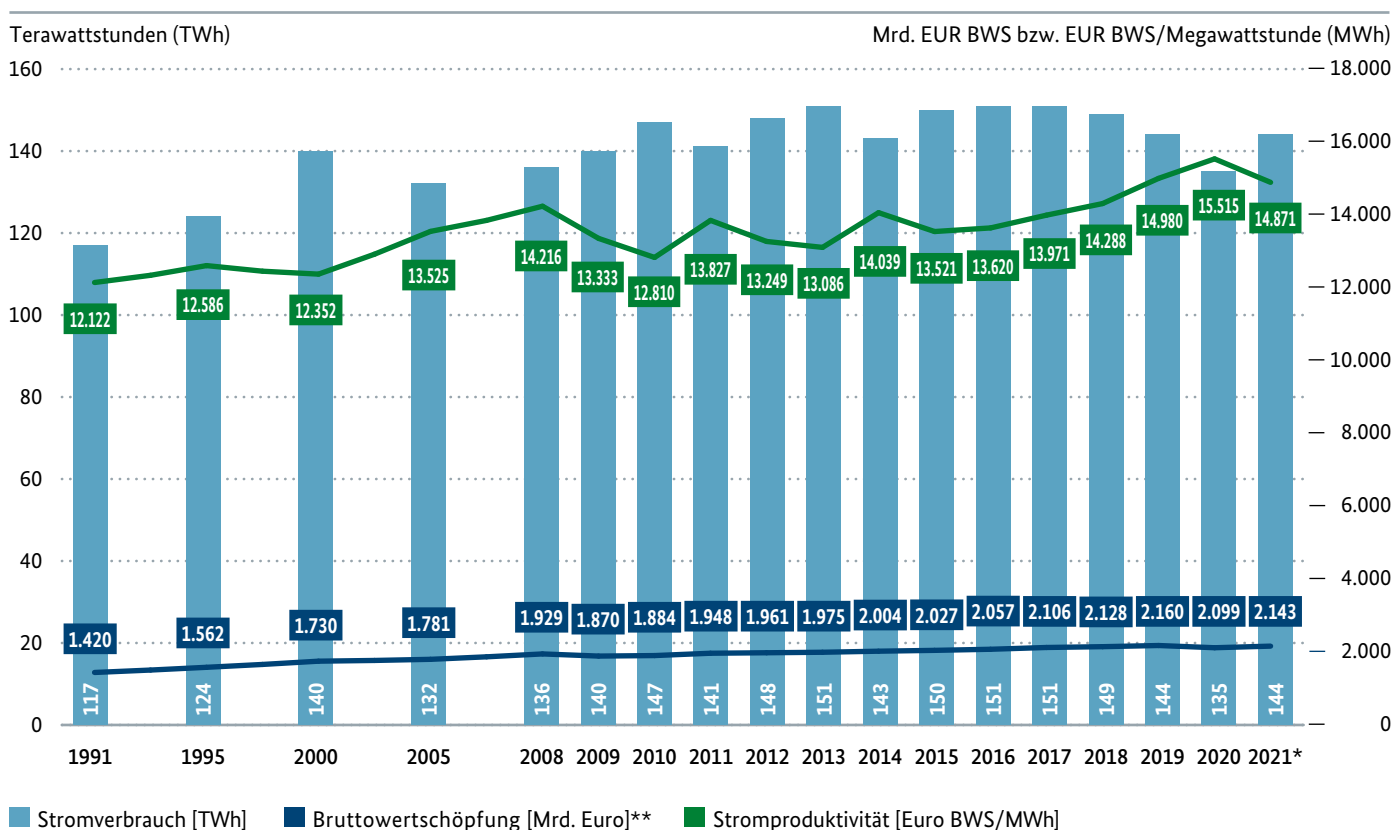
*** Anteil Warmwasser 2008, 2019, 2020 jeweils 0,3%; 2021: 0,2%

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 09/2021

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

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1991 bis 2021 um 27,0 TWh oder 23,1 Prozent gestiegen. Gleichzeitig stieg die Bruttowertschöpfung des Sektors um 51,0 Prozent. Somit stieg die Stromproduktivität im Sektor im selben Zeitraum um 22,7 Prozent.

Abbildung 34: Netto-Stromverbrauch und Stromproduktivität – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)



* vorläufige Angaben

** in Preisen von 2015

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; BMWK, Energiedaten, Stand 09/2022

Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) stieg der Stromverbrauch von 1991 bis 2021 im Zuge der gestiegenen Bruttowertschöpfung um 27 TWh oder 23,1 Prozent auf 144,1 TWh. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Stromverbrauch im Jahr 2021 um 8,8 TWh oder 6,5 Prozent gestiegen. Ein Jahr zuvor ist der Verbrauch um 6,2 Prozent (8,9 TWh) zurückgegangen.

Im Zeitraum von 1991 bis 2021 lag die durchschnittliche Wachstumsrate des Stromverbrauchs im Sektor GHD bei 0,7 Prozent pro Jahr. Die Bruttowertschöpfung (BWS) stieg im gleichen Zeitraum um 1,4 Prozent pro Jahr, die Stromproduktivität somit um 0,7 Prozent. Kurzfristig ging die BWS 2020 um 2,8 Prozent gegenüber 2019 durch die Pandemie zurück. Da der Bedarf an Strom mit

-6,2 Prozent stärker zurückging, erhöhte sich die Stromproduktivität des Sektors aber um 3,6 Prozent innerhalb eines Jahres. 2021 stieg die BWS des GHD-Sektors um 2,1 Prozent und der Stromverbrauch um 6,5 Prozent. Dadurch sank die Stromproduktivität um 4,2 Prozent.

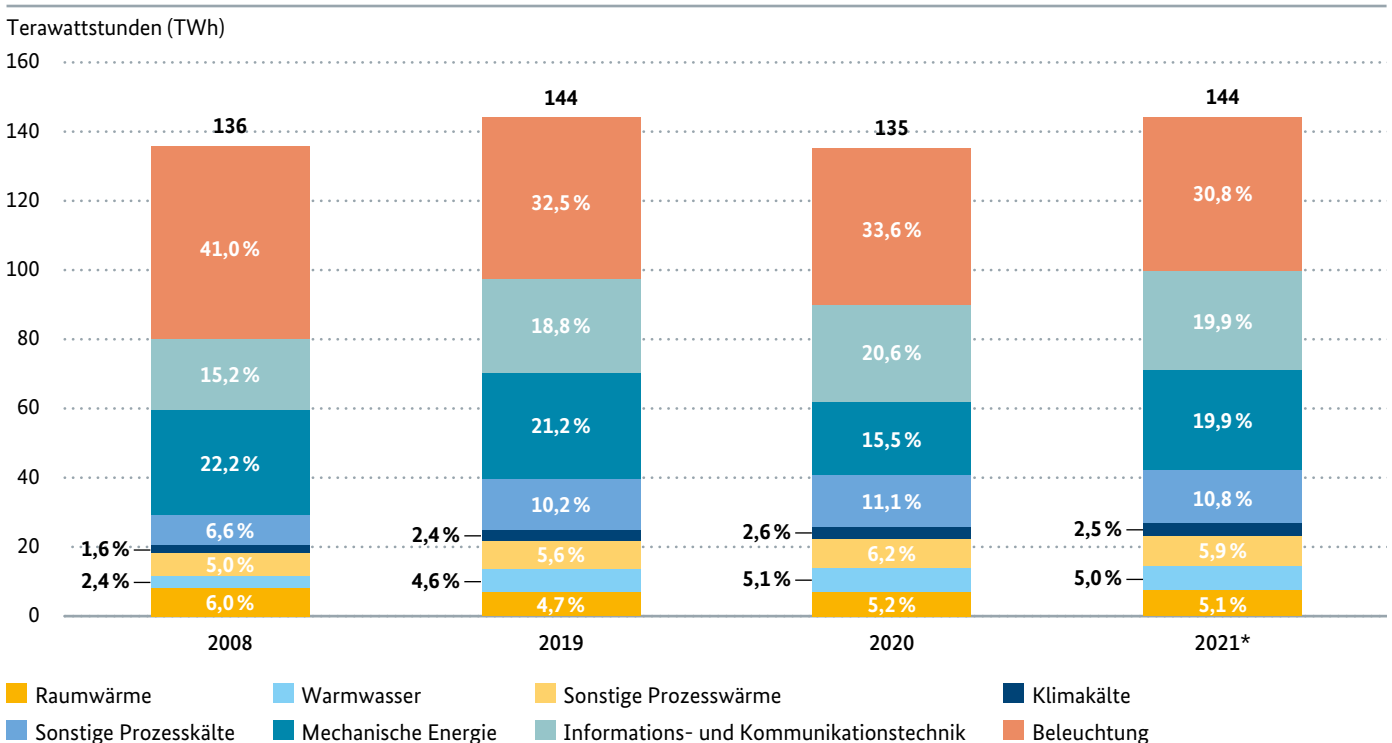
Insgesamt war Strom im Jahr 2021 mit einem Anteil von 37,4 Prozent am Endenergieverbrauch des Sektors GHD mit Abstand dessen wichtigster Energieträger vor Gasen (27,9 Prozent) und Mineralöl (23 Prozent) (siehe Abbildung 15).

Der Anwendungsbereich Beleuchtung hatte im Jahr 2021 mit 44,4 TWh oder 30,8 Prozent den größten Anteil am Stromverbrauch. Zudem kamen die Anwendungsbereiche mechanische Energie und die Informations- und Kommunikationstechnik mit 28,7 TWh jeweils auf einen Anteil von 19,9 Prozent. Ebenso hat die Prozesskälte mit 15,6 TWh

einen relativ großen Anteil von 10,8 Prozent. Verhältnismäßig geringe Stromverbräuche entfielen auf die Anwendungen Prozesswärme (8,6 TWh oder 5,9 Prozent), Warmwasser (7,1 TWh oder 5 Prozent), Raumwärme (7,4 TWh oder 5,1 Prozent) und Klimakälte (3,6 TWh oder 2,5 Prozent).

Die Erhöhung des Strombedarfs des GHD-Sektors um 8,8 TWh gegenüber 2020 ist vor allem auf die gestiegene Nachfrage nach mechanischer Energie (+7,7 TWh bzw. +36,7 Prozent) zurückzuführen. Im Jahr davor ist sie noch um -9,6 TWh (-31,2 Prozent) zurückgegangen. Bis auf die Beleuchtung (-1,1 TWh bzw. -2,4 Prozent) haben auch alle anderen Anwendungen mehr Strom als 2020 verbraucht: Raumwärme +0,4 TWh (+5,2 Prozent), Warmwasser +0,2 TWh (+3,3 Prozent), Prozesswärme +0,2 TWh (+2,7 Prozent), Klimatisierung +0,1 TWh (+2,4 Prozent), Prozesskälte (+0,5 TWh bzw. 3,4 Prozent) und IKT +0,8 TWh (+2,9 Prozent).

Abbildung 35: Netto-Stromverbrauch von GHD nach Anwendungsbereichen 2008, 2019, 2020 und 2021

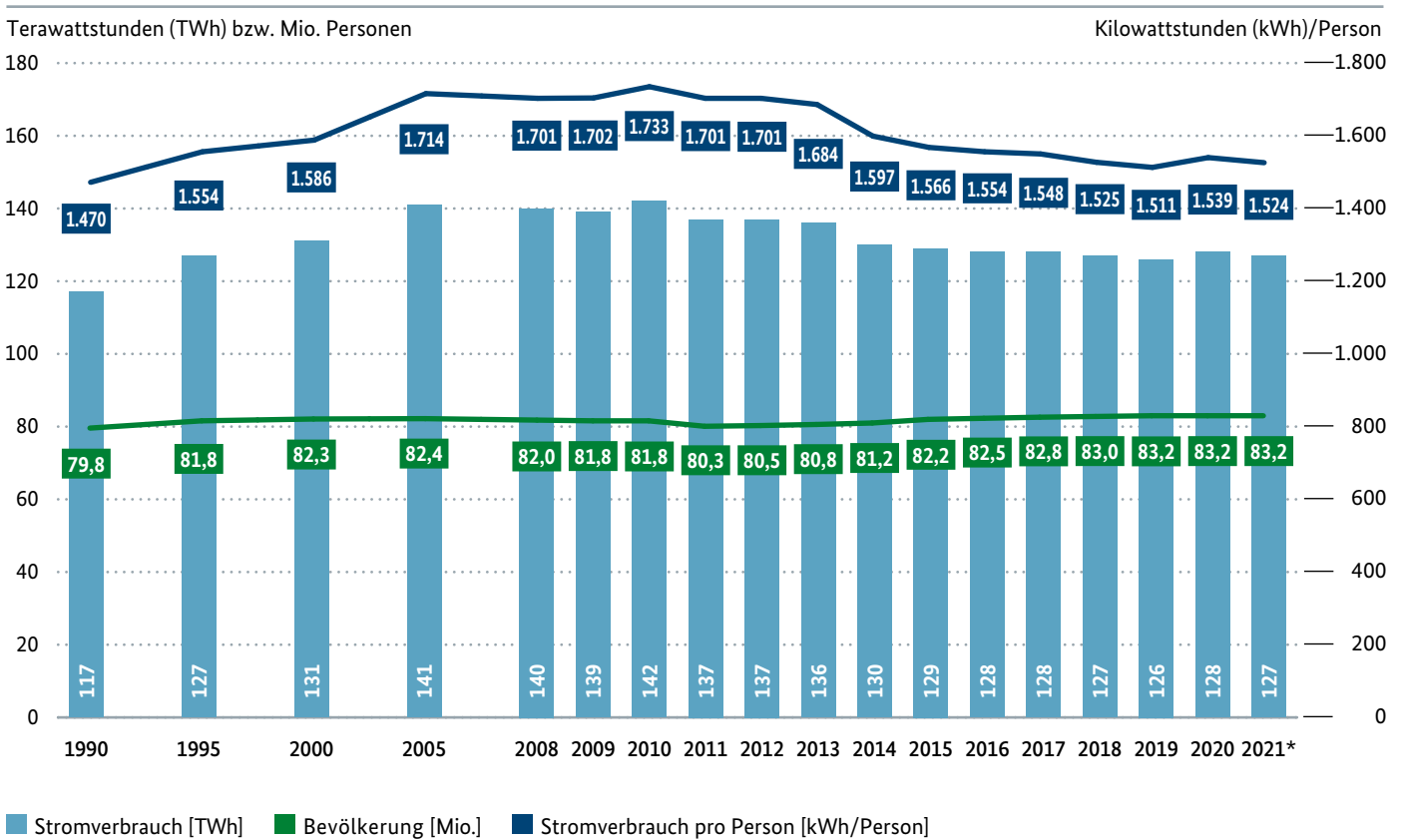


* vorläufige Angaben

3.15 Netto-Stromverbrauch und Stromintensität im Sektor private Haushalte

Im Sektor private Haushalte ist der Stromverbrauch im Zeitraum von 1990 bis 2021 um 9,6 TWh oder 8,2 Prozent gestiegen. Während die Bevölkerung im selben Zeitraum um 3,5 Mio. oder 4,4 Prozent wuchs, stieg der Stromverbrauch pro Person (Stromintensität) im selben Zeitraum um 3,7 Prozent.

Abbildung 36: Netto-Stromverbrauch und Stromintensität – Sektor private Haushalte



* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; Destatis Genesis, Tabelle 12411-0001, Stand 08/2022

In den privaten Haushalten stieg der Stromverbrauch von 1990 bis 2021 um 9,6 TWh oder 8,2 Prozent auf 126,8 TWh bzw. 1.524 kWh pro Person. Seit einem Höhepunkt des Verbrauchs im Jahr 2010 (141,7 TWh, 1.733 kWh pro Person) sank der Verbrauch jedoch fast kontinuierlich um insgesamt 14,9 TWh oder 10,5 Prozent. Gegenüber dem Jahr

2020 sank der Stromverbrauch 2021 um 1,2 TWh (-0,9 Prozent). Die Bevölkerung wuchs um 0,1 Prozent (ca. 82.000 Personen). Somit reduzierte sich der Strombedarf pro Kopf um 1 Prozent. Im Durchschnitt konsumierten die Bürger und Bürgerinnen 15,4 kWh weniger Elektrizität als im Vorjahr.

