

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Runder Tisch zum Thema LCA

Energiemix in Deutschland

Aktueller Stand und Zukunftsprognosen

Bochum, 18. Juli 2017

Prof. Dr. Uwe Leprich
Abteilung I 2 - Klimaschutz und Energie
Umweltbundesamt



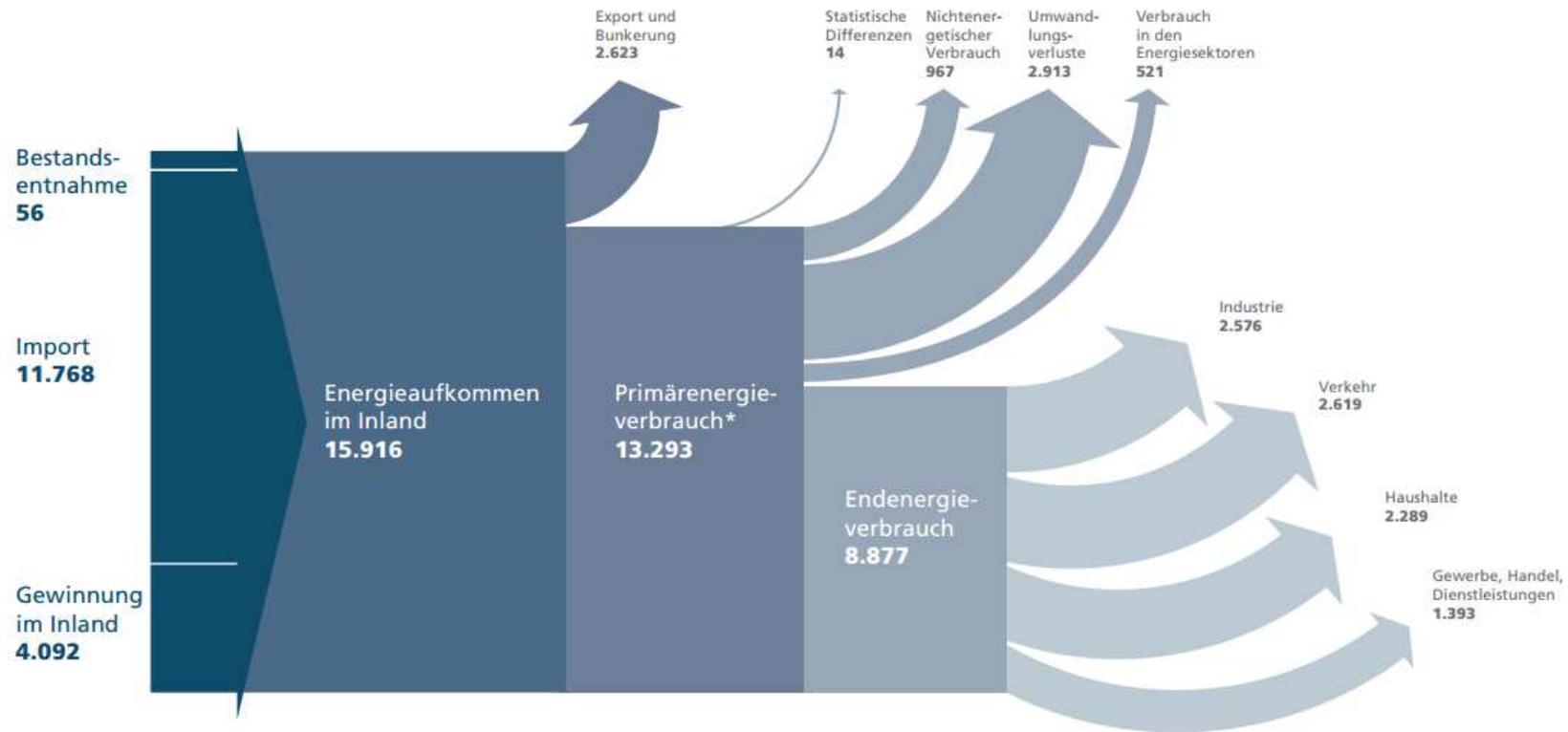
Agenda

- 1. Energiebilanzierung in Deutschland: Überblick**
- 2. Energieverbrauch in der Industrie**
- 3. Stromerzeugung und -verbrauch**
- 4. Treibhausgase in Deutschland: Bestandsaufnahme und Zielsetzungen**
- 5. Zukunftsprognosen und -szenarien**
- 6. Die Langfristperspektive: PtX**

1. Energiebilanzierung in Deutschland: Überblick

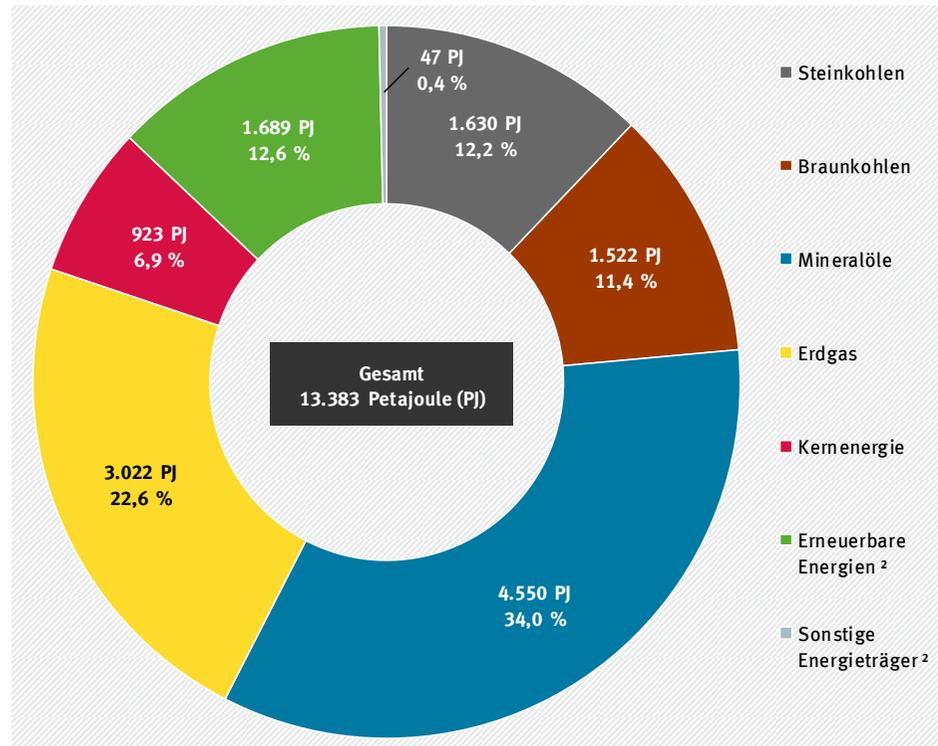
Energieflussbild Deutschland

Energieflussbild 2015 für die Bundesrepublik Deutschland in Petajoule (PJ)



Primärenergieverbrauch nach Energieträgern 2016

Primärenergieverbrauch¹ 2016 in Deutschland nach Energieträgern



¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes

² Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme und Außenhandelsaldo von Fernwärme und Strom