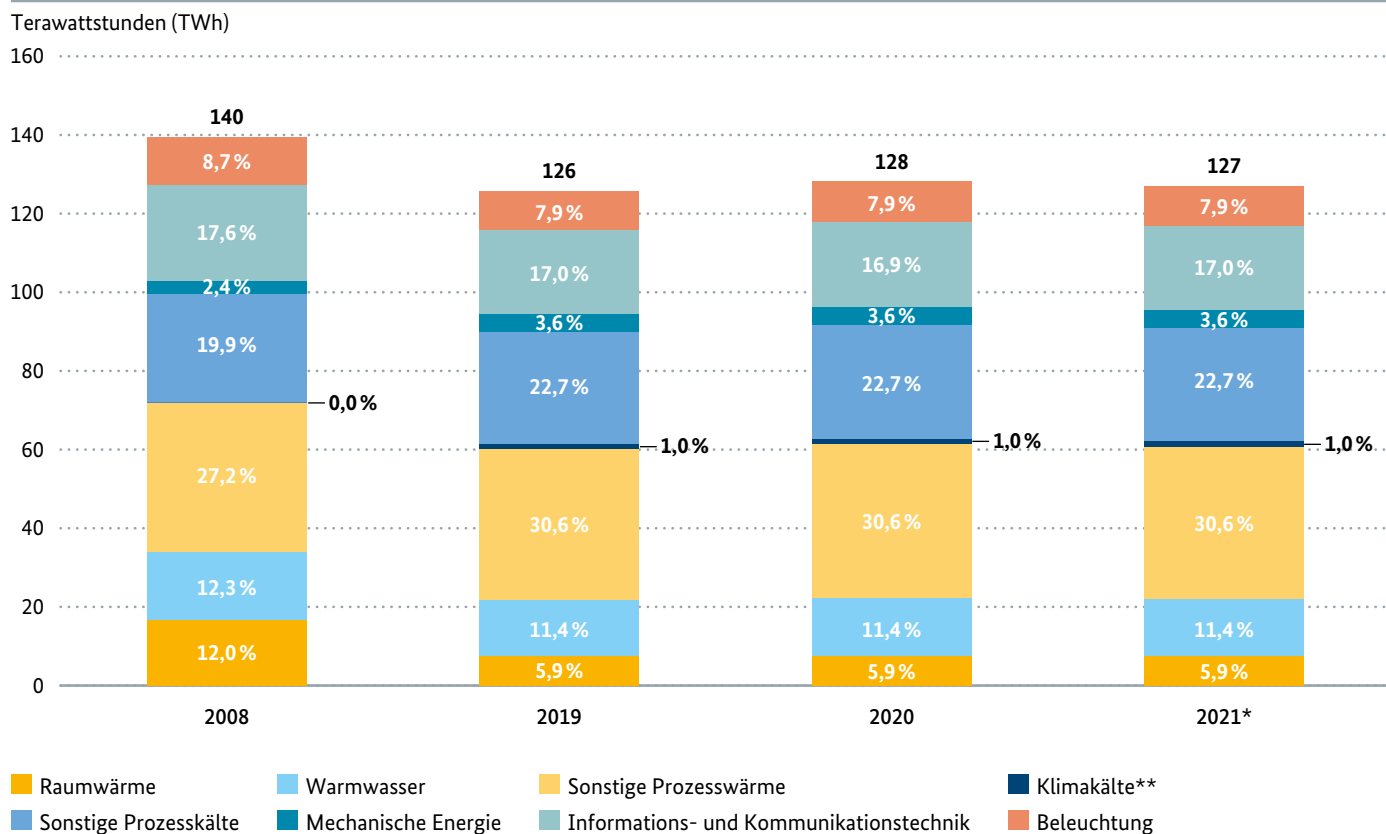
Im Vergleich dazu stieg der Verbrauch 2020 gegenüber 2019 um 1,8 Prozent – der erste Verbrauchsanstieg seit 2010. Der Pro-Kopf-Verbrauch stieg auf 1.539 kWh, ebenfalls ein Plus von 1,8 Prozent (+27,9 kWh/Person) gegenüber 2019. Durch die Pandemie und die damit vermehrte Aufenthaltszeit durch Lockdowns und Homeoffice in den eigenen vier Wänden stieg auch der Strombedarf der privaten Haushalte.

Im Zeitraum von 1990 bis 2021 wuchs der Stromverbrauch im Sektor private Haushalte um durchschnittlich 0,3 Prozent pro Jahr, die Bevölkerung um 0,1 Prozent. Die Stromintensität (Stromverbrauch pro Person) wuchs in diesem Zeitraum damit jährlich im Durchschnitt um 0,1 Prozent.

Insgesamt war Strom im Jahr 2021 mit einem Anteil von 18,9 Prozent der zweitwichtigste Energieträger am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte (2019: 18,7 Prozent; 2020: 19,2 Prozent) und verdrängte damit die Mineralölprodukte auf Platz 3 (2019: 20,4 Prozent; 2020: 21,1 Prozent; 2021: 13,8 Prozent). Der wichtigste Energieträger mit 42,1 Prozent war Gas (2019: 38,2 Prozent; 2020: 37,3 Prozent).

Hauptanwendungsbereiche waren 2021 die sonstige Prozesswärme (Kochen, Waschen etc.) mit 38,8 TWh (30,6 Prozent), die sonstige Prozesskälte (Kühlen, Gefrieren etc.) mit 28,8 TWh (22,7 Prozent) und die Informations- und Kommunikationstechnik mit 21,5 TWh (17 Prozent). Im Bereich der Beleuchtung lag der Stromverbrauch bei 10,1 TWh (7,9 Prozent). Der Stromeinsatz für Raumwärme hat sich von 2008 bis 2021 mehr als halbiert (-9,2 TWh oder 55,3 Prozent) auf 7,5 TWh, was nunmehr 5,9 Prozent des Stromverbrauchs der privaten Haushalte entspricht. Diese Entwicklung liegt am Rückgang des Einsatzes der Nachspeicherheizungen, der momentan noch stärkere Auswirkungen auf den Stromverbrauch hat als der Zubau elektrischer Wärmepumpen. Der Stromverbrauch für mechanische Energie machte 2021 4,6 TWh (3,6 Prozent) aus und der für Klimakälte 1,3 TWh (1 Prozent). Die Anwendungsbereiche für Strom blieben gegenüber 2020 relativ konstant. Strombedarfsänderungen gab es nur im Nachkommabereich. Ein Indiz dafür, dass nach den Lockdowns die Menschen wieder weniger zuhause gekocht haben, ist der reduzierte Stromverbrauch für die Prozesswärme um 0,4 TWh (-0,9 Prozent).

Abbildung 37: Netto-Stromverbrauch der privaten Haushalte – Anteile der Anwendungsbereiche 2008, 2019, 2020 und 2021*



* Angaben vorläufig

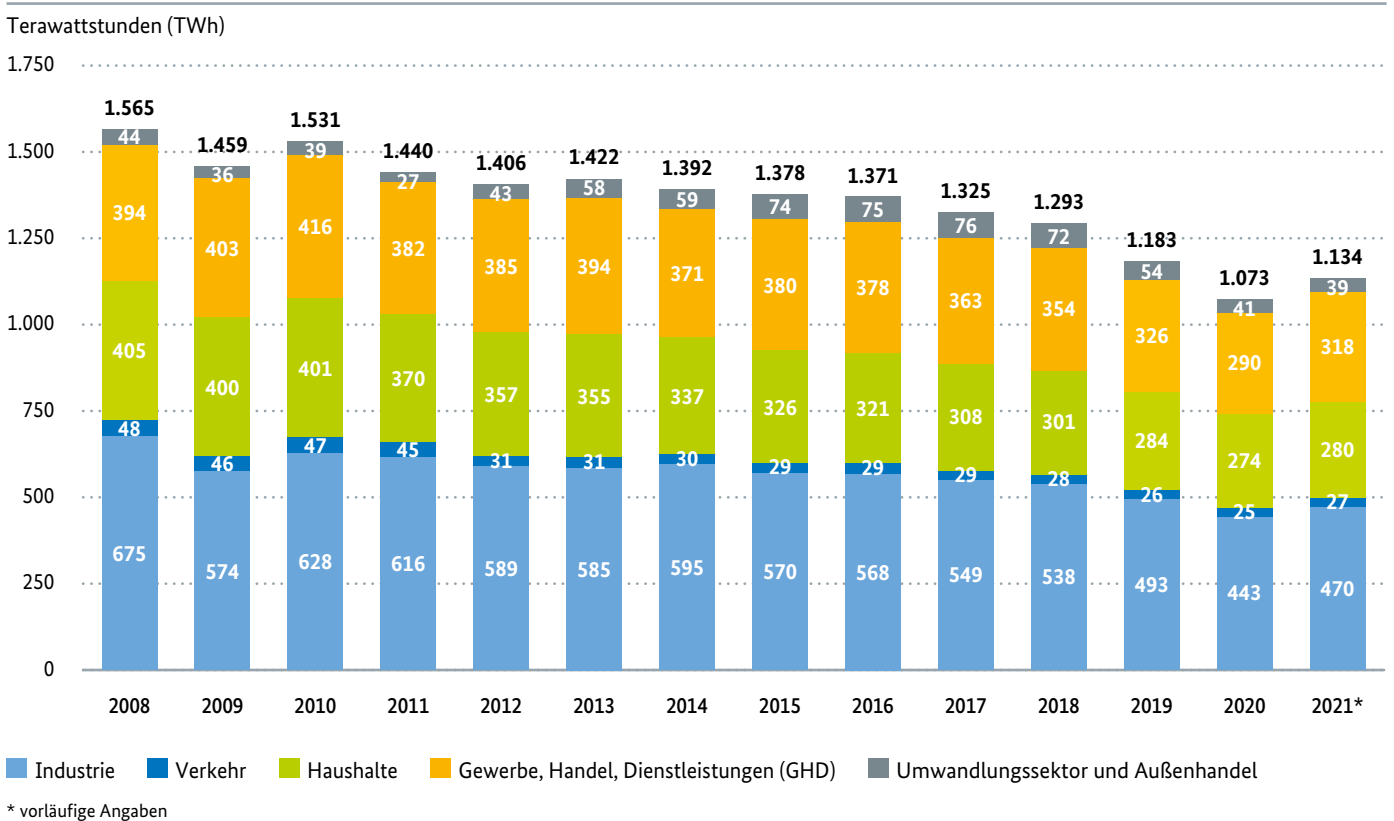
** Klimakälte Anteil 2008: 0,0%

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

3.16 Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung

Durch die Aufteilung der Verluste in den Kraftwerken und der Stromnetze ist es möglich, den Verbrauchssektoren den Umwandlungseinsatz für die Bereitstellung von Strom nachfragebezogen zuzuweisen. Zwischen 2008 und 2021 wurde der Umwandlungseinsatz zur Stromversorgung um 27,6 Prozent reduziert.

Abbildung 38: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Sektoren



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

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

Wird die in Informationsbox 4 beschriebene Methode genutzt, um eine nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes auf die Sektoren vorzunehmen, dann sind 470 TWh (41,4 Pro-

zent) des PEV zur Stromversorgung im Jahr 2021 auf Anwendungen in der Industrie zurückzuführen. Der GHD-Sektor benötigte 28 Prozent (318 TWh PJ) des PEV der Kraftwerke. Auf die Nachfrage in privaten Haushalten sind 280 TWh (24,7 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 27 TWh (3,5 Prozent).

Deutschland exportierte in den letzten Jahren mehr Strom als es importierte, dementsprechend macht sich auch der Umwandlungseinsatz für Elektrizität, die außerhalb Deutschlands genutzt wird, in der Statistik bemerkbar. 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 2021 auf 39 TWh (3,5 Prozent).

Im Bereich der Stromanwendungen wurde 2021 für mechanische Energie mit 36,3 Prozent (412 TWh) weiterhin der mit Abstand größte Anteil am Umwandlungseinsatz der Kraftwerke nachgefragt. Für Prozesswärme wurden 16,3 Prozent (185 TWh) benötigt. Für Beleuchtungsanwendungen mit 12,5 Prozent (141 TWh), Informations- und Kom-

munikationstechnik mit 11,5 Prozent (131 TWh) und Prozesskälte mit 10,6 Prozent (120 TWh) wurden ebenfalls größere Teile des PEV zur Stromversorgung eingesetzt. Warmwasser (4,3 Prozent bzw. 49 TWh), Raumwärme (3,1 Prozent bzw. 35 TWh) und Klimakälte (1,9 Prozent bzw. 21 TWh) hatten relativ geringe Anteile.

Seit 2008 reduzierte sich für fast alle Anwendungen der Umwandlungseinsatz in den Kraftwerken. Einzige Ausnahme ist die Klimakälte, die bis 2019 leicht anstieg (+4,9 Prozent). 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. Im Jahr 2019 wurden in diesem Bereich 35 PJ (21,8 Prozent) mehr Primärenergie zur Stromerzeugung eingesetzt als im Jahr 2008.

Informationsbox 4: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung

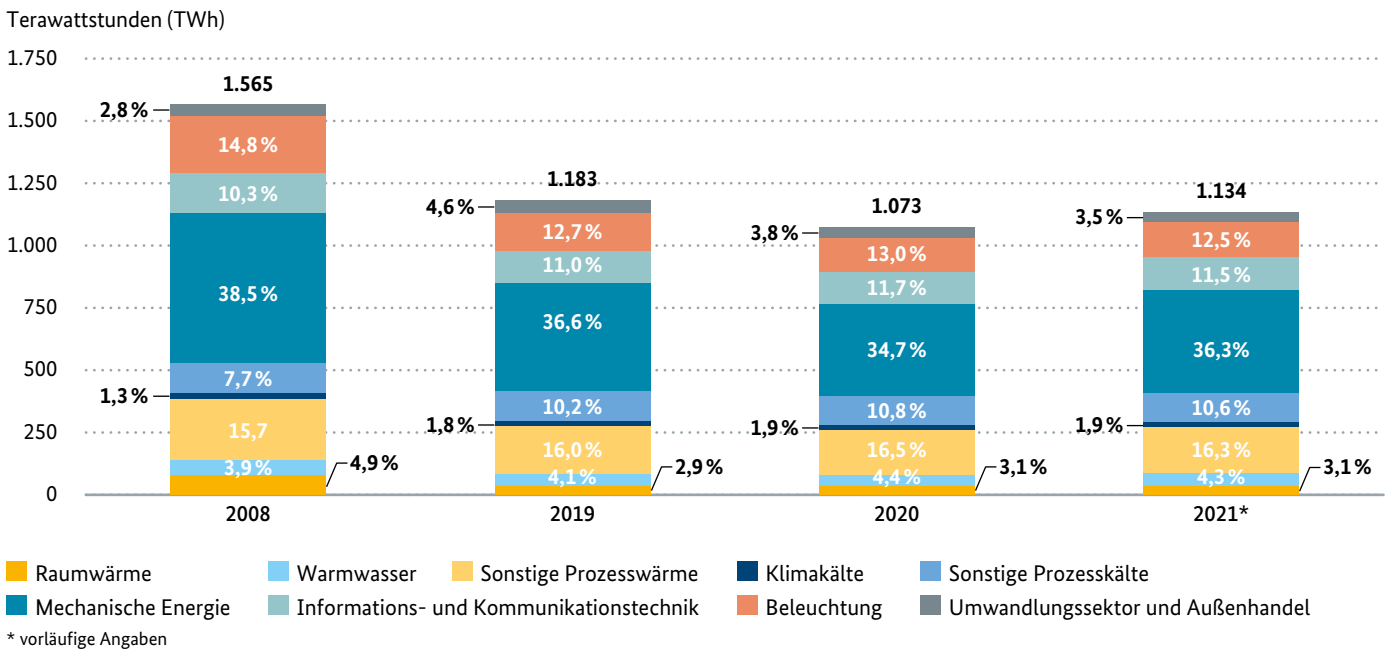
Elektrischer Strom ist eine Form der Energie, die für zahlreiche Anwendungen genutzt werden kann (z. B. Informations- und Kommunikationstechnik, Beleuchtungsanwendungen, Klimaanlage). Durch die Energiewende und die angestrebte Sektorenkopplung wird Elektrizität in Zukunft noch weiter an Bedeutung gewinnen,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

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

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

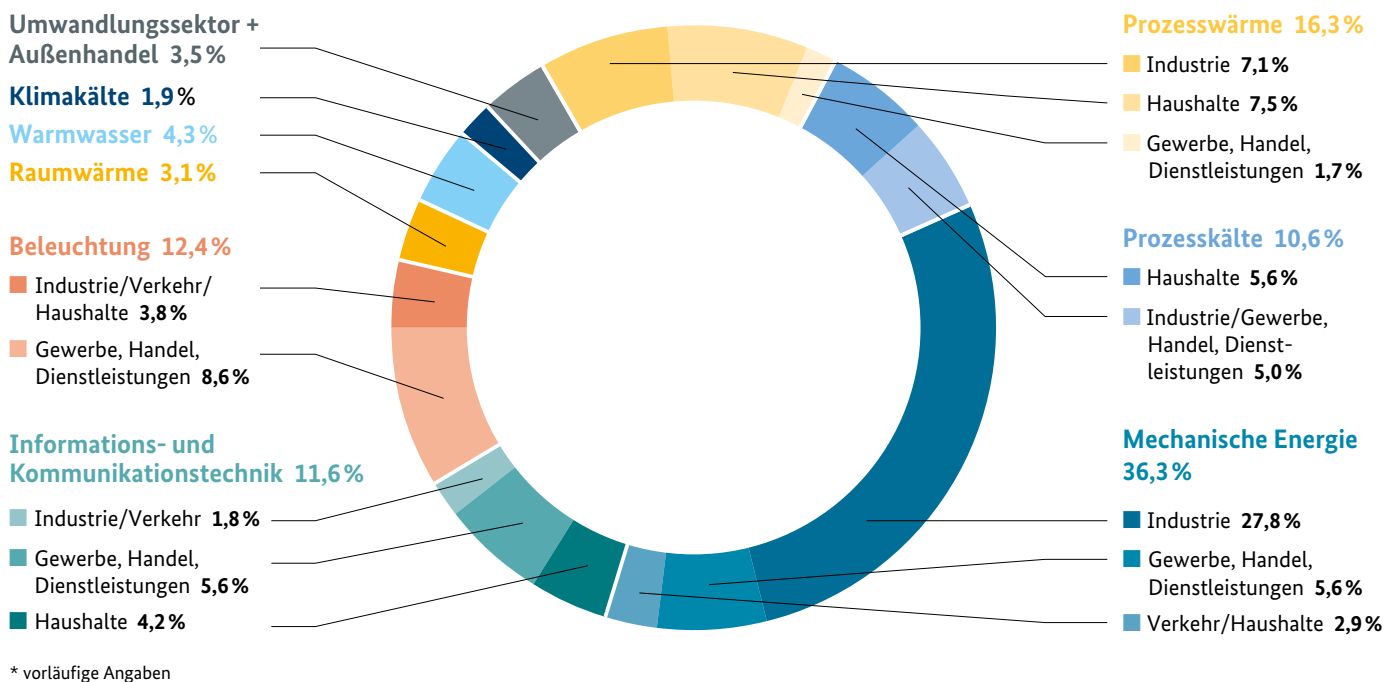
Der Mehrwert des Indikators liegt darin, dass er den tatsächlichen Energieeinsatz für strom-basierte Anwendungen in den Endenergiesektoren offenlegt. Vor dem Hintergrund der Sektorenkopplung wird der Indikator an Bedeutung gewinnen, da er zeigt, welcher Primärenergiebedarf notwendig ist, um zukünftig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

Abbildung 39: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen 2008, 2019, 2020 und 2021



Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, Energiebilanz, verschiedene Jahrgänge, Stand 09/2022; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

Abbildung 40: Nachfragebezogene Aufteilung des Umwandlungseinsatzes zur Stromversorgung nach Anwendungsbereichen und Sektoren 2021*

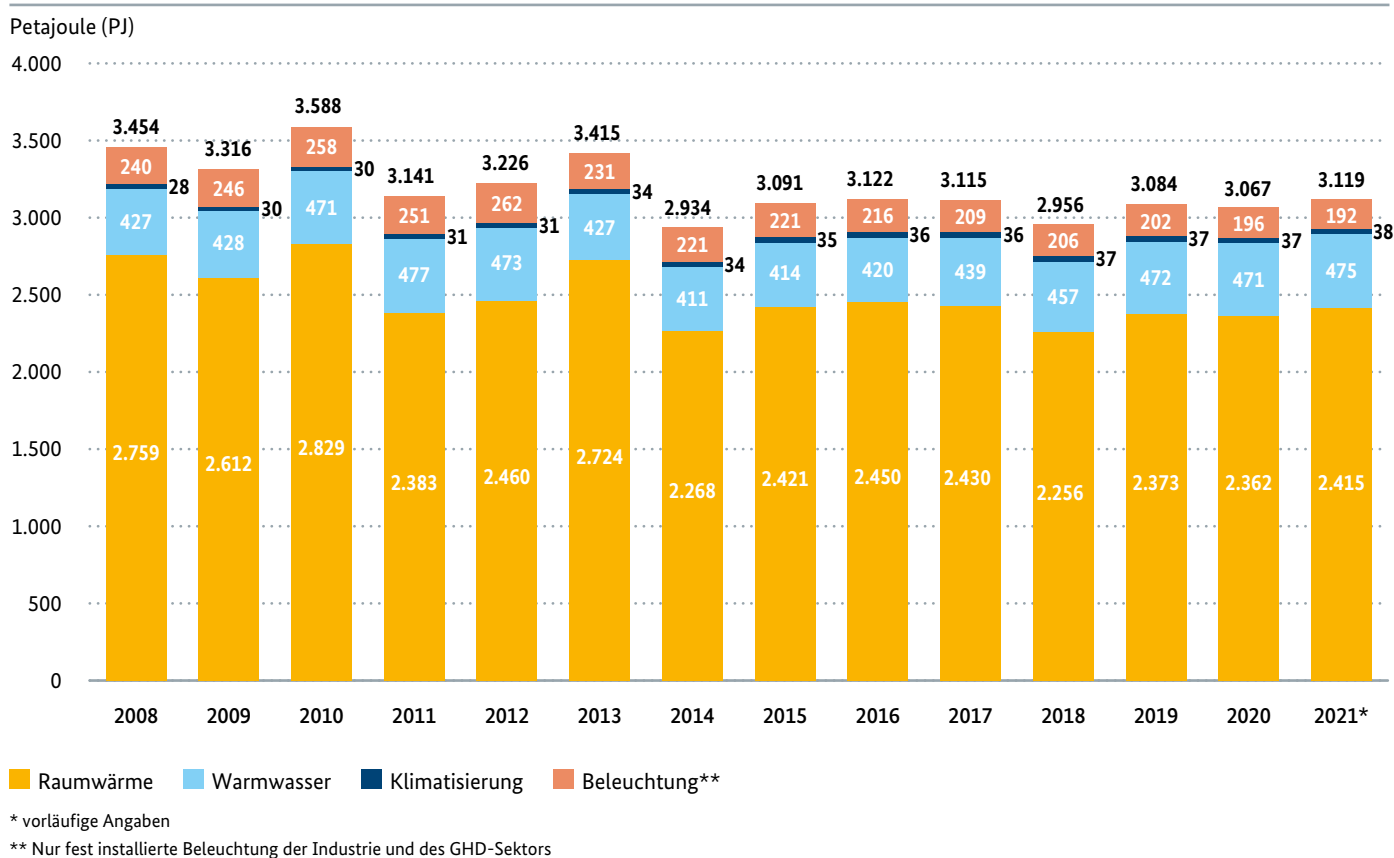


Quelle: UBA-Berechnung auf Basis AGEB, vorläufige Energiebilanz 2021, Stand 09/2022; AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

3.17 Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch

Der gebäuderelevante Endenergieverbrauch betrug 2021 insgesamt 3.119 PJ und ist seit 2008 um 9,7 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt). Über alle Sektoren hatte er im Jahr 2021 einen Anteil von 36 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch. 2008 betrug der Anteil noch 37,7 Prozent.

Abbildung 41: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 02/2023

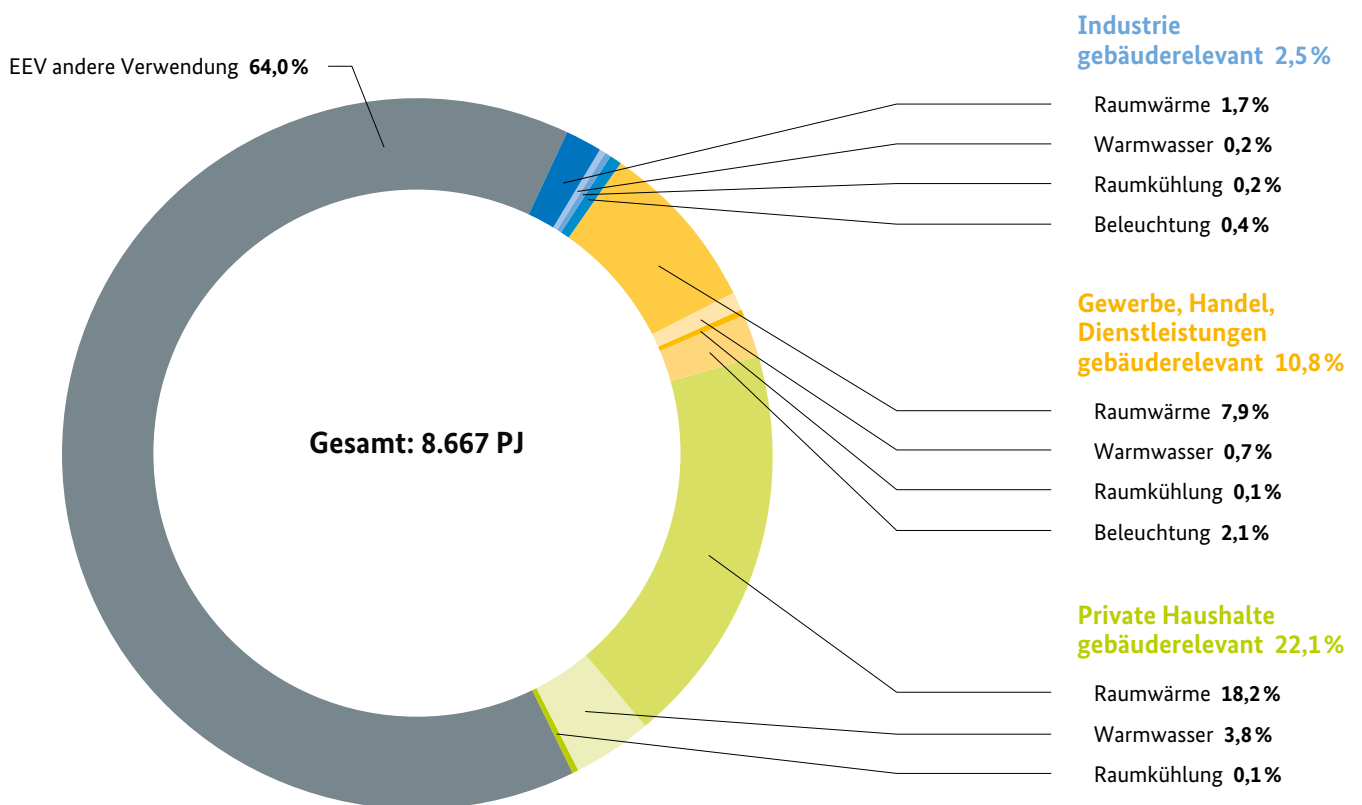
Der gebäuderelevante EEV umfasst die Energieverbräuche in Wohn- und Nichtwohngebäuden in den Sektoren private Haushalte, Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Hierbei werden gemäß Energieeinsparverordnung die Anwendungszwecke Raumwärme, Warmwasser und Klimatisierung betrachtet. Bei den Nichtwohngebäuden kommt zudem die (fest installierte) Beleuchtung hinzu.

Im Zeitraum von 2008 bis 2021 verringerte sich der gebäuderelevante Endenergieverbrauch über alle Sektoren um 334 PJ oder 9,7 Prozent auf 3.119 PJ (nicht witterungsbereinigt). Damit ging sein Anteil am gesamten EEV (8.667 PJ im Jahr 2021) um 1,7 Prozentpunkte von 37,7 auf 36 Prozent zurück. Seit dem Jahr 2014 stagniert die Entwicklung des gebäuderelevanten EEV im Wesentlichen. Im Jahr 2020 ist der gebäuderelevante EEV im Vergleich zum Vorjahr um 79 PJ oder 2,6 Prozent gesunken.

Witterungsbedingte Schwankungen in den sehr kalten Jahren 2010 und 2013 führten zwischenzeitlich zu einem erhöhten Bedarf an Raumwärme. Von 2008 bis 2021 sank der EEV für Raumwärme um 344 PJ (-12,5 Prozent). Dies lag vor allem an den energetischen Sanierungen des Altbaubestands sowie am vermehrten Einbau effizienter Heizungs-systeme. Auch der Energieeinsatz für Beleuchtung in der Industrie und im GHD-Sektor nahm um 48 PJ (-20,1 Prozent) ab. Grund war der vermehrte Einsatz von Energiespar- und LED-Lampen. Dagegen stieg der EEV für Warmwasser um 48 PJ an (+11,3 Prozent). Auch im Bereich Klimatisierung gab es einen Anstieg um 9 PJ (+33,3 Prozent).

23,4 Prozent des EEV entfielen auf den gebäude-relevanten EEV des Sektors der privaten Haushalte, 10,1 Prozent auf den GHD-Sektor und 2,5 Prozent auf den Industriesektor. Hinsichtlich der Energie-wendeziele kommt dem Gebäudebereich entspre-chend eine wichtige Rolle zu. Im Energiekonzept wird deshalb eine deutliche Reduzierung des Pri-märenergiebedarfs bei Gebäuden um 80 Prozent angestrebt, wobei der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt werden soll.