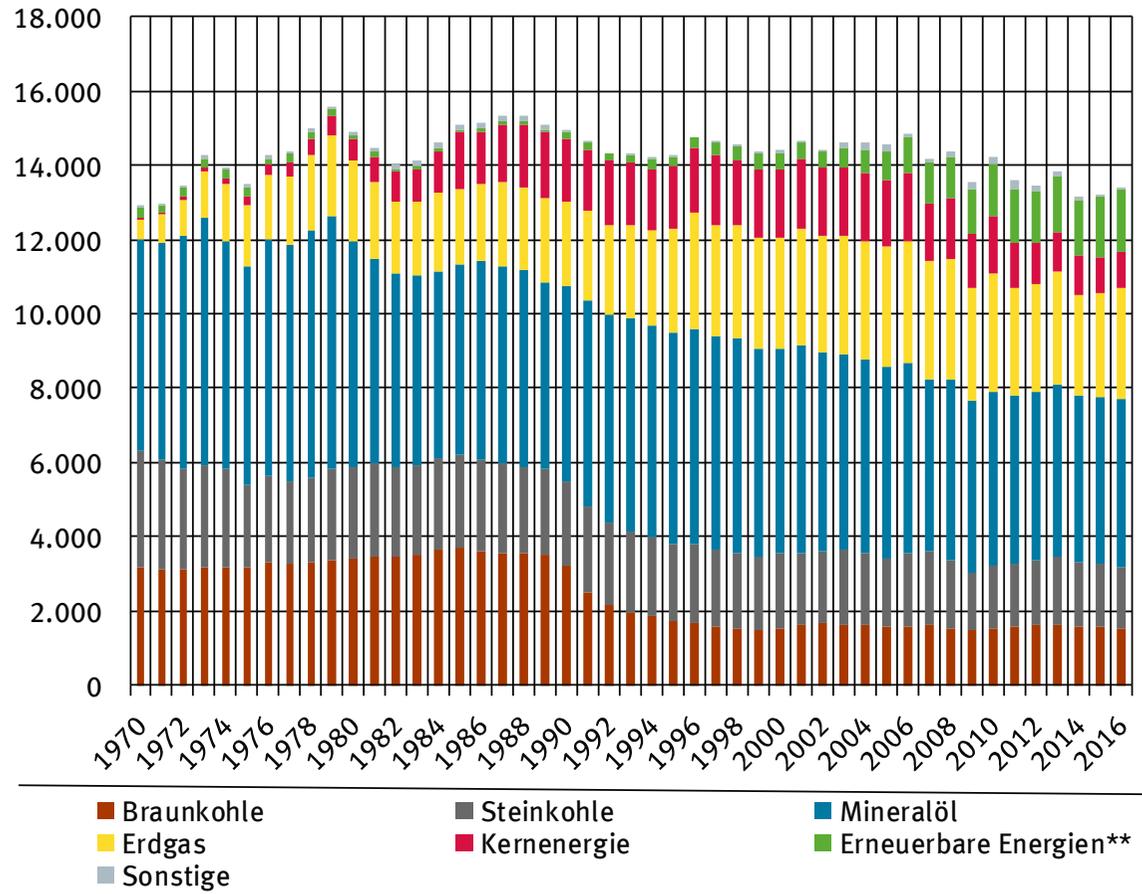
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 2015/2016, Stand 03/2017

- Mineralöl und Erdgas wichtigste Energieträger vor den erneuerbaren Energien
- Stein- und Braunkohlen machen zusammen fast 1/4 des PEV aus

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs 1970-2016

Primärenergieverbrauch nach Energieträgern*

Angaben in PJ



*Methodenänderung 1980 und 2012

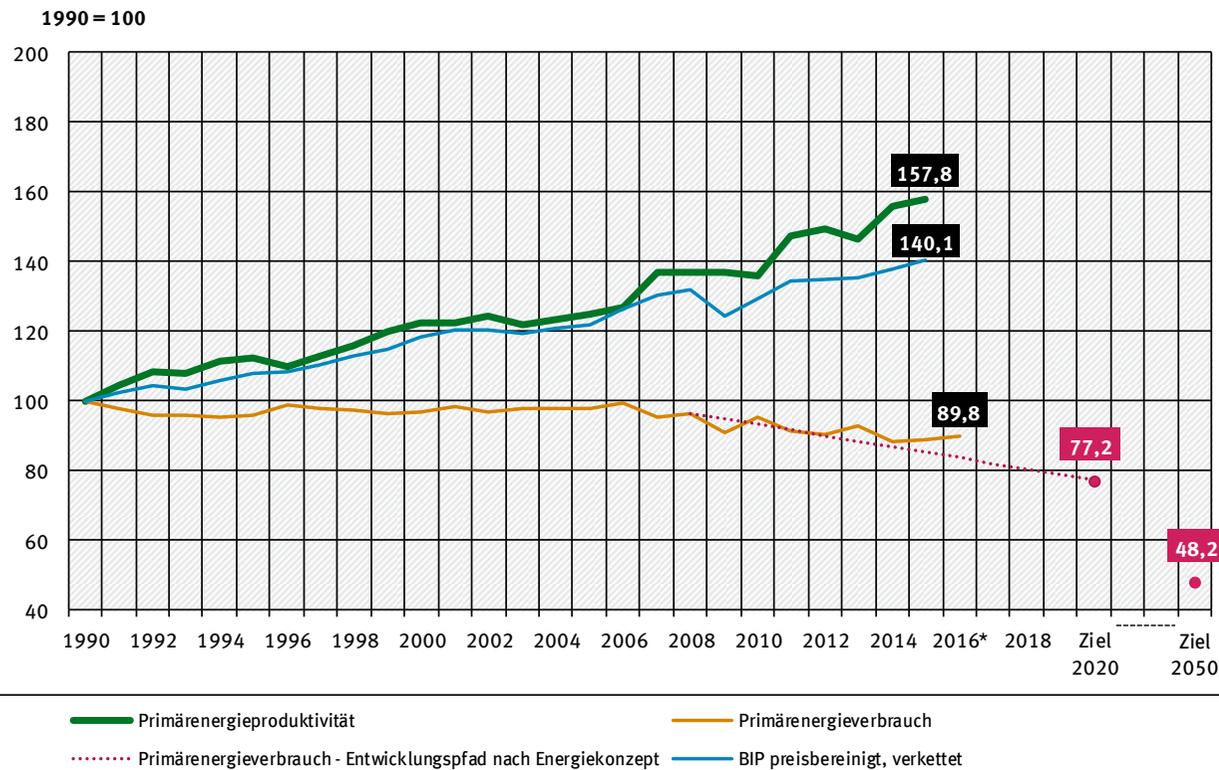
** inkl. Außenhandelsaldo Strom

Quelle: AGEb

„Entkopplung“

Primärenergieproduktivität

Primärenergieverbrauch im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (BIP)



* vorläufige Angaben

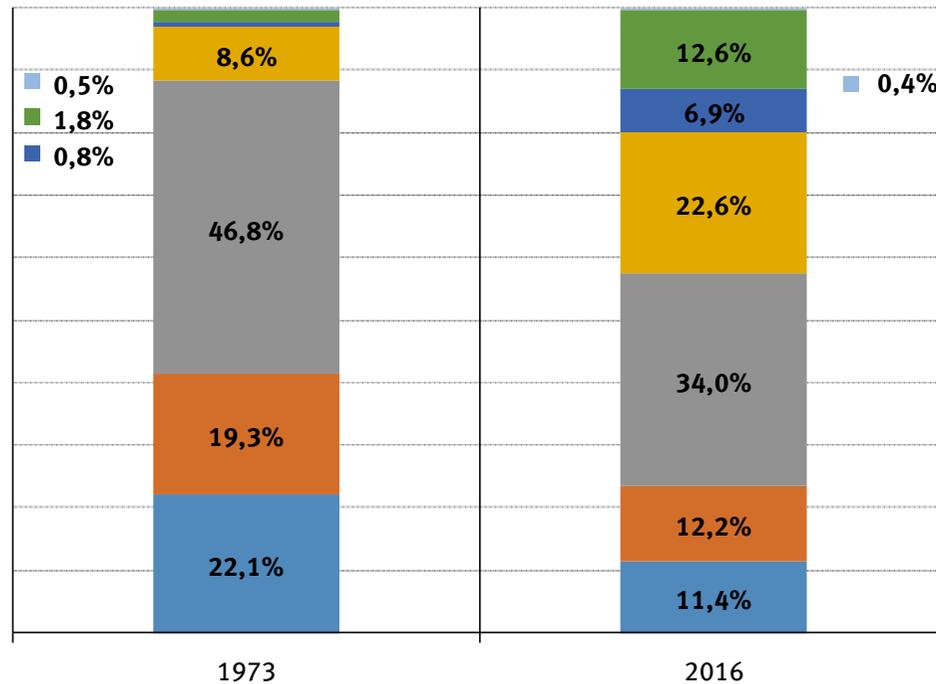
Quelle: Destatis; Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Energiekonzepts der Bundesregierung

- Wirtschaftswachstum vom PEV entkoppelt
- Hauptgrund ist der Anstieg des BIP und nicht die Abnahme des PEV

Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors gegenüber der Industrie

Primärenergiemix 1973-2016 im Vergleich

Vergleich Primärenergiemix



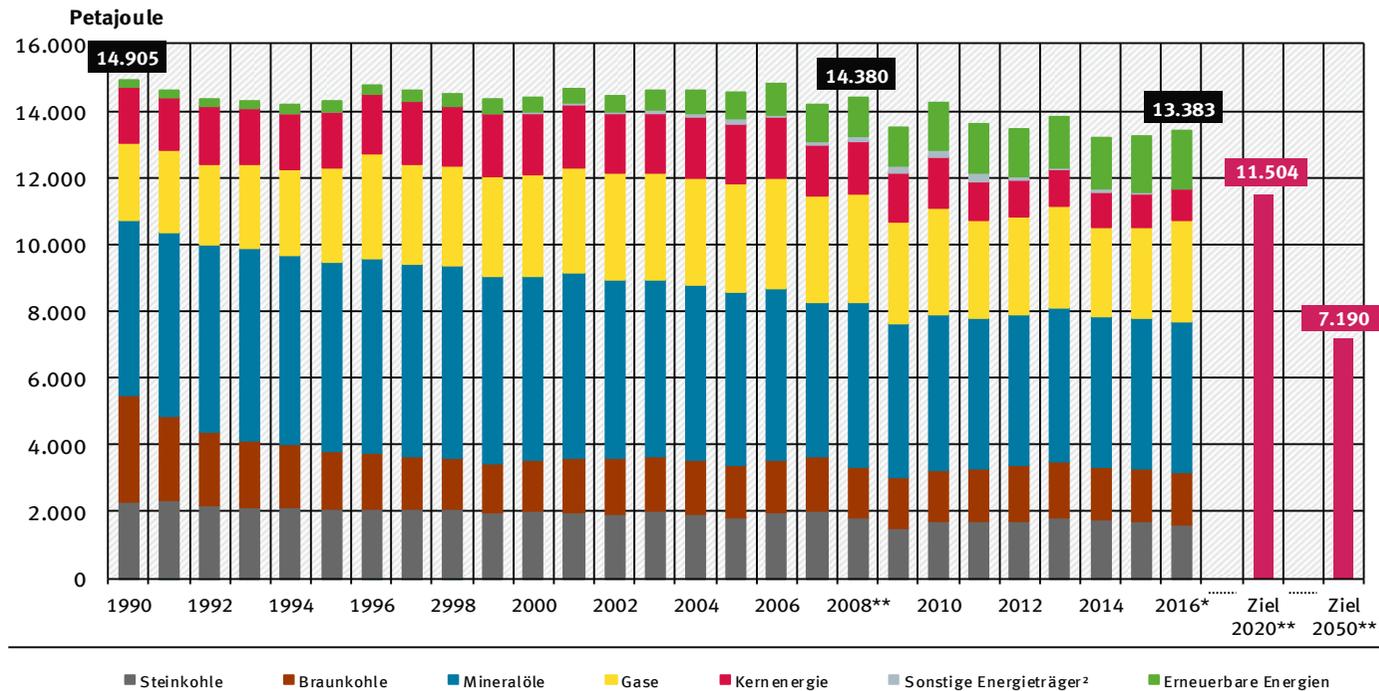
- Braunkohle
- Steinkohle
- Mineralöl
- Erdgas
- Kernenergie
- Erneuerbare Energien**
- Sonstige

*Methodenänderung 1980 und 2012
 ** inkl. Außenhandelssaldo Strom

Quelle: AGEB

Primärenergieverbrauch seit 1990

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs¹ nach Energieträgern mit politischen Zielen



¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes
² Grubengas, Nichterneuerbare Abfälle und Abwärme sowie der Stromaustauschsaldo
 * vorläufige Angaben
 ** Ziele des Energiekonzeptes und der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung

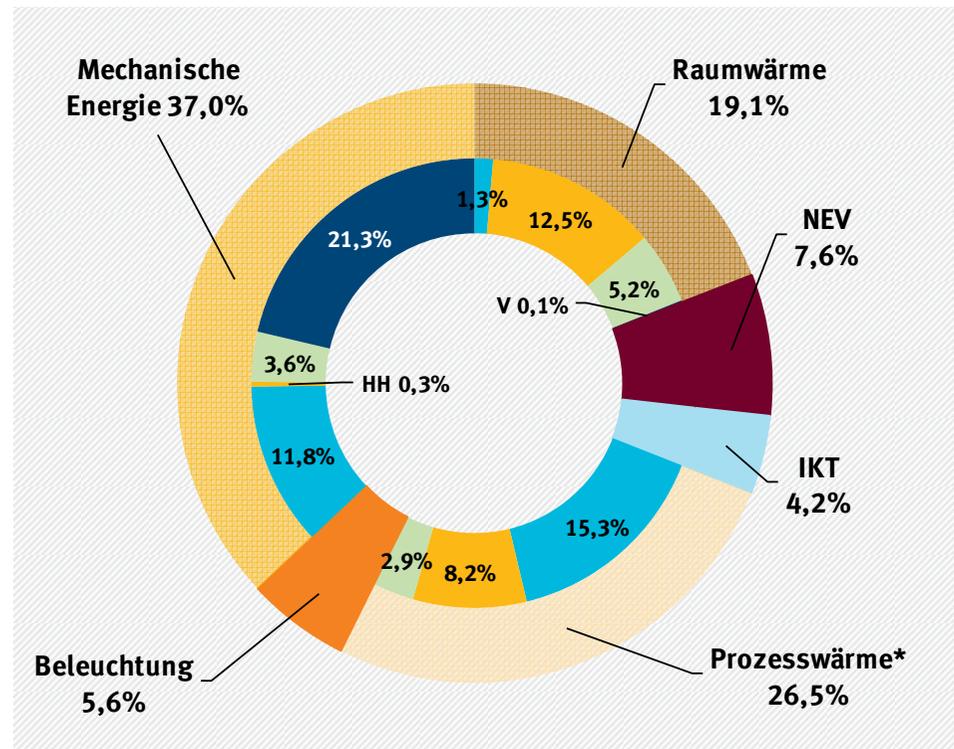
Quelle bis 2014: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2015, Stand 07/2016;
 Quelle ab 2015: AGEB, Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 2015/2016, Stand 03/2017

- Ziel des Energiekonzeptes wird 2020 wahrscheinlich nicht erreicht
- In den letzten Jahren fossiler Anteil des PEV stagnierend

Primärenergieverbrauch 2015 nach Anwendungen

Verursachergerechte Aufteilung des PEV in Deutschland 2015

PEV 13.258 PJ = 100%

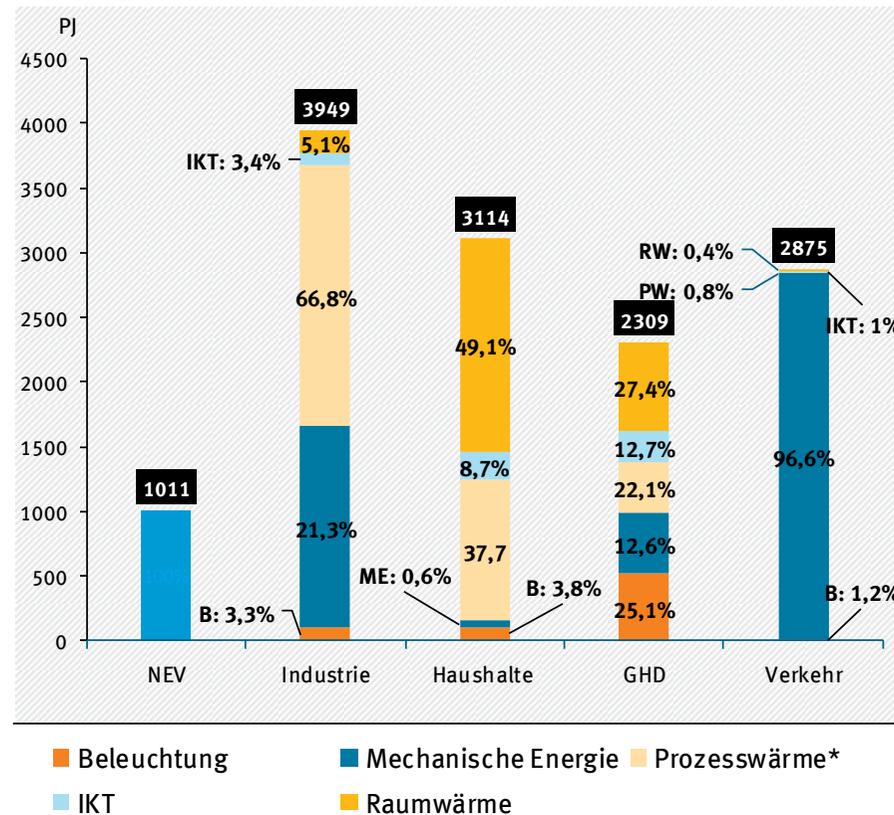


■ Industrie ■ Haushalte ■ GHD ■ Verkehr

*inkl. Warmwasser, Quelle: Eigene Berechnung basierend auf AGEB, Anwendungsbilanzen; Klimakälte, BMWi, Energiedaten, Gesamtausgabe, Stand 01/2017
Prozesskälte