Abbildung 42: Gebäuderelevanter Endenergieverbrauch: Anteil am gesamten Endenergieverbrauch im Jahr 2021



Andere Verwendungszwecke in allen Sektoren 64,0%

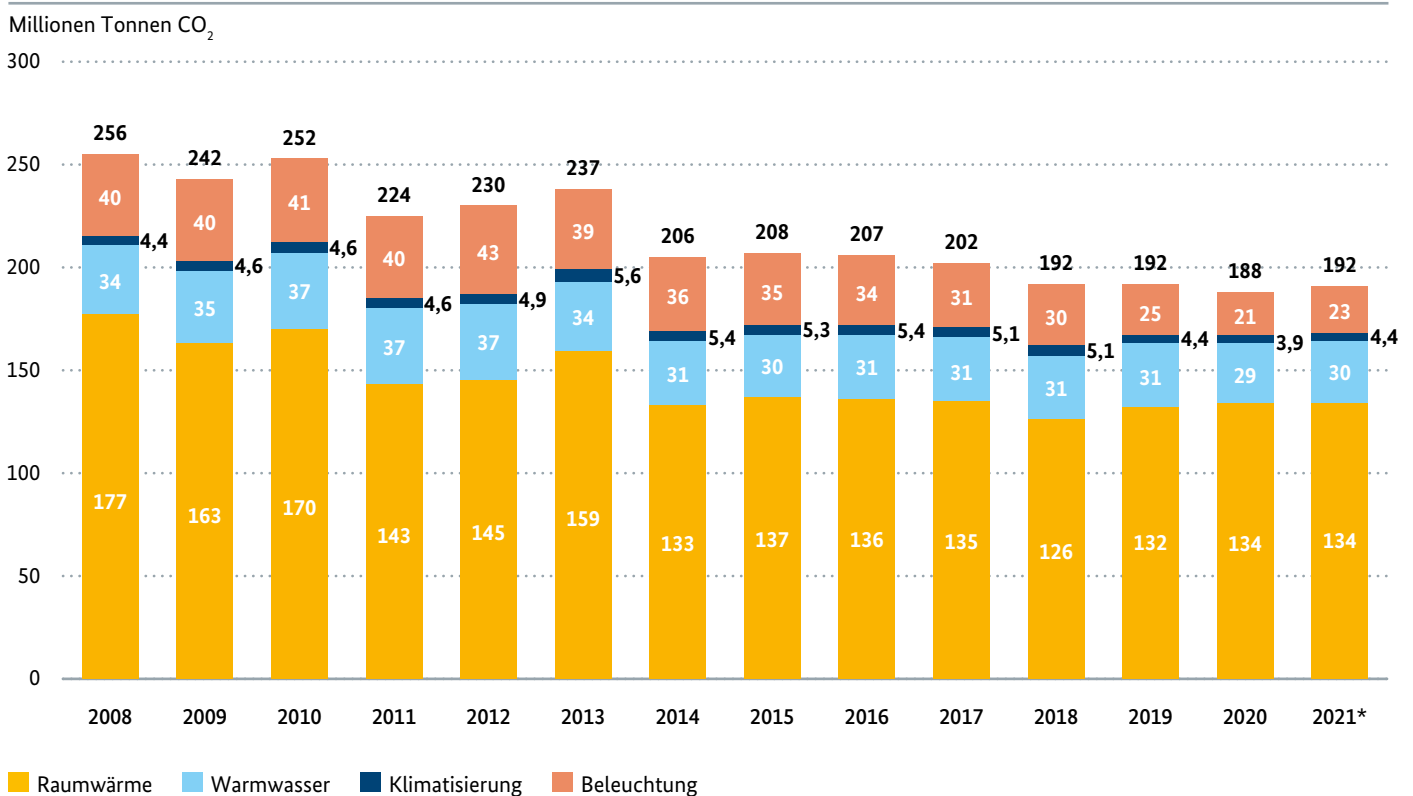
Insgesamt gebäuderelevant 36,0%

* vorläufige Angaben

3.18 Gebäuderelevante CO₂-Emissionen

Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, also die CO₂-Emissionen der Wohn- und Nichtwohngebäude in allen Sektoren, summierten sich im Jahr 2021 auf insgesamt 184 Mio. Tonnen CO₂. Seit 2008 sind sie um 28,2 Prozent gesunken (nicht witterungsbereinigt).

Abbildung 43: CO₂-Emissionen des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs



* Schätzung

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 09/2021; UBA, Zentrales System Emissionen, Stand 09/2022; UBA, CO₂-Emissionsfaktoren, Stand 06/2022

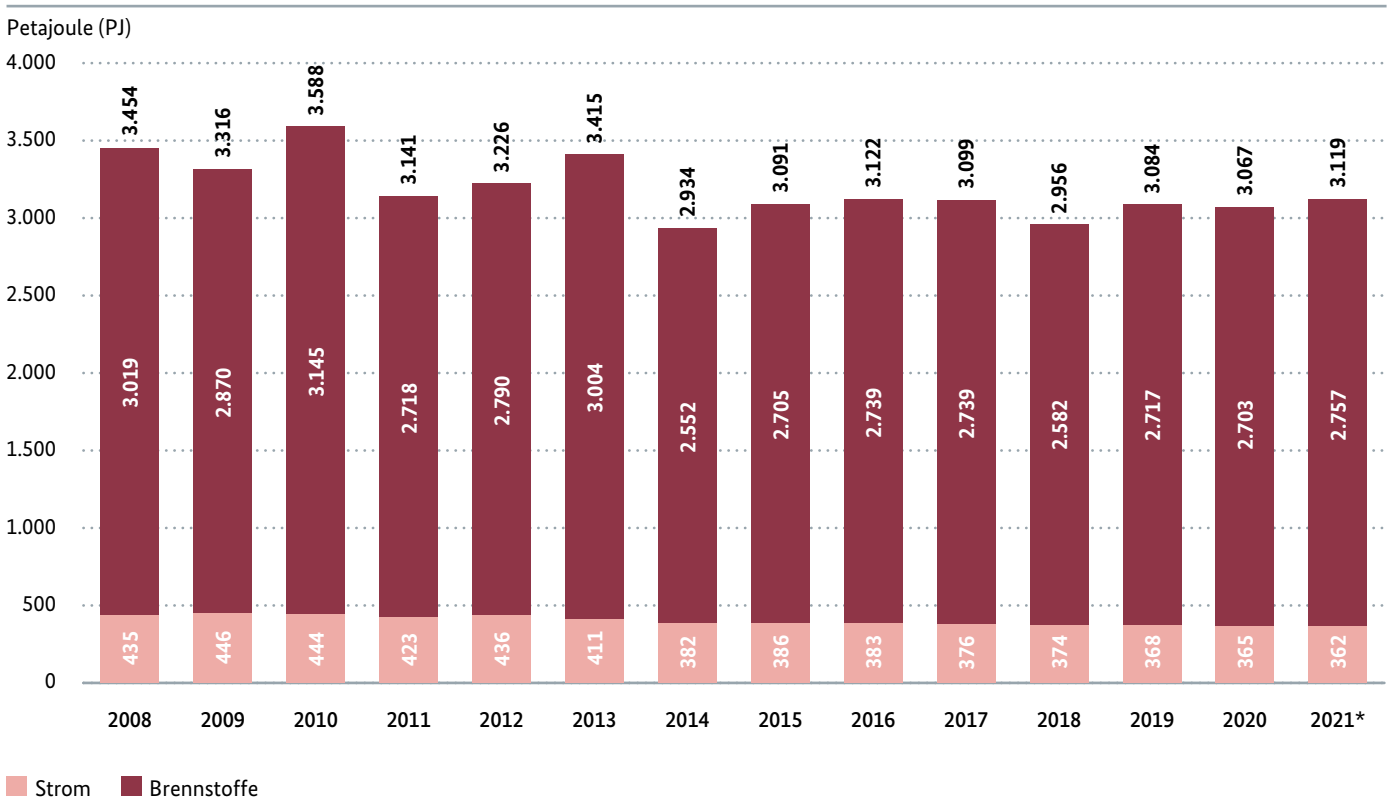
Die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, die anhand des Nachfrageprinzips ermittelt werden, summierten sich im Jahr 2021 auf insgesamt rund 192 Mio. Tonnen CO₂. Dies entsprach 30,7 Prozent der gesamten verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen zur Energiewandlung (bzw. 28,5 Prozent aller CO₂-Emissionen). Seit 2008 sind die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen um 64 Mio. Tonnen CO₂ oder 25 Prozent gesunken (nicht

witterungsbereinigt). Gegenüber 2020 sind die gebäuderelevanten CO₂-Emissionen um 4 Mio. Tonnen (+1,9 Prozent) gestiegen. Trotz der kühleren Witterung war dafür nicht die Raumwärme verantwortlich. Stattdessen haben Warmwasser (+1 Mio. Tonnen CO₂) und Beleuchtungsanwendungen (+2 Mio. Tonnen CO₂) vermehrt Treibhausgase verursacht.

Die Emissionen, die durch die Nutzung von Brennstoffen verursacht wurden, sanken gegenüber 2008 um 19,1 Prozent bzw. -35 Mio. Tonnen CO₂, was vor allem auf den Verbrauchsrückgang von Mineralölprodukten in den Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser zurückzuführen ist. Diejenigen gebäuderelevanten CO₂-Emissionen, die auf der Nutzung von Strom basieren, konnten um 39,9 Prozent reduziert wer-

den. Dies beruhte einerseits auf der Verbrauchsminderung von Strom (73 oder 16,7 Prozent). Ein weiterer Grund sind die CO₂-Einsparungen des Umwandlungssektors bei der Stromerzeugung: Der durchschnittliche Emissionsfaktor des Inlandsstromverbrauches sank zwischen 2008 und 2021 nach vorläufigen Zahlen von 603 auf 435 Gramm pro Kilowattstunde (-27,9 Prozent) (UBA 2022d).

Abbildung 44: Brennstoff- und Stromverbrauch des gebäuderelevanten Endenergieverbrauchs

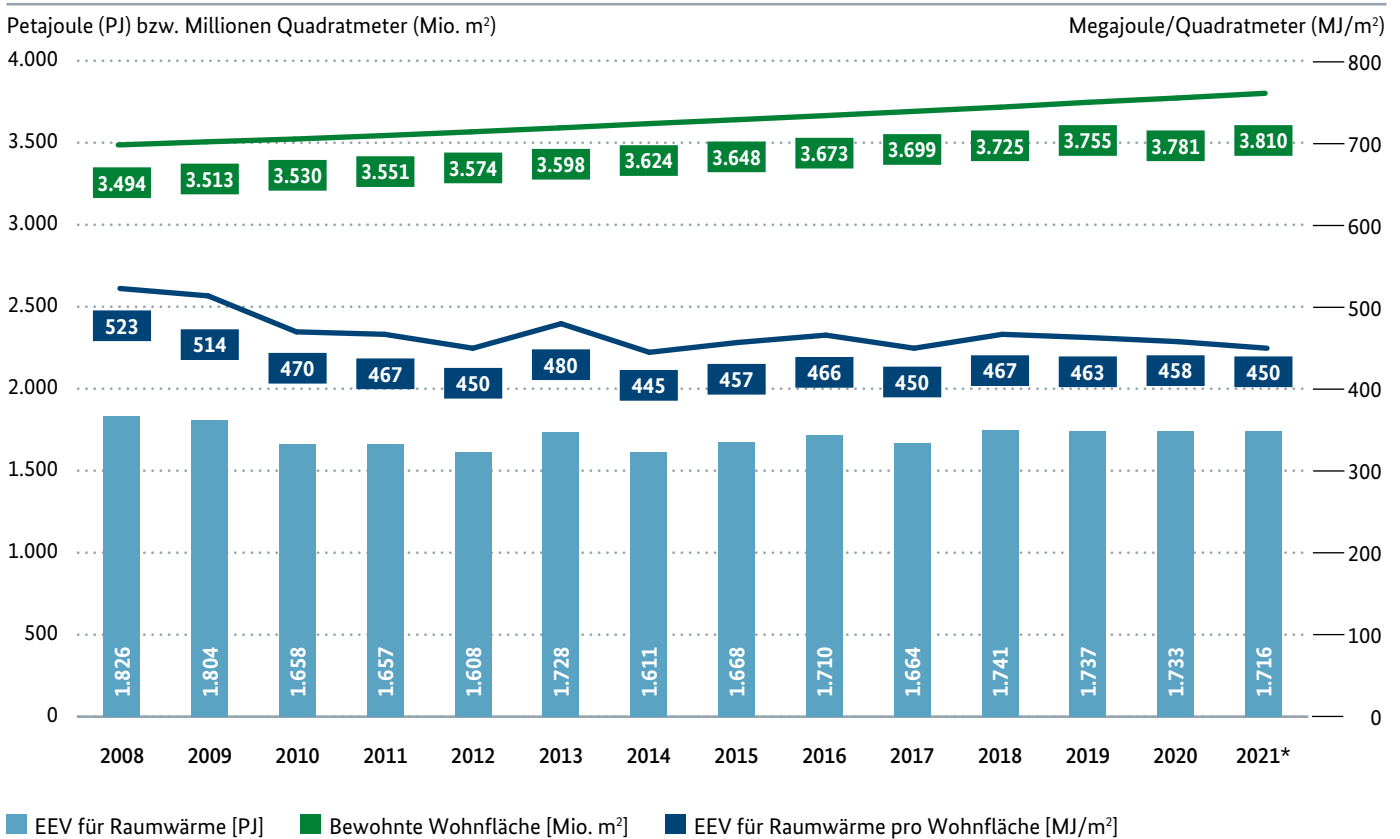


Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 09/2021

3.19 Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme im Sektor private Haushalte

Der Endenergieverbrauch für Raumwärme pro Wohnfläche (Endenergieintensität) ist im Sektor private Haushalte im Zeitraum von 2008 bis 2021 witterungsbereinigt um 13,8 Prozent gesunken. Da die bewohnte Wohnfläche im selben Zeitraum um 9 Prozent stieg, sank der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärme insgesamt zwischen 2008 und 2021 um 6 Prozent.

Abbildung 45: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – private Haushalte*



* Witterungsbereinigung der AGEb nach DIW mit Gradtagszahlen nach DWD 1990 – 2020

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Projekt Temperaturbereinigung; BMWK, Energiedaten, 09/2022

Der absolute witterungsbedingte Endenergieverbrauch für Raumwärme ging von 2008 bis 2021 um 110 PJ oder um 6 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 End-

energieverbrauchs für Raumwärme entgegen. Die Endenergieintensität, gemessen an der Raumwärme pro Quadratmeter, ist im Zeitraum 2008 bis 2021 witterungsbereinigt um 13,8 Prozent auf 450 MJ/m² gesunken. Dies spiegelt Effizienzverbesserungen in diesem Bereich wider, zumal die Wohnfläche im gleichen Zeitraum um 316 Mio. m² oder 9 Prozent zunahm.

4. Wirtschaftliche Impulse und Effekte

4.1 Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz

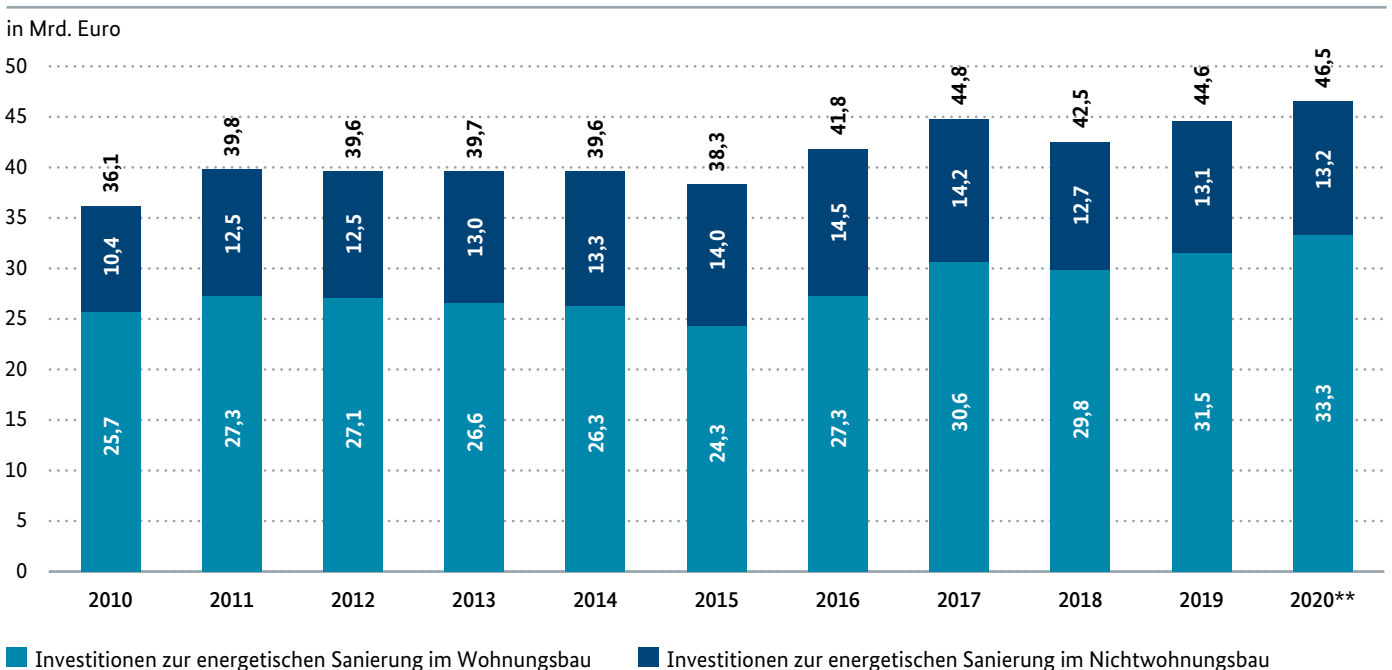
Von Energieeffizienzmaßnahmen gehen erhebliche gesamtwirtschaftliche Impulse aus. Sie führen in Deutschland insbesondere zu neuen Investitionen in den einzelnen Nachfragesektoren und schaffen so Wertschöpfung und Beschäftigung. Für die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich spielt die energetische Gebäudesanierung eine wichtige Rolle. In 2020 lagen die Investitionen für entsprechende Sanierungsmaßnahmen bei 46,5 Milliarden Euro.

Die Internationale Energieagentur (IEA) betont die Notwendigkeit einer signifikanten Erhöhung der Energieeffizienz-Investitionen, um den zukünftigen Energiebedarf zu senken und Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Zuletzt sind die weltweiten Investitionen in Energieeffizienz zwar gestiegen, auch getrieben durch höhere Brennstoffpreise und staatliche Anreize. Allerdings ist dieser Anstieg bei weitem nicht ausreichend, um einen Weg aus der heutigen Krise zu bahnen oder die Emissionen so weit zu reduzieren, dass die globale Erwärmung auf 1,5°C begrenzt werden kann. Die IEA sieht einen

massiven Anstieg der Ausgaben für Effizienz, Elektrifizierung sowie erneuerbaren Strom und erneuerbare Kraftstoffe als Voraussetzung dafür, dass die steigende weltweite Nachfrage nach Energiedienstleistungen auf nachhaltige Weise gedeckt werden kann (IEA 2022).

Eine vollständige Abbildung der wirtschaftlichen Bedeutung der Energieeffizienz ist – wie auch in anderen Bereichen – schwierig, da detaillierte Daten zu Investitionen oftmals nur eingeschränkt vorliegen.²⁰

Abbildung 46: Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand*



* abweichende Summen durch Rundung, Investitionen zu Herstellungskosten, zu jeweiligen Preisen

** vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung (Gornig u. a. 2021) und Berechnungen des DIW Berlin

20 Zur Methodik sowie Einschränkungen in der empirischen Basis siehe Blazejczak u. a. (2019).

Tabelle 5: Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz

	Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand* (Mrd. Euro)	Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Produzierenden Gewerbe (Mrd. Euro)
2006	k.A.	0,13
2007	k.A.	0,37
2008	k.A.	0,59
2009	k.A.	0,57
2010	36,10	0,66
2011	39,80	0,65
2012	39,60	0,93
2013	39,60	0,94
2014	39,60	0,85
2015	38,30	0,94
2016	41,80	1,03
2017	44,80	0,97
2018	42,50	1,03
2019	44,50	1,14
2020*	46,50	1,34

k.A.: keine Angabe; Investitionen zu Herstellungskosten, zu jeweiligen Preisen

* vorläufige Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung (Gornig u. a. 2021) und Berechnungen des DIW Berlin sowie Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 09/2022

Um makroökonomische Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in Deutschland quantifizieren zu können, werden hier deshalb wie in den vorherigen Ausgaben der Broschüre ausgewählte, gut erfassbare Bereiche analysiert. Für diese werden Investitionen, Umsätze und Beschäftigungseffekte, die auf Energieeffizienzmaßnahmen zurückzuführen sind, berechnet. Für zwei wichtige Bereiche lassen sich beispielsweise die Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz genauer bestimmen: für die energetische Gebäudesanierung sowie die Steigerung der Energieeffizienz im Produzierenden Gewerbe (Blazejczak u. a. 2019, 2021, 2022).

Die Investitionen zur energetischen Gebäudesanierung beliefen sich in den Jahren 2010 bis 2019 auf jährlich 36 bis 45 Milliarden Euro. Für das Jahr 2020 werden sie vorläufig auf 46,5 Milliarden Euro geschätzt. Davon entfallen 72 Prozent auf den Wohnungsbau und etwa 28 Prozent auf den Nicht-

Wohnungsbau. 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 erfasst²¹. Die Berechnungen basieren auf Daten der Bauvolumenrechnung des DIW Berlin (Gornig u. a. 2021).

Die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe für den Zeitraum 2006 bis 2020 können auf Basis von Erhebungen des Statistischen Bundesamtes angegeben werden (Destatis 2022).²² In den Jahren seit 2012 schwankten diese Investitionen zwischen rund 930 Millionen und gut 1,1 Milliarden Euro. Im Jahr 2020 lagen sie bei 1,34 Milliarden Euro und erreichten damit einen neuen Höchstwert. Diese Zahlen sollten jedoch als Untergrenze angesehen werden, da einige Bereiche, insbesondere mit Prozessbezug, nicht berücksichtigt werden.

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

22 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. Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung lag im Jahr 2020 bei rund 540.800 Personen.

Die mit den Investitionen zur energetischen Sanierung im Gebäudebestand verbundene Beschäftigung schwankte im Zeitraum 2010 bis 2019 zwischen 490.000 und knapp 560.000 Personen.²³ Im Jahr 2020 lag sie bei rund 540.800 Personen. Von diesen entfielen 72,8 Prozent auf den Wohnungsbau (393.900 Personen) und 27,2 Prozent auf den Nichtwohnungsbau (146.900 Personen). Die Werte umfassen neben der direkten Beschäftigung auch die indirekte Beschäftigung 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 betrug im Jahr 2020

41,5 Prozent. Dies unterstreicht, dass die Berücksichtigung der indirekten Effekte ein umfassenderes Bild von der ökonomischen Bedeutung der energetischen Sanierung ermöglicht. Auf die Bauwirtschaft entfielen rund 277.500 Beschäftigte, das waren rund 11 Prozent der dort arbeitenden Personen (Blazejczak u. a. 2019, 2021, 2022).²⁴

Die Beschäftigung, die durch die Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe ausgelöst wird, stieg im Zeitraum 2006 bis 2020 von 1.400 Personen auf 11.600 Personen. Diese Werte enthalten ebenfalls neben der direkten Beschäftigung die indirekte Beschäftigung. Der Anteil der indirekten Beschäftigung betrug im Jahr 2020 rund 47 Prozent.

23 Die aus dem DIW-Bauvolumen (Gornig u. a. 2021) abgeleiteten Maßnahmen umfassen alle energetischen Sanierungsmaßnahmen, auch nicht geförderte niederschwellige Maßnahmen im Bestand. Darüber hinaus werden sowohl der Wohnungs- als auch der Nichtwohnungsbau erfasst. Dadurch ergibt sich ein deutlich höheres Beschäftigungsvolumen als in Studien, die sich nur auf die Maßnahmen beziehen, die durch die Förderung der KfW angestoßen wurden (75.000 Personen in 2015).

24 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 47: Beschäftigung durch energetische Gebäudesanierung im Bestand



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DIW-Bauvolumensrechnung (Gornig u.a. 2021) und Berechnungen des DIW Berlin

Tabelle 6: Beschäftigung durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz

	Beschäftigung durch energetische Sanierung im Bestand* (Personen)	Beschäftigung durch Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe (Personen)	Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen** (Personen)
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	521.600	8.600	36.480
2019	514.400	9.400	36.900
2020	540.800	11.600	42.600

k.A.: keine Angabe; * 2020 vorläufige Angaben; ** Vollzeitäquivalente, siehe Tabelle 7

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.1, Stand 09/2020; Berechnungen des DIW Berlin

Energieeffizienzdienstleistungen, 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 (Sprengrer u. a. 2002 und BfEE 2017). Oft stellen Energieeffizienzdienst-

leistungen dabei nur eine Teilaktivität der Anbieter dar. Im Jahr 2020 waren in den wichtigsten Geschäftsfeldern mit Energieeffizienzdienstleistungen in Vollzeitäquivalente umgerechnet rund 42.600 Personen beschäftigt.^{25 26} Allein auf das Energie-Contracting entfielen dabei etwa 29.500 Beschäftigte. Gegenüber dem Jahr 2019 ist die Beschäftigung um 15 Prozent kräftig gestiegen.

Tabelle 7: Beschäftigung bei kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen

Beschäftigte	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Information	1.600	1.400	1.500	2.100	1.900	1.700
Energieberatung*	5.050	5.000	4.500	4.370	4.900	6.800
Energie-Contracting	24.000	24.000	25.000	25.500	25.600	29.500
Energiemanagement**	4.600	4.650	4.640	4.510	4.500	4.600
Zusammen	35.250	35.050	35.640	36.480	36.900	42.600

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. S. BfEE 2020, S. 70ff.

Quelle: BfEE (2017–2022) 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 Energieeffizienz-relevante Bereiche umgelegt werden. Statistisch lassen sich diese Nettobeschäftigungswirkungen nicht ermitteln.²⁷

25 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, 2020, 2021, 2022a, 2022b).

26 Eine Reihe von Institutionen erbringen 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 42.600 Beschäftigten (VZÄ) im Jahr 2020 müssen daher als Untergrenze für die Beschäftigung durch Energieeffizienzdienstleistungen angesehen werden.

27 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. Der Umsatzanteil der Güter, die der Energieeffizienz dienen können, lag über die Jahre bezogen auf die gesamte industrielle Produktion relativ konstant bei 1,5 Prozent, stieg im Jahr 2020 jedoch um 0,2 Prozentpunkte.

Die Umsätze mit Gütern, die der Steigerung der Energieeffizienz dienen können,²⁸ betragen im Jahr 2020 insgesamt 22,0 Milliarden Euro. Der leichte Abschwung in der Produktion zwischen den Jahren 2013 und 2016 konnte in den letzten vier Jahren wieder abgefangen werden.

Der weit überwiegende Teil der Produktion von Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz entfiel auf das Teilsegment der rationellen Energieverwendung mit rund 20 Milliarden Euro, bei dem es sich im Wesentlichen um Güter handelt, die zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden beitragen (19,0 Milliarden Euro). Zu den hier erfassten Gütern zählen Fenster, insbesondere Wärmeschutzverglasung, Türen oder Dämmmaterialien in unterschiedlicher Form und aus unterschiedlichen Stoffen. Die Umsätze der Erzeugnisse zur Wärmeisolation haben sich über die Jahre stetig erhöht.

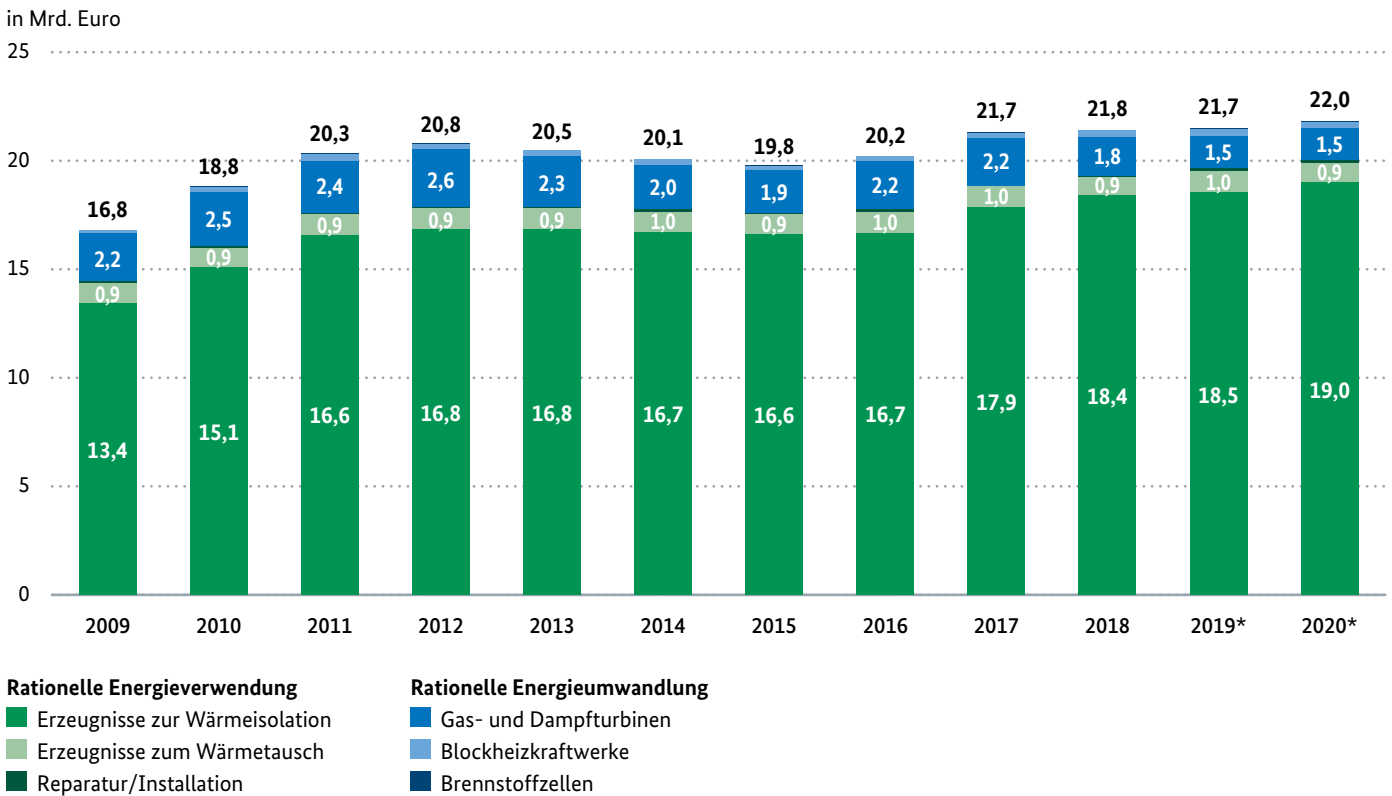
Zur rationellen Energieverwendung werden darüber hinaus energieeffiziente Anlagen gezählt, die zum Wärmetausch dienen, sowie industrielle Reparatur- und Installationsleistungen. Diese spielten mit 875 Millionen bzw. mit 99 Millionen Euro auch im Jahr 2020 eine eher untergeordnete Rolle. Eine Steigerung der Umsätze im betrachteten Zeitraum ist nicht zu erkennen.

Die Umsätze mit Gütern im Teilsegment der rationellen Energieumwandlung hingegen sind mit 1,8 Milliarden Euro wesentlich kleiner als im Teilsegment der rationellen Energieverwendung. Sie werden maßgeblich geprägt durch Umsätze mit Gas- und Dampfturbinen, auf die im Jahr 2020 allein 1,5 Milliarden Euro entfielen. Umsätze mit Blockheizkraft- und Brennstoffzellentechnologie (295 Millionen bzw. 24 Millionen Euro) nehmen nur einen kleinen Anteil ein.²⁹ Seit 2018 sind rückläufige Umsätze mit Erzeugnissen der rationellen Energieumwandlung zu erkennen.

28 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).

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

Abbildung 48: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz



* Ab dem Jahr 2019 basiert die Analyse auf dem Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken 2019 (GP 2019).

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis Produktionsstatistik und Berechnungen des CWS; abweichende Summen durch Rundung

Auch die oben betrachteten Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz führen zu Umsätzen in erheblichem Umfang. Die Umsätze für die energetische Gebäudesanierung lagen im Zeitraum 2010 bis 2018 bei jährlich rund 70 Milliarden Euro. In den Jahren 2017, 2019 und zuletzt 2020 lagen sie mit rund 76 bzw. 79 Milliarden Euro über diesem

Wert. Sie liegen deutlich höher als die Investitionen, da in ihnen auch die zur Erstellung der Investitionen erforderlichen Vorleistungen (indirekte Produktionseffekte) enthalten sind. Gleiches gilt für die Umsätze durch Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe, die zuletzt auf 1,8 Milliarden Euro angestiegen sind.³⁰

30 Damit die Werte in Tabelle 8 addierbar sind, werden zur Vermeidung von Doppelzählungen die Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz (im Gegensatz zur Darstellung in Abbildung 47) ohne die Umsätze mit Gütern zur Wärmeisolation ausgewiesen.