Primärenergieverbrauch 2015 nach Anwendungen

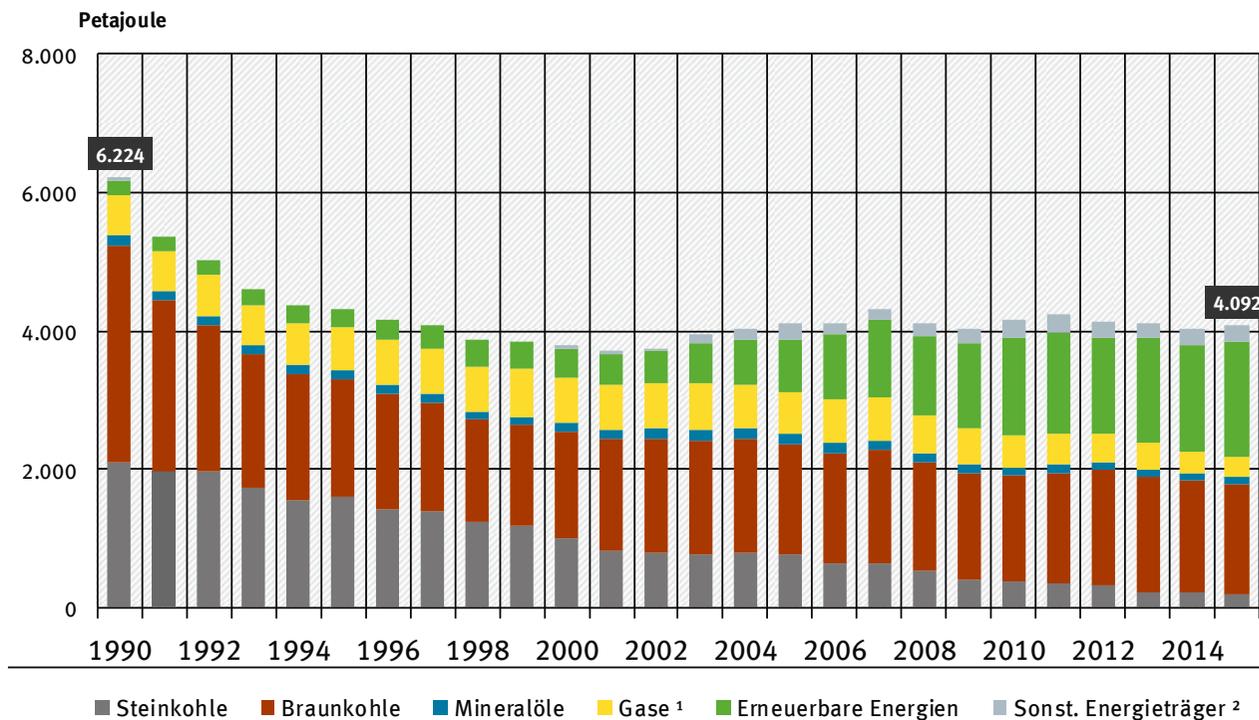
Verursachergerechte Aufteilung des PEV in Deutschland 2015



*inkl. Warmwasser, Klimakälte, Prozesskälte

Quelle: Eigene Berechnung basierend auf AGEB, Anwendungsbilanzen; BMWi, Energiedaten, Gesamtausgabe, Stand 01/2017

Primärenergiegewinnung in Deutschland



¹ Erdgas, Erdölgas, Grubengas

² Brennholz, Brenntorf, Klärschlamm, Müll u.ä. Abhitze zur Strom- und Fernwärmeerzeugung

* 2015 vorläufige Angaben

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen,

Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2015, Stand 07/2016

- Mehr als 2/3 der Primärenergie wird importiert
- Fossile Primärenergiegewinnung bis auf Braunkohle in Deutschland rückläufig
- Erneuerbare Energien werden zum wichtigsten einheimischen Energieträger