Tabelle 8: Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz in Mrd. Euro

	Umsätze durch energetische Sanierung im Bestand (inkl. Wärmeisolation) (Mrd. Euro)	Umsätze durch Energieeffizienzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe (Mrd. Euro)	Umsätze mit Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz (ohne Wärmeisolation) nach NIW/Destatis-Liste (Mrd. Euro)
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	70,71	1,43	3,45
2019	75,67	1,56	3,16
2020	79,10	1,82	3,00

k.A.: keine Angaben

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Destatis, Blazejczak u. a. (2021, 2022), Berechnungen des DIW, Berlin und CWS, Hannover

Mit Energieeffizienzdienstleistungen, die kommerziell über den Markt angeboten werden, wurden in den Jahren 2015 bis 2019 jeweils um die 9 Milliarden Euro umgesetzt, im Jahr 2020 ist der Umsatz auf rund 12 Milliarden Euro kräftig gestiegen. Die Umsatzsteigerung geht zum größten Teil

auf das Energie-Contracting zurück.³¹ Hier schlagen sich die bereits 2020 gestiegenen Energiepreise nieder. Weitere Geschäftsfelder sind höherschwellige Energieberatungen und Energiemanagementdienstleistungen und Informationsdienstleistungen.

Tabelle 9: Umsätze mit kommerziellen Energieeffizienzdienstleistungen in Mio. Euro

(Mio. Euro)	2015	2016	2017	2018	2019	2019
Information	150	140	150	220	200	180
Energieberatung	500	820	390	380	420	650
Energie-Contracting	7.800	7.700	7.900	8.200	8.200	10.600
Energie-Management	200	440	470	460	460	480
Zusammen	8.650	9.100	8.910	9.260	9.280	11.910

Quelle: Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)

Nur ein Teil der in Deutschland produzierten Güter zur Steigerung der Energieeffizienz wird auch in Deutschland verwendet. Ganze 43 Prozent dieser Güter wurden zuletzt exportiert.³² Ein ähnlich

großer Anteil (46 Prozent) floss als Vorleistung an andere Unternehmen. Der Rest wurde direkt von privaten Haushalten oder als Anlageinvestitionen von Unternehmen verwendet.³³

31 Die Umsätze des Energie-Contractings enthalten auch die Kosten der gelieferten Energie.

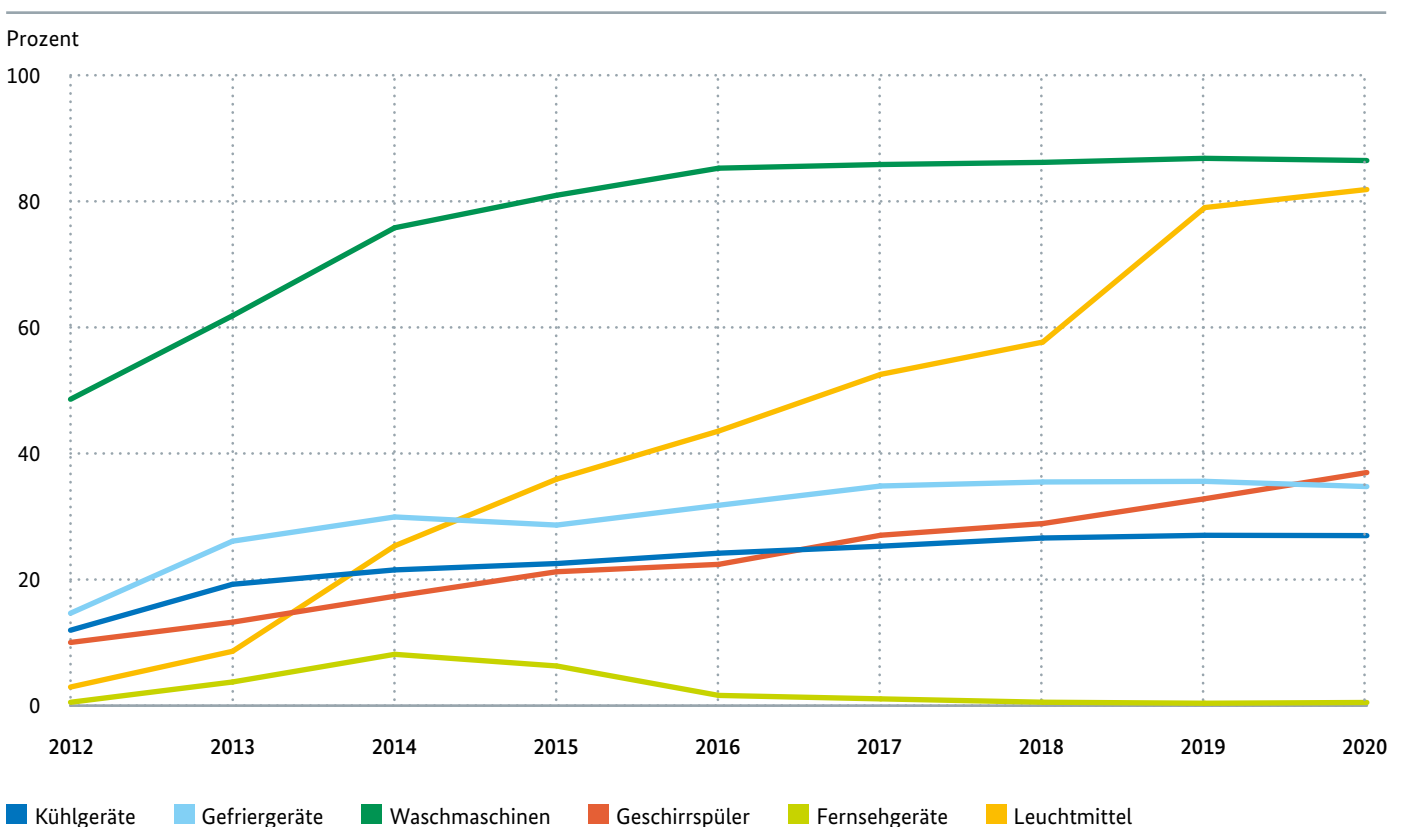
32 Für die sektorale Verwendung von Energieeffizienzgütern liegen nur Werte bis zum Jahr 2017 vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Strukturen nicht grundlegend geändert haben.

33 Detailliertere Informationen finden sich in der 4. Aufl. der Energieeffizienz in Zahlen (BMWK 2020) oder in Blazejczak u. a. (2021).

4.4 Marktanteile energieeffizienter Güter

Private Haushalte können durch die Nutzung energieeffizienter Güter, wie beispielsweise bei Gefriergeräten 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, nachfrageseitige Zugänge außerhalb der amtlichen Statistik gesucht werden, wie z. B. Konsumentenbefragungen zu nachhaltigem Konsum. Häufig werden Energieverbrauchskennzeichnungen (z. B. für Haushaltsgeräte, Heizungen oder auch Kraftfahrzeuge) zur Klassifizierung energieeffizienter Güter verwendet. Der Marktanteil von Gütern der höchsten Effizienzklassen dient als Indikator für die ökonomische Bedeutung energieeffizienter Güter.³⁴

Abbildung 49: Marktanteile von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2020



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Gesellschaft für GfK 2012–2020

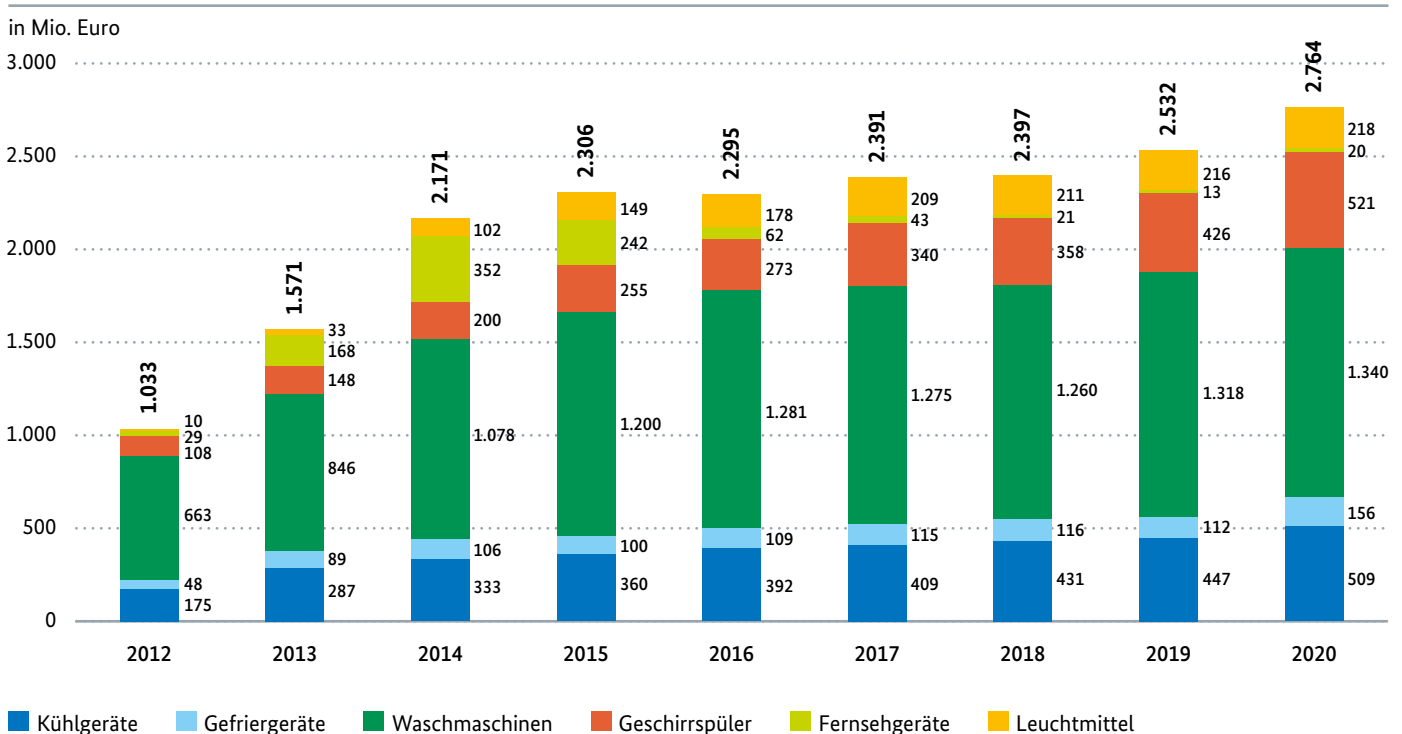
³⁴ Energieeffiziente Haushaltsgeräte und Leuchtmittel finden sich neben anderen Produkten auch im Indikatorenbericht des Statistischen Bundesamtes unter dem Indikator „Marktanteil von Produkten mit staatlichen Umweltzeichen“, der den Marktanteil von Produkten mit freiwilligen oder verpflichtenden Umweltzeichen, deren Vergabegrundlagen von staatlichen Organen festgelegt werden, misst (Statistisches Bundesamt, 2021b).

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.³⁵ 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.³⁶

Abbildung 50: Umsatz von Haushaltsgeräten und Leuchtmitteln der höchsten Energieeffizienzklasse in Deutschland nach Produktkategorien für die Jahre 2012 bis 2020



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) 2012 – 2020

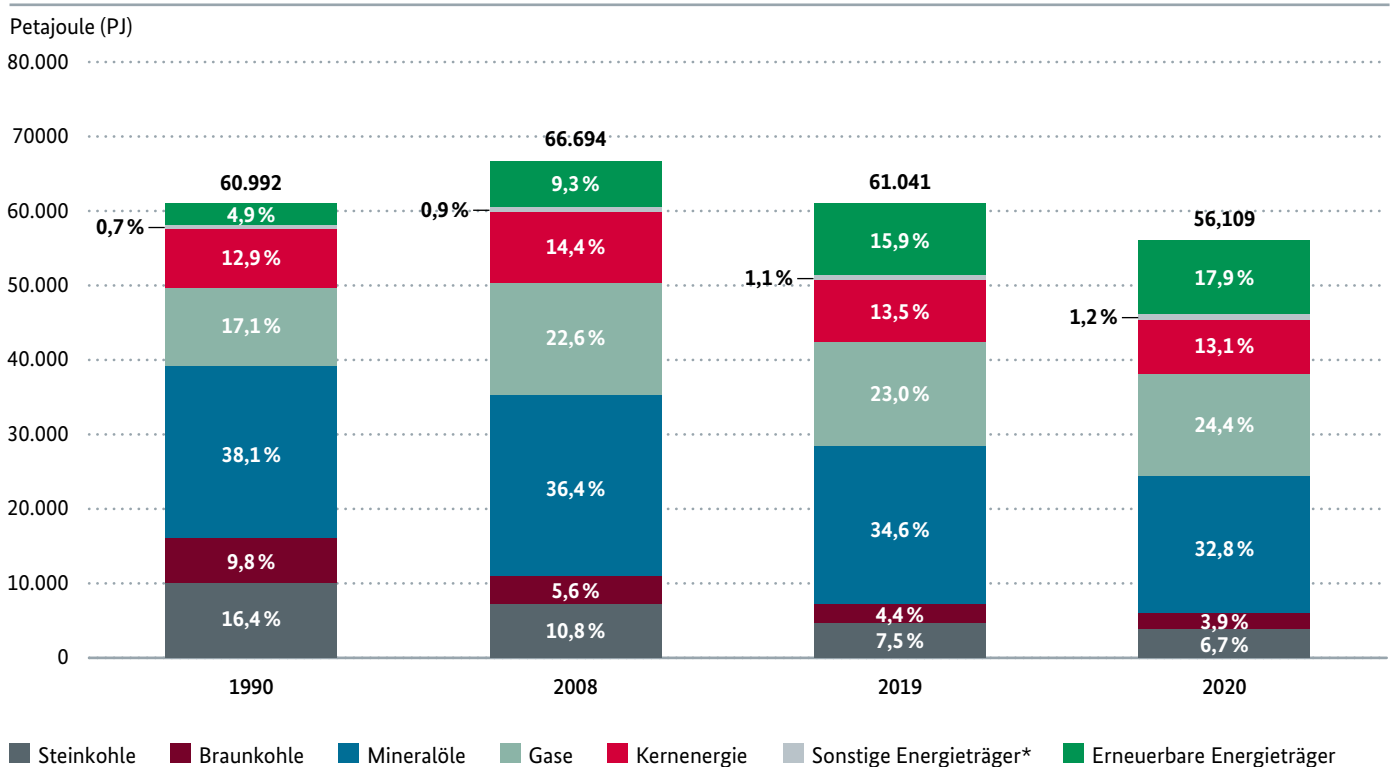
35 <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-umweltfreundlicher-konsum#wie-ist-die-entwicklung-zu-bewerten>

36 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.

5. Energieverbrauch und -produktivität in der Europäischen Union

Die EU-27 hat von 2008 bis 2020 den Primärenergieverbrauch um 10.585 PJ oder 17,4 Prozent reduziert. Die Primärenergieproduktivität stieg um 25,1 Prozent. Im selben Zeitraum ging der Endenergieverbrauch um 4.097 PJ oder 10 Prozent zurück. Die Endenergieproduktivität stieg um 16,6 Prozent.

Abbildung 51: Primärenergiemix in der Europäischen Union (EU-27) 1990, 2008, 2019 und 2020



* 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 08/2022; Eurostat, Bruttoinlandsverbrauch, Stand 08/2022

Der Primärenergieverbrauch gemäß Bruttoinlandsverbrauch³⁷ (PEV) der Europäischen Union (EU-27) ist zwischen 2008 und 2020 um 10.578 PJ oder 17,4 Prozent auf 56.109 PJ gesunken. Der Ver-

brauchsrückgang ist auf den allgemeinen technischen Fortschritt und gezielte Energieeffizienzmaßnahmen auf nationaler und europäischer Ebene zurückzuführen, etwa die Ökodesign-,

37 Die Ermittlung des PEV durch Eurostat unterscheidet sich methodisch vom Vorgehen der AGEB (bezüglich nicht-energetischer Verbräuche). Dementsprechend liegt der von der Europäischen Kommission für Deutschland ausgewiesene PEV (gemäß Bruttoinlandsverbrauch) im Jahr 2020 (11.921 PJ) um 26 PJ (0,22 Prozent) höher als der von der AGEB ermittelte PEV (11.895 PJ).

Bei der Ermittlung des EEV durch die Europäische Kommission führen zudem unterschiedliche Bilanzkreise, Heizwerte und Datenstände zu Abweichungen. Daher liegt der EEV Deutschlands der AGEB im Jahr 2020 mit 8.341 PJ um 235 PJ (2,8 Prozent) über dem von der Europäischen Kommission für Deutschland ausgewiesenen Wert (8.106 PJ). AGEB (2022a), Europäische Kommission (2022).

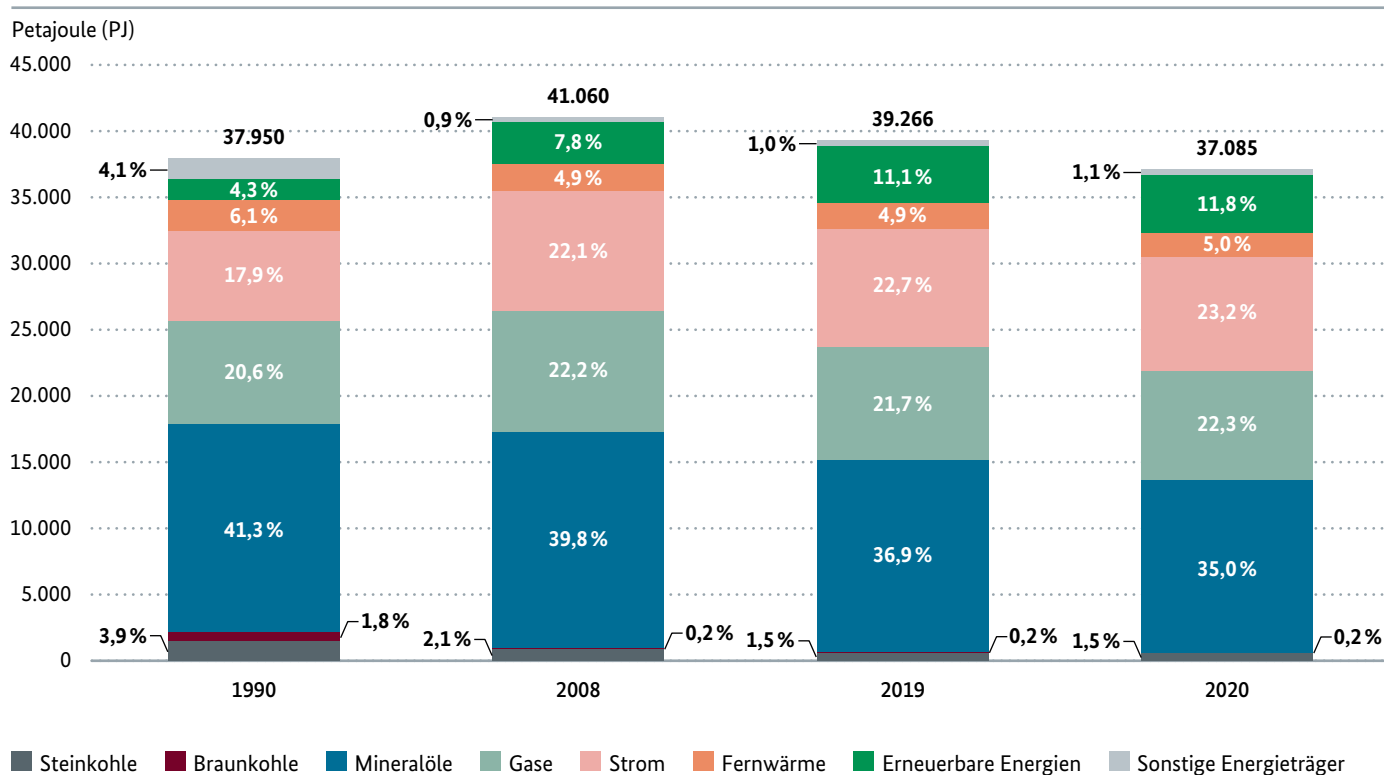
Gebäude- und Energieeffizienz-Richtlinie. Heutzutage wird weniger Primärenergie als in der Vergangenheit benötigt, um den gleichen wirtschaftlichen Ertrag zu realisieren. Im geringeren Umfang haben auch Effizienzgewinne im Umwandlungssektor zu Primärenergieeinsparungen beigetragen (Europäische Kommission 2019). Der starke Rückgang des Primärenergieverbrauchs um 4.932 PJ (8,1 Prozent) gegenüber 2019 ist auf die Corona-Pandemie zurückzuführen.

Die wichtigsten Primärenergieträger der EU waren im Jahr 2020 mit einem Anteil von 32,8 Prozent Mineralöle (18.407 PJ), gefolgt von Gasen (24,4 Prozent bzw. 13.689 PJ). Erneuerbare Energien kamen

2020 auf einen Anteil von 17,9 Prozent (10.037 PJ) und lagen damit vor Kernenergie (13,1 Prozent bzw. 7.334 PJ), Steinkohle (6,7 Prozent bzw. 3.774 PJ) und Braunkohle (3,9 Prozent bzw. 2.174 PJ). Deutschland war im Jahr 2020 für 45,3 Prozent des europäischen Braunkohleverbrauchs verantwortlich, der bei der Stromerzeugung mit relativ hohen Umwandlungsverlusten verbunden ist.³⁸ Die sonstigen Energieträger machten 1,2 Prozent (694 PJ) des PEV der EU aus.

Von 2008 bis 2020 stieg der PEV aus erneuerbaren Energien in der EU-27 um 3.807 PJ (+61,1 Prozent). Derweil reduzierte sich die Nachfrage nach fossilen Primärenergieträgern in der EU: Mineral-

Abbildung 52: Endenergiemix in der Europäischen Union (EU-27) 1990, 2008, 2019 und 2020



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DG Energie bzw. Eurostat, Länder-Datenblätter, Stand 08/2022; Eurostat, Bruttoinlandsverbrauch, Stand 08/2022

38 Bezogen auf den PEV bzw. Bruttoinlandsverbrauch; UBA auf Basis Europäische Kommission (2023)

öl -5.893 PJ (-24,3 Prozent), Steinkohle -3.416 PJ (-47,5 Prozent), Gase -1.354 PJ (-9 Prozent), Braunkohle -1.584 PJ (-42,2 Prozent).

Die Kernenergie trug 2020 2.240 PJ oder 23,4 Prozent weniger zum PEV bei als im Jahr 2008. Davon sind 910 PJ auf Kernkraftwerke zurückzuführen, die in diesem Zeitraum in Deutschland weniger Energie umwandelten bzw. vom Netz gingen. In einer Reihe von europäischen Mitgliedsländern kam es seit 2008 zum Rückgang der Kernenergienutzung. Besonders stark ging die Nutzung in Frankreich (-885 PJ, -18,7 Prozent) sowie durch den Ausstieg Litauens aus der Kernkraft Ende 2009 zurück (-112 PJ, -100 Prozent). In Tschechien (+24 PJ, +8,4 Prozent), Ungarn (+8 PJ, +4,9 Prozent) und Bulgarien (+9 PJ, +4,9 Prozent) hat die Kernenergie dagegen an Bedeutung gewonnen.³⁹

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.⁴⁰

Der Endenergieverbrauch (EEV) der EU-27 hat sich im Zeitraum 2008 bis 2020 um 4.097 PJ oder 10 Prozent auf 37.085 PJ reduziert. Die europäische Energiebilanz weist für Deutschland im gleichen Zeitraum einen Rückgang von 7,1 Prozent aus.⁴¹ Wie im Bereich des PEV wirkten sich neben den Sondereffekten durch die Pandemie vor allem der technische Fortschritt und Energieeffizienzmaßnahmen positiv auf den Rückgang des 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. Durch die Zunahme der Wirtschaftstätigkeit wird der Energieverbrauch jedoch voraussichtlich weiter steigen (Europäische Kommission 2019a), wenn keine weiteren Effizienzmaßnahmen unternommen werden. Der Rückgang um 5,6 Prozent (2.192 PJ) gegenüber 2019 liegt vor allem in der Corona-Pandemie begründet.

Im Endenergiemix der EU-27 dominierten im Jahr 2020 Mineralölprodukte mit 35,5 Prozent (13.073 PJ) vor allem durch ihre Bedeutung als Kraftstoff im Verkehrssektor. Strom (23,4 Prozent bzw. 8.639 PJ) und Gase (22,6 Prozent bzw. 8.334 PJ), erneuerbare Energien (11,9 Prozent bzw. 4.392 PJ) und Fernwärme (5 Prozent bzw. 1.852 PJ) ergänzten den Endenergiemix. Steinkohle (1,5 Prozent bzw. 552 PJ) Braunkohle (0,2 Prozent bzw. 59 PJ) und sonstige Energieträger (1,1 Prozent bzw. 401 PJ) haben nur geringe Anteile am EEV.

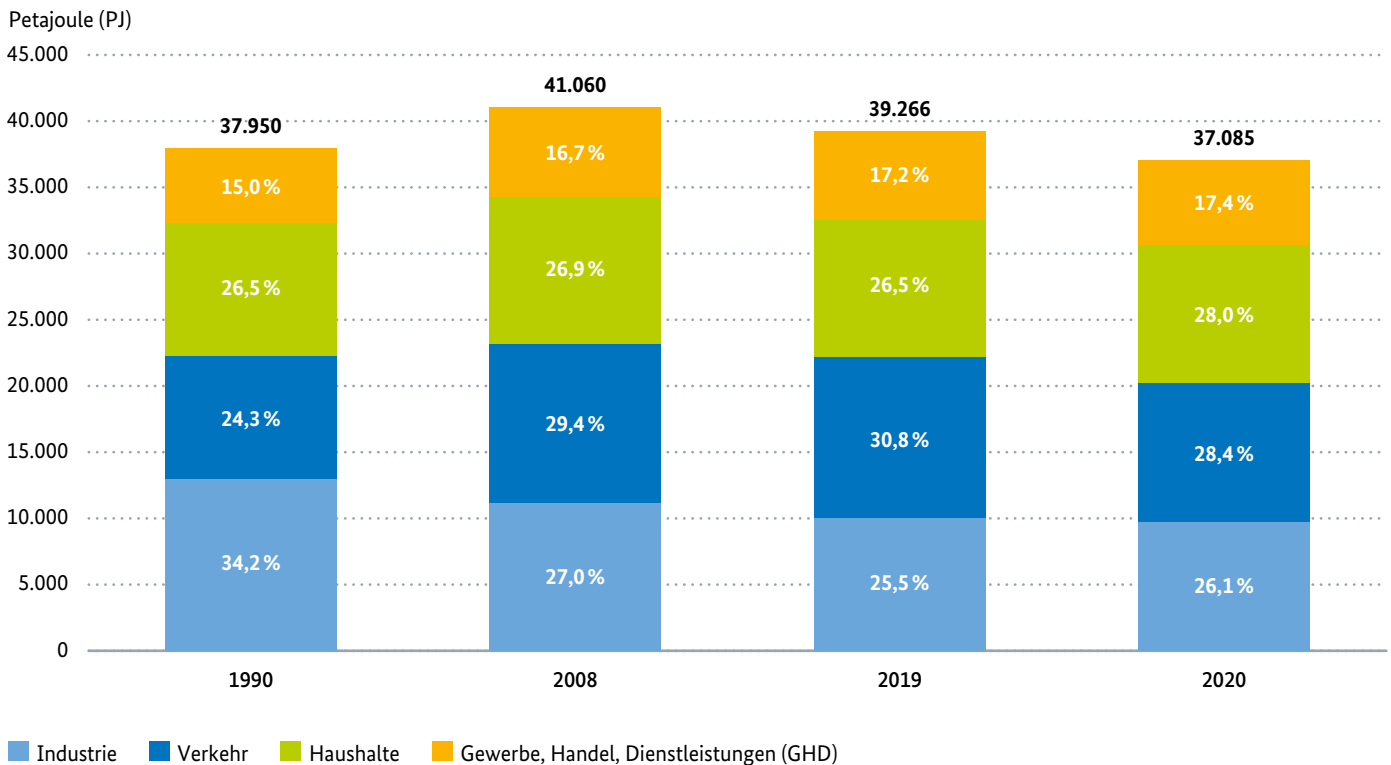
Die EU-27 konnte von 2008 bis 2020 vor allem die Nachfrage nach fossilen Endenergieträgern reduzieren: Mineralöl 3.382 PJ (-20,7 Prozent), Gase -862 PJ (-9,5 Prozent), Steinkohle -289 PJ (-34,3 Prozent) und Braunkohle -42 PJ (-41,5 Prozent). Außerdem wurde der Verbrauch der Sekundärenergieträger Strom (-520 PJ oder -5,7 Prozent) und Fernwärme (-188 PJ oder -9,3 Prozent) gesenkt. Dagegen stieg die Nachfrage nach erneuerbaren Energien um 1.148 PJ oder 36 Prozent. Auf niedrigem Niveau ebenfalls leicht gewachsen sind die sonstigen Energieträger (+38 PJ oder +10,3 Prozent) wie z. B. nicht erneuerbare Industrie- und Haushaltsabfälle.