Primärenergieimporte und Versorgungssicherheit

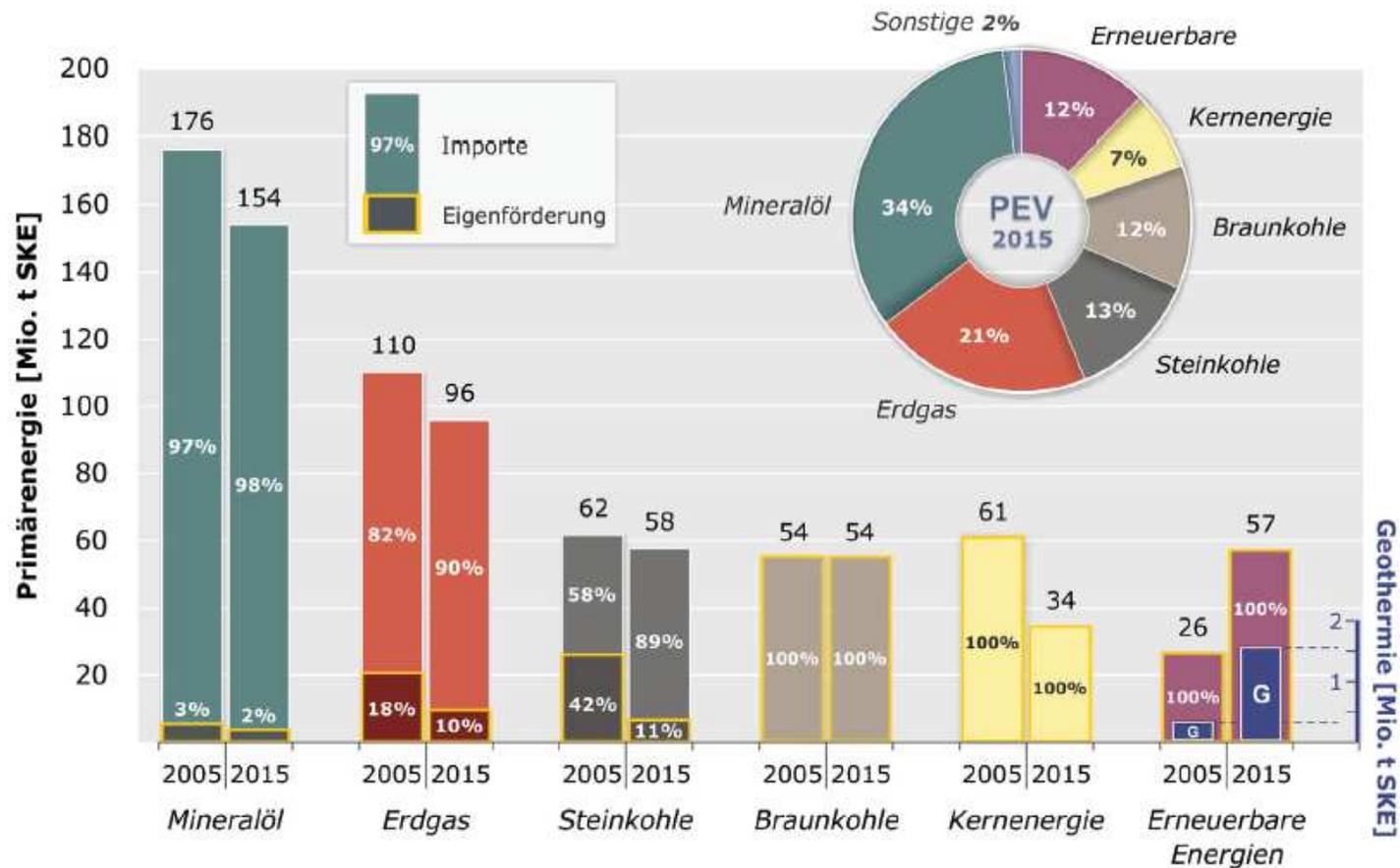
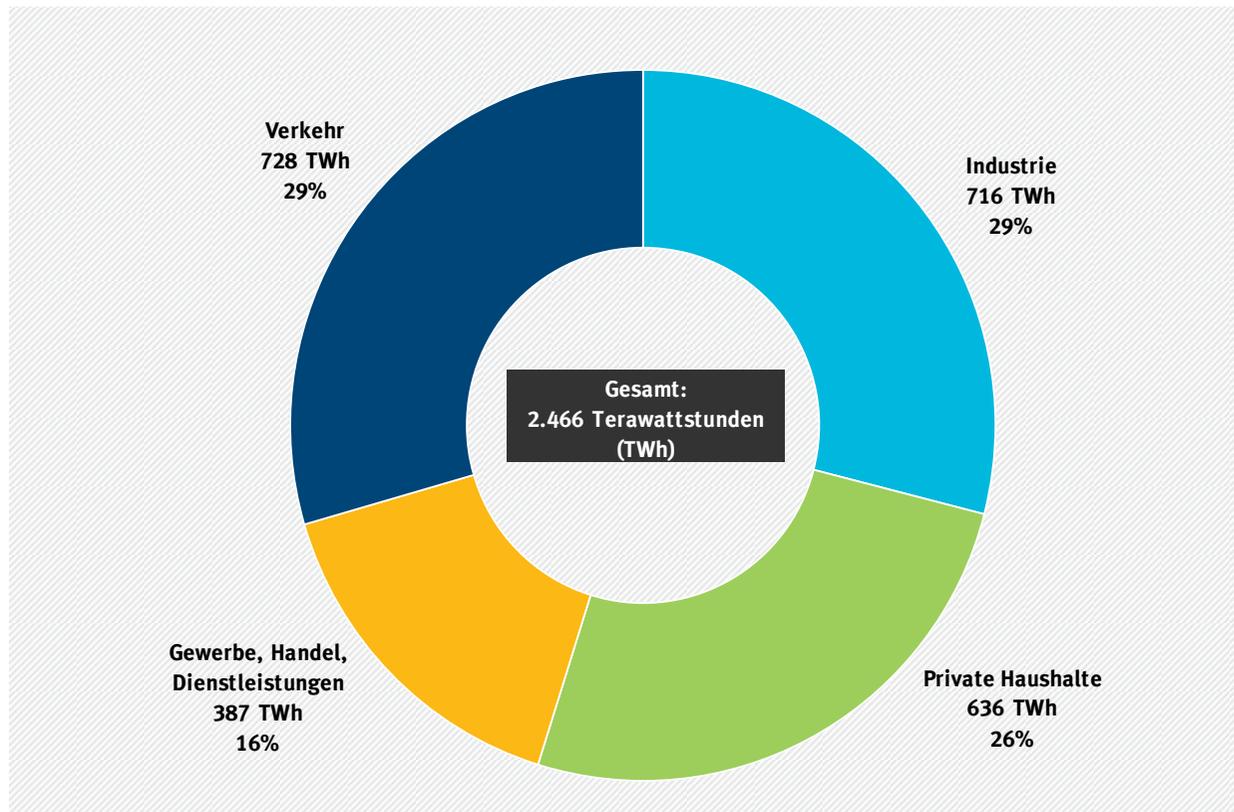


Abbildung 3: Importabhängigkeit und Selbstversorgungsgrad Deutschlands bei einzelnen Primärenergiestoffen in den Jahren 2005 und 2015 (Quellen: AGEB 2016, LBEG 2016, BMU 2013).

Quelle: BGR 2016

Endenergieverbrauch 2015 nach Sektoren

Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch 2015*

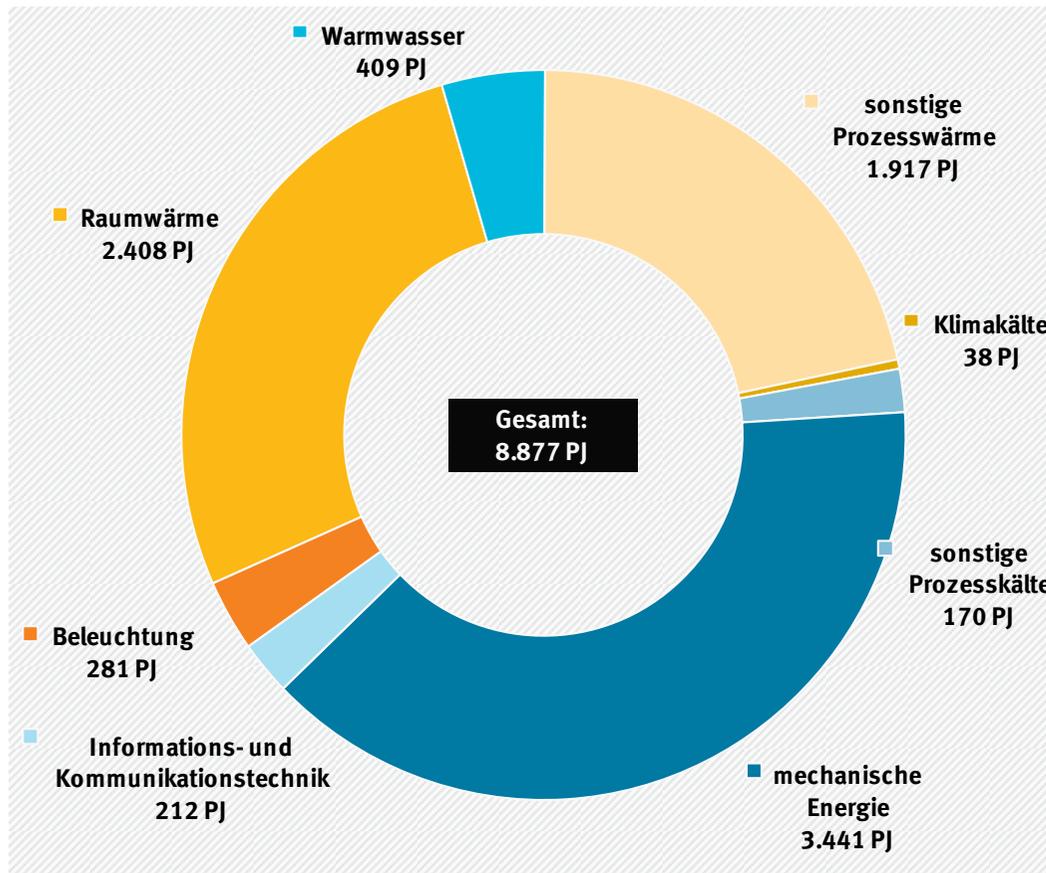


* vorläufige Angaben

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2015, Stand 07/2016

Endenergieverbrauch 2015 nach Anwendungen

Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen 2015*



* vorläufige Angaben

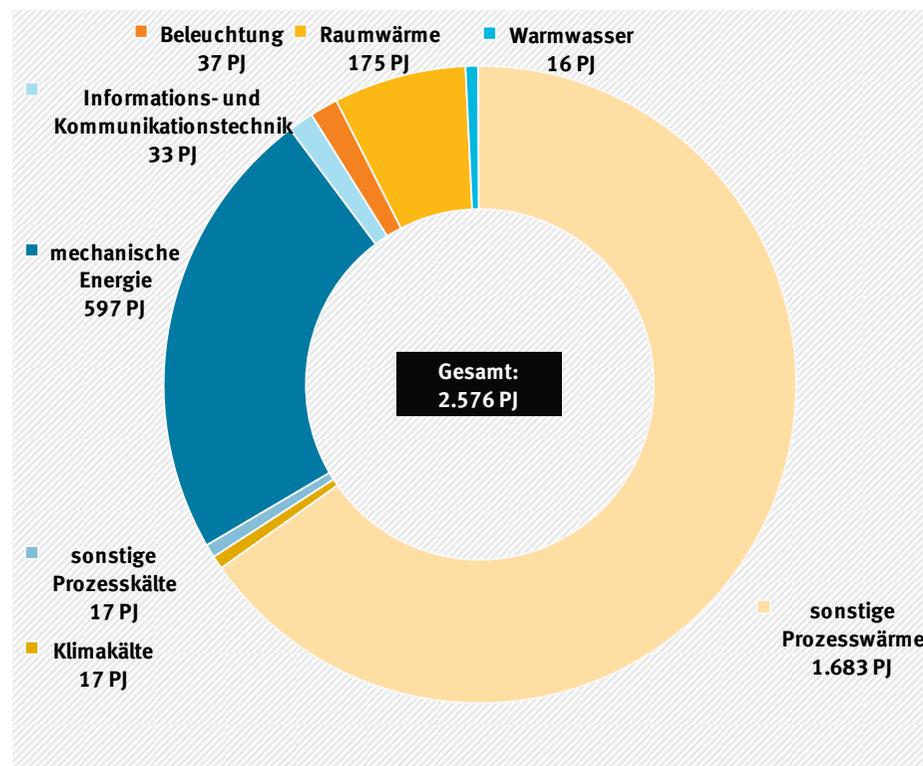
Quelle: eigene Darstellung UBA, basierend auf
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen,
Stand 10/2016

2. Energieverbrauch in der Industrie

EEV der Industrie nach Anwendungsbereichen

- **Prozesswärme 65 % des EEV in Industrie**
- **Mechanische Energie und Raumwärme ebenfalls von relativ hoher Bedeutung**

Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen 2015* - Industrie

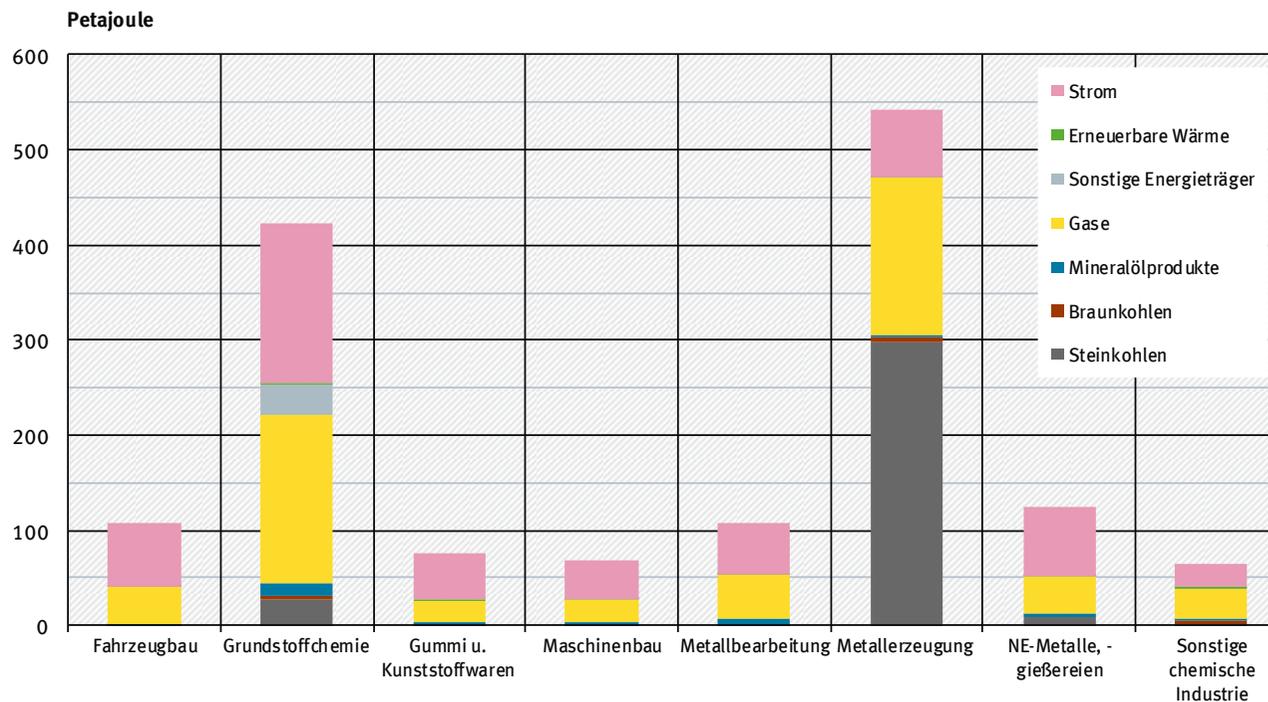


* vorläufige Angaben

Quelle: eigene Darstellung UBA, basierend auf Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Anwendungsbilanzen, Stand 10/2016

EEV in ausgewählten Industriesektoren

Endenergieverbrauch ausgewählter Industriesektoren nach Energieträger

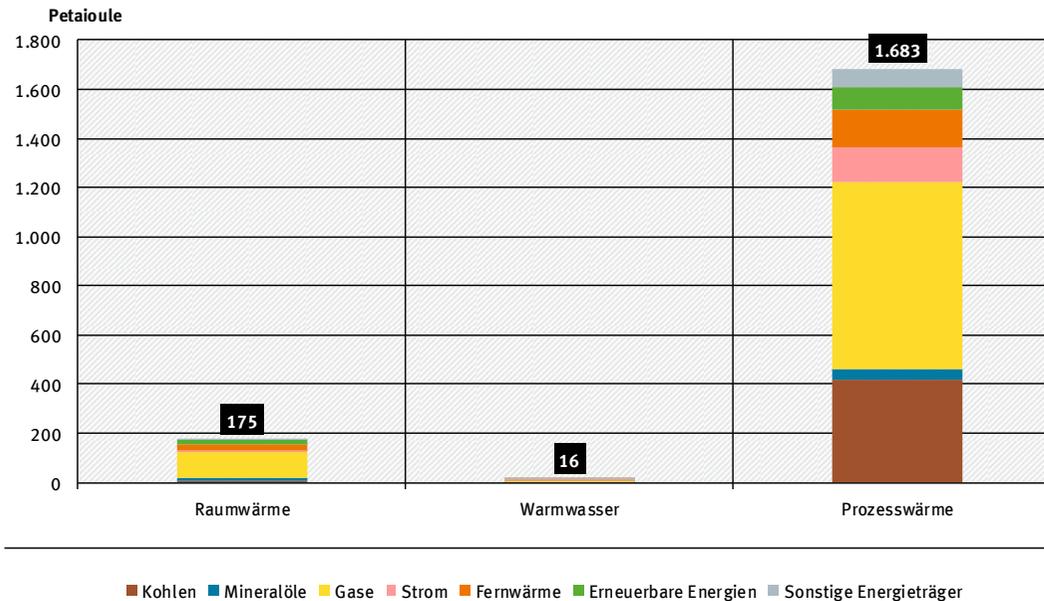


Quelle: AG Energiebilanzen: Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 2015, Stand 03/2017

- In den energieintensiven Sektoren (Grundchemie und Metallerzeugung) findet erneuerbare Wärme kaum Anwendung
- Herausforderung der Dekarbonisierung in der Metallerzeugung

EEV der Industrie für Wärmezwecke

Energieverbrauch der Industrie für Wärmezwecke 2015

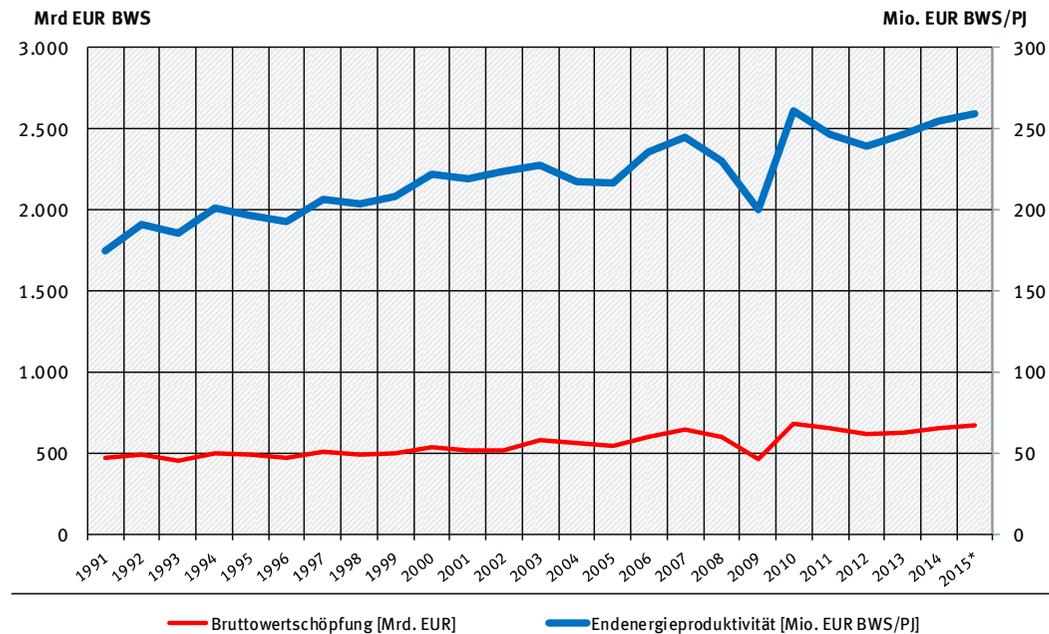


Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2015, Stand 07/2016

- Erdgas wichtigster Energieträger für Wärme in Industrieprozessen
- Kohlen im Gegensatz zu erneuerbaren Energien mit großem Anteil an der Bereitstellung von Prozesswärme

Entwicklung des EEV und der Endenergieproduktivität der Industrie

Endenergieproduktivität - Sektor Industrie



* vorläufige Angaben

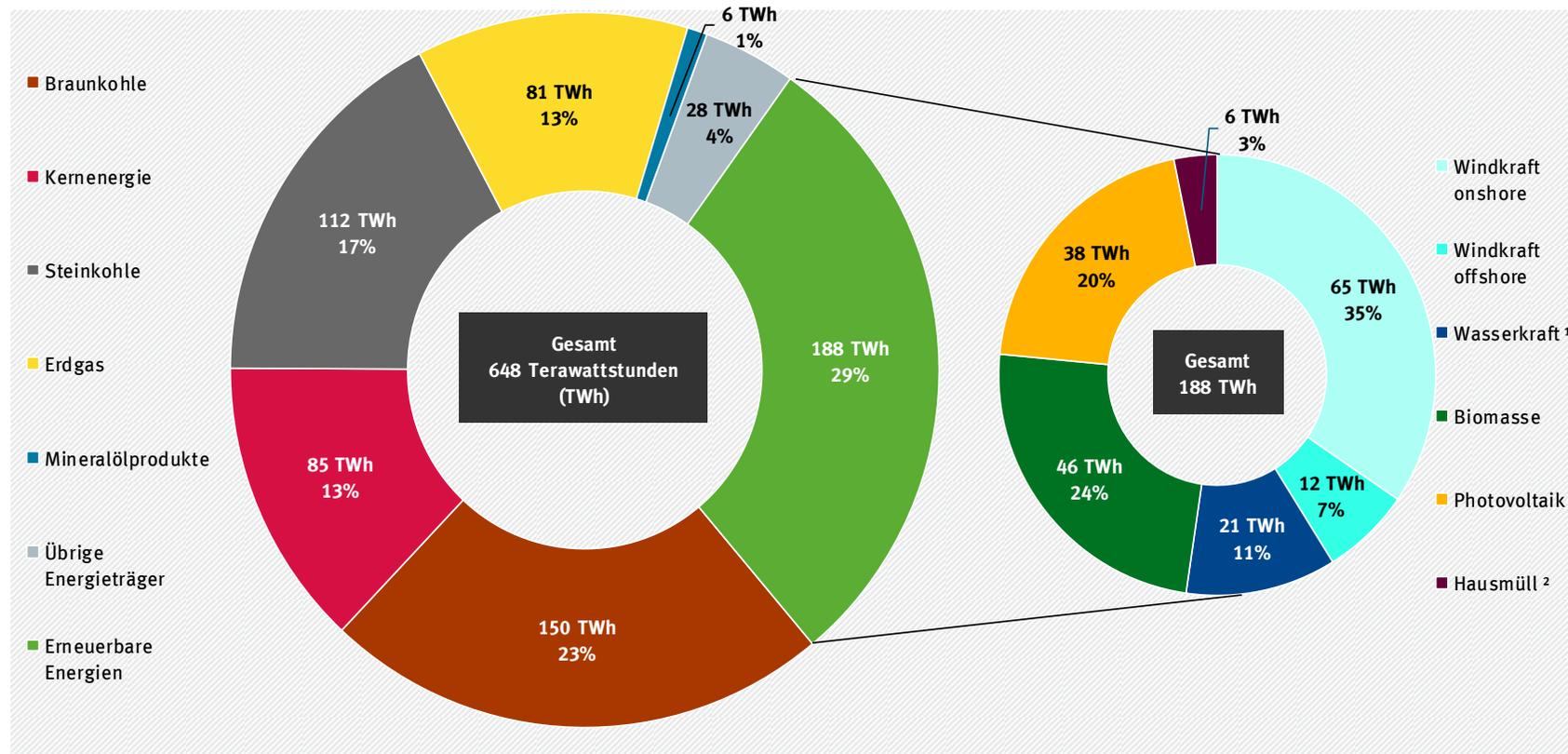
Quelle: eigene Darstellung UBA, basierend auf AG Energiebilanzen (AGEB), Auswertungstabellen, Stand 07/2016; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Energie der Zukunft - Fünfter Monitoring-Bericht zur Energiewende, Stand 10/2016

- **Steigender Trend der Energieproduktivität und der BWS in der Industrie, aber kaum Endenergieeinsparung**

3. Stromerzeugung und -verbrauch

Einsatz von Energieträgern zur Stromerzeugung 2016

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2016 nach Energieträgern



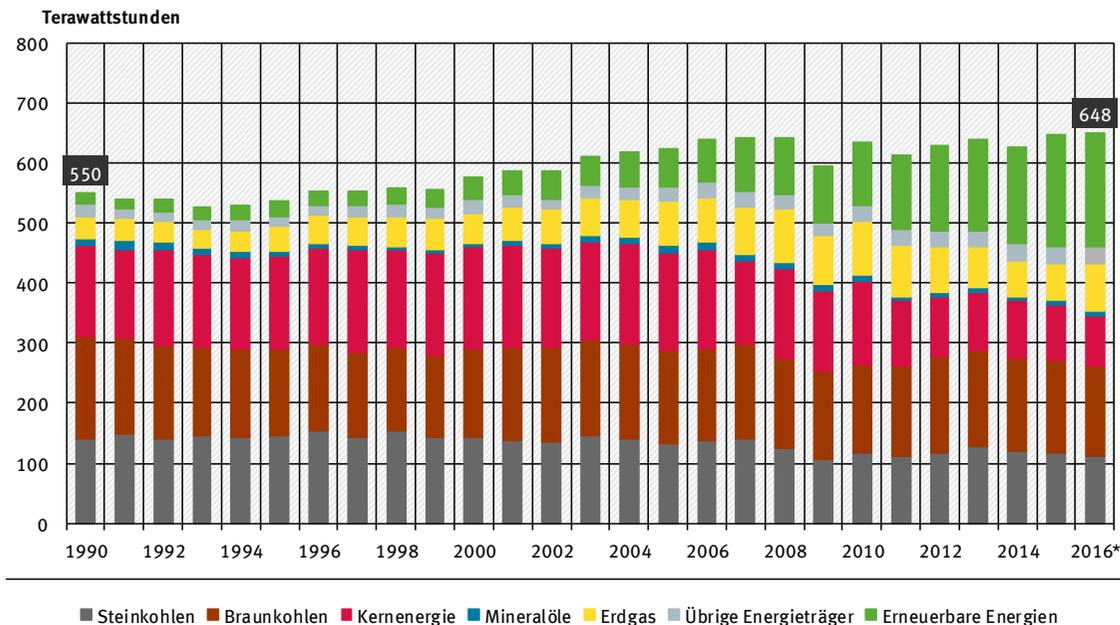
¹ Erzeugung in Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie Erzeugung aus natürlichem Zufluss in Pumpspeicherkraftwerken.

² Nur Erzeugung aus biogenem Anteil des Hausmülls (ca. 50%)

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern, Stand 02/2017

Einsatz der Energieträger zur Stromerzeugung 1990-2016

Bruttostromerzeugung ab 1990 nach Energieträgern



* vorläufige Angaben, z.T. geschätzt

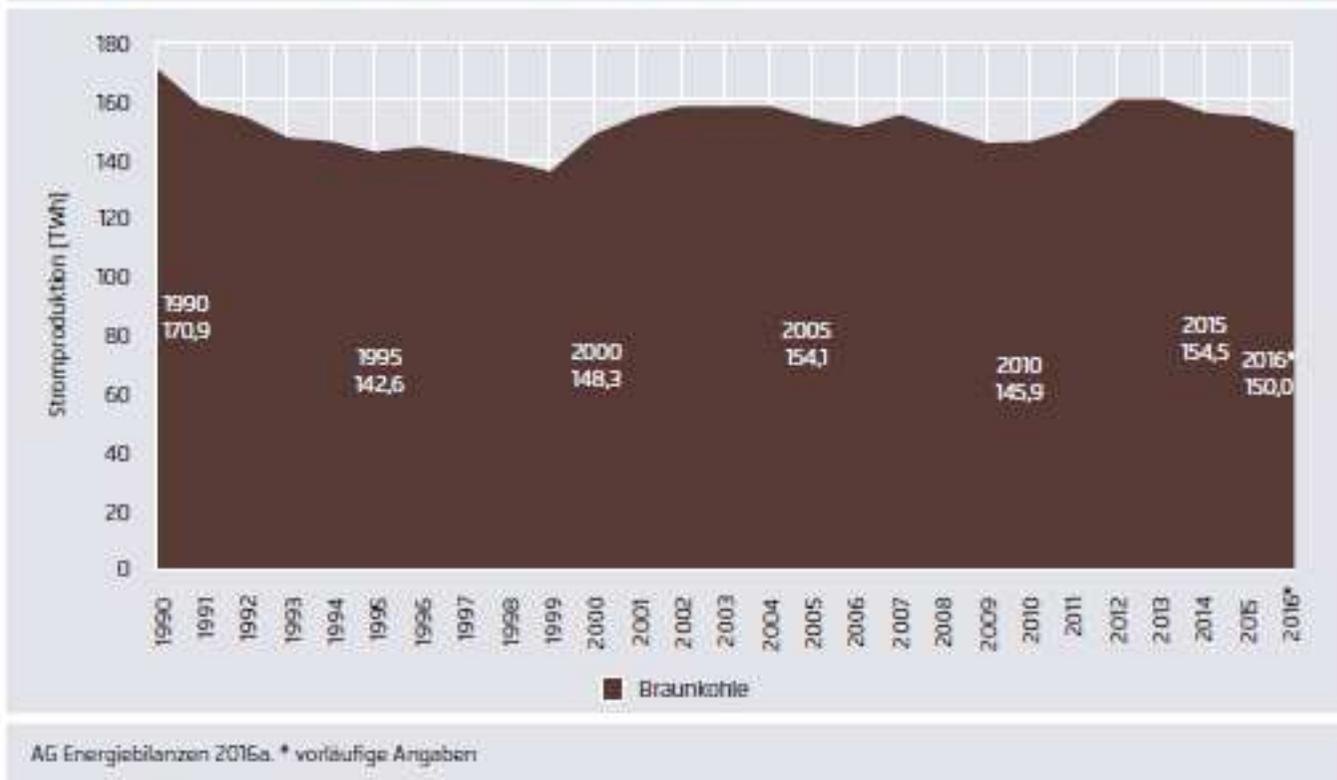
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Sondertabelle
Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach
Energieträgern, Stand 02/2017

- Erneuerbare Energien mit stark steigendem Anteil
- Beitrag der Atomenergie seit 1990 um 44 % zurückgegangen
- 2016 das Jahr mit der höchsten Bruttostromerzeugung seit 1990
- Stromaushandelssaldo 2016 beträgt 8 % der Bruttostromerzeugung

Seit vielen Jahren stagnierende Braunkohlenverstromung

Braunkohleverstromung geht auf hohem Niveau langsam zurück:
Stromproduktion aus Braunkohlekraftwerken 1990–2016

Abbildung 12

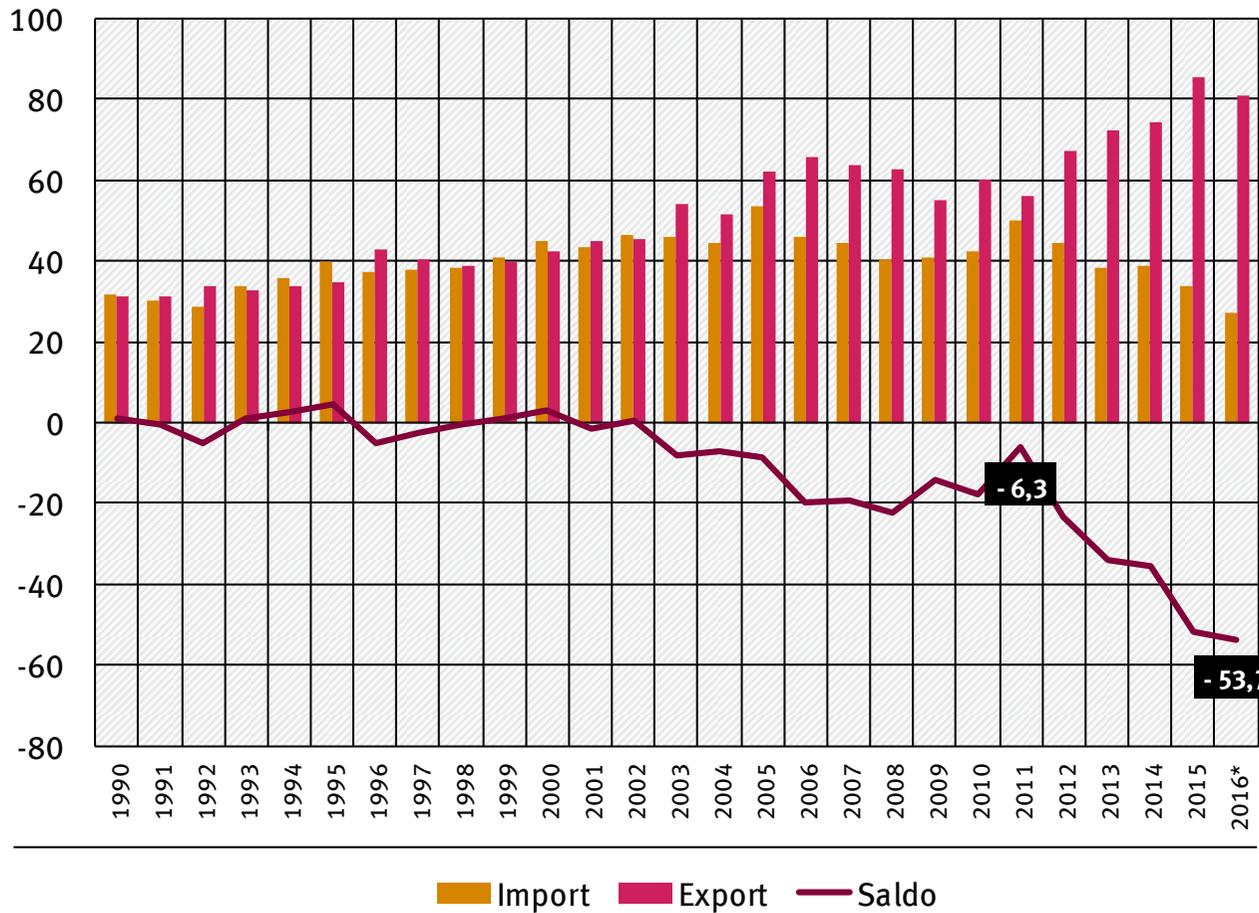


Quelle: Agora 2016

Problem der „schmutzigen“ Stromexporte

Stromtausch