39 UBA auf Basis Europäische Kommission (2022)

40 Siehe auch Fußnote 6

41 Europäische Kommission (2021); vgl. Hinweise in Fußnote 32

Abbildung 53: Endenergieverbrauch (EU-27) – Anteil der Sektoren 1990, 2009, 2019 und 2020



Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis DG Energie bzw. Eurostat, Länder-Datenblätter, Stand 08/2022; Eurostat, Bruttoinlandsverbrauch, Stand 08/2022

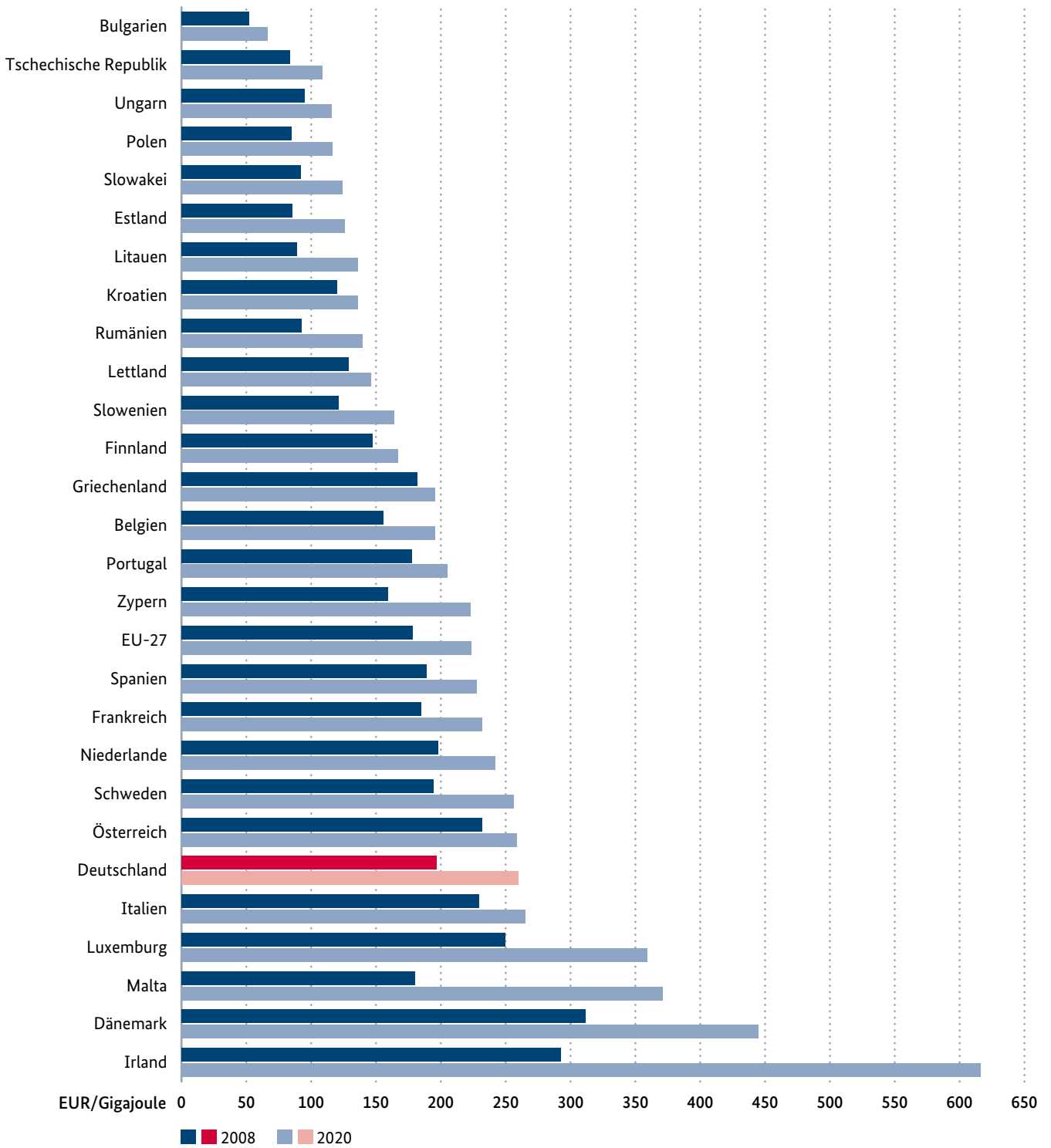
Der Verkehr ist innerhalb der EU-27 der größte Verbrauchssektor mit einem Anteil von 28,4 Prozent (10.490 PJ). Die Haushalte kommen mit einem Anteil von 28,0 Prozent auf einen Endenergieverbrauch von 10.335 PJ. Die Industrie verbrauchte 9.626 PJ (26,1 Prozent). Der GHD-Sektor hat einen Anteil von 17,4 Prozent am Endenergieverbrauch der EU-27. Dies entspricht 6.426 PJ.

Gegenüber 2008 konnten alle Endenergiesektoren ihren Verbrauch reduzieren: Verkehr -1.538 PJ (-12,8 Prozent), Industrie -1.456 PJ (-13,1 Prozent), Haushalte -703 PJ (-6,4 Prozent) und der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen um -400 PJ oder -5,9 Prozent. Jedoch beruht der Rückgang im Verkehrssektor auf Sondereffekten durch die Corona-Pandemie. Allein von 2019 auf 2020 sank der EEV des Verkehrs um 12,9 Prozent bzw. 1.549 PJ.

Die Zahlen der Europäischen Kommission zeigen, dass in Deutschland die Primärenergieproduktivität im Jahr 2020 gegenüber 2008 um 32 Prozent gesteigert werden konnte. Dies ist etwas besser als die Entwicklung der Primärenergieproduktivität der EU-27 (+25,1 Prozent).

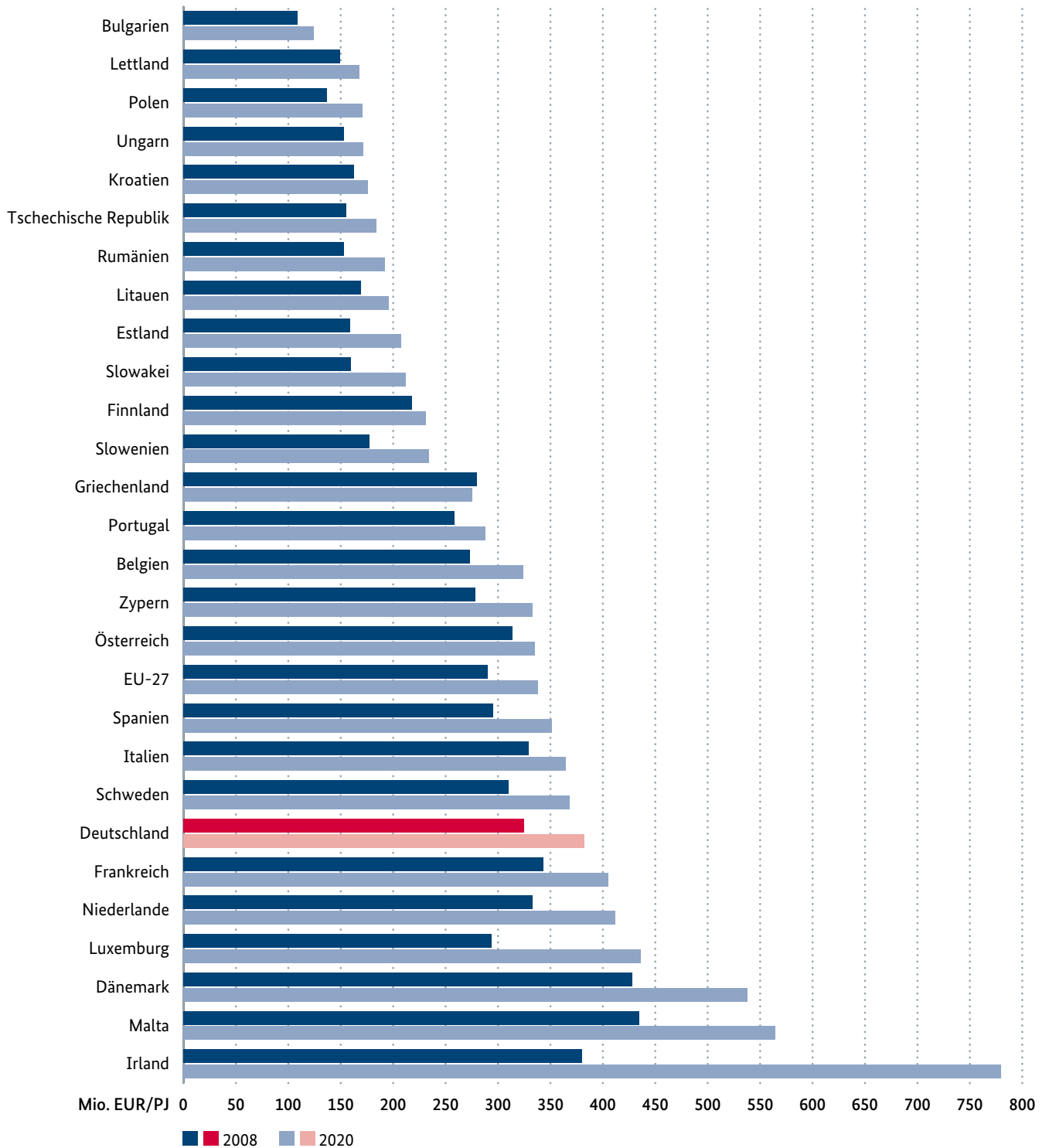
In Bezug auf die Endenergie ist eine ähnliche Entwicklung feststellbar. Zwischen 2008 und 2020 stieg die deutsche Endenergieproduktivität gemäß Europäischer Kommission um 17,7 Prozent, während die europäische um 16,6 Prozent zunahm. Die Differenz zur Primärenergieproduktivität ist auf Effizienzsteigerungen im Umwandlungssektor zurückzuführen, die im Indikator Endenergieproduktivität nicht berücksichtigt werden.

Abbildung 54: Primärenergieproduktivität – Vergleich der EU-Mitgliedsstaaten (in EUR/Gigajoule)*



* berechnet mit BIP in Preisen von 2015

Abbildung 55: Endenergieproduktivität – Vergleich der EU-Mitgliedsstaaten (in Mio. EUR/PJ)*



* berechnet mit BIP in Preisen von 2015

Glossar

- Bruttoinlandsprodukt (BIP)** Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) 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, vgl. Energieintensität und -produktivität) 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 nicht-energetische Verbräuche in die Betrachtung der Energieeffizienz einbezogen.

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

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

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

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

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

- Erneuerbare Wärme** Erneuerbare Wärme ist eine Bezeichnung für thermische Energie, die aus erneuerbaren Energien wie Geo- und Solarthermie sowie Biomasse gewonnen wird. Anwendungsbereiche der erneuerbaren Wärme sind Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme sowie Klimatisierung und Prozesskälte.
- Kontrafaktisch** Ein kontrafaktisches Modell ist dadurch gekennzeichnet, dass es bewusst der Wirklichkeit bzw. einzelnen Phänomenen der Realität widerspricht, um strukturelle Aussagen zur variierten Größe machen zu können.
- 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 zu Grunde gelegt (zum Beispiel in der Energieeffizienzstrategie Gebäude). Dagegen folgt die Klimaberichterstattung internationalen Standards, die das Quellenprinzip erfordern, weswegen im Kontext der Klimapolitik häufig die direkten Emissionen und Energieverbräuche die Basis bilden (zum Beispiel im Klimaschutzplan 2050).
- Nichtenergetischer Verbrauch** Energieträger dienen nicht nur der Energieerzeugung, sondern sie finden teilweise als Rohstoffe in der Industrie oder im Bausektor Verwendung. Der nicht-energetische Verbrauch bilanziert Energieträger nach dem Umwandlungssektor und dem Transport, die nicht durch die Verbrauchssektoren energetisch genutzt werden.

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

Quellen- und Literaturverzeichnis

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (1998):

Primärenergieverbrauch nach der Substitutionsmethode, Stand 09/1998,
ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=pev-s.xls

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2015): *Vorwort zu den*

Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, Stand 11/2015,
ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=vorwort.pdf

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2021): *Anwendungsbilanzen*

für die Endenergiesektoren in Deutschland, Stand 09/2021,
<https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/anwendungsbilanzen/>

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022a): *Auswertungstabellen*

zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: 09/2022,
<https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/auswertungstabellen/>

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022b): *Energiebilanzen, verschiedene*

Jahrgänge, Stand 09/2022, <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/bilanzen-1990-bis-2020/?wpv-jahresbereich-bilanz=2011-2020>

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022c): *Energieflussbild (vereinfacht in PJ)*

2021, Stand 09/2022, <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/energieflussbilder/>

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022d): *Projekt Temperaturbereinigung,*

Stand 09/2022 (unveröffentlicht).

AGEB – Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2022e): *Energieverbrauch sinkt 2022*

um 2,7 Prozent, Stand 12/2022.

BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz (2017): *Untersuchung des Marktes für*

Energieaudits, Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen, Projekt
06/15. Eschborn, Stand 03/2017, https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Energiedienstleistungen/marktstudie_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=5

BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz (2018): *Empirische Untersuchung des Marktes*

für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen.
Endbericht 04/2017.

BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz (2019): *Empirische Untersuchung des Marktes*

für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen.
Erhebung 2018: Methoden, Ergebnisse, Thesen. Präsentation, Berlin 29.01.2019.

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

BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz (2021): *Empirische Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen im Jahr 2020, Endbericht 2020 – BfEE 17/2017.*

BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz (2022a) (Hrsg.): *Empirische Untersuchung des Marktes für Energiedienstleistungen, Energieaudits und andere Energieeffizienzmaßnahmen im Jahr 2021, Endbericht 2021 – BfEE 20/04, Eschborn, 2022. BfEE – Allgemeine Marktkennzahlen (bfee-online.de)*

BfEE – Bundesstelle für Energieeffizienz (2022b): *Umsatz und Beschäftigung durch Energieeffizienzdienstleistungen. Sonderauswertung Prognos vom 24.6.2020.*

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, www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekonomische-indikatoren-von-massnahmen-zur*

Blazejczak, J.; Edler, D.; Gehrke, B.; Gornig, M.; Schasse, U. unter Mitarbeit von Kaiser, C. (2021): *Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – Aktualisierte Ausgabe 2021 – Investitionen, Produktion und Beschäftigung in ausgewählten Bereichen; Hrsg. Umweltbundesamt, Reihe UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 04/2021, Dessau-Roßlau, www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekonomische-indikatoren-von-massnahmen-zur-1*

Blazejczak, J.; Edler, D.; Gehrke, B.; Gornig, M.; Schasse, U. unter Mitarbeit von Kaiser, C. (2022): *Ökonomische Indikatoren von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz – Aktualisierte Ausgabe 2022 – Investitionen, Produktion und Beschäftigung in ausgewählten Bereichen (unveröffentl. Man.).*

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): *Energieeffizienzstrategie Gebäude. Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebäude.html>*

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): *Grünbuch Energieeffizienz. Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Stand 08/2016, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/gruenbuch-energieeffizienz-august-2016.html>*

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019):

Energieeffizienzstrategie 2050, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.html>

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): *Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklungen und Trends in Deutschland 2020*, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2020.html>

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021): *Dialog klimaneutrale Wärme 2045: Ergebnispapier*, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/dialog-klimaneutrale-waerme-ergebnispapier-publikation.html>

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): *Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWK, Stand 09/2022*, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>

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

Destatis – Statistisches Bundesamt (2021): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Daten zum Indikatorenbericht 2021, Wiesbaden 2021*, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Nachhaltigkeitsindikatoren/Publikationen/publikationen-innen-nachhaltigkeit-indikatorenbericht.html>

Destatis – Statistisches Bundesamt (2022a): *Destatis Genesis. Bevölkerung: Deutschland, Stichtag. Tabelle 12411-0001, Wiesbaden 2022.*

Destatis – Statistisches Bundesamt (2022b): *Statistisches Bundesamt, Umwelt. Investitionen für den Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe 2020. Fachserie 19, Reihe 3.1, Wiesbaden 2022*, www.destatis.de/DE/Service/Bibliothek/_publikationen-fachserienliste-19.html

Destatis – Statistisches Bundesamt (2022c): *Inlandsproduktberechnung – Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 09/2022, Wiesbaden 2022*, www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Publikationen/Downloads-Inlandsprodukt/inlandsprodukt-lange-reihen-pdf-2180150.html

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

Europäische Kommission (2022): *Energy datasheets: EU countries, Stand 08/2022, Eurostat – Statistisches Amt der Europäischen Union (2022): Data Explorer. BIP und Hauptkomponenten (NAMA_10_GDP). Stand 08/2022, ec.europa.eu/energy/data-analysis/energy-statistical-pocketbook_en*

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, www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschutzgueter-wie-abgrenzen-methodik-liste*

Gehrke, B.; Ingwersen, K.; Schasse, U.; Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F.; Rothengatter, O.; Sievers, L.; Stijepic, D. (2022): *Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich – Aktualisierte Ausgabe 2021; Hrsg. Umweltbundesamt, Reihe UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 03/2022, Dessau-Roßlau, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsmotor-umweltschutz-forschung-patente-in-0>*

Gornig, M.; Michelsen, C.; Révész, H. (2021): *Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe, Berechnungen für das Jahr 2020, BBSR-Online-Publikation Nr. 32/2021, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-32-2021-dl.pdf;jsessionid=03325BBDD13F2B6EA43CD1CD4237D0BD.live21323?__blob=publicationFile&v=3*

IEA – International Energy Agency (2022): *World Energy Investment 2022, <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2022>*

Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2020): *Energiebilanzen der Länder, www.lak-energiebilanzen.de/laenderbilanzen/*

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

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.*

UBA – Umweltbundesamt (2021a): *Pressemitteilung des Umweltbundesamts zur Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020, www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent*

UBA – Umweltbundesamt (2021b): *Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2019, Stand 01/2021, www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2020_12_08_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_v0.9.xlsx*

UBA – Umweltbundesamt (2021c): *Erneuerbare Energien in Deutschland 2020. Daten zur Entwicklung im Jahr 2020, www.umweltbundesamt.de/publikationen/erneuerbare-energien-in-deutschland-2020*

UBA – Umweltbundesamt (2021d): *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2020, www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7*

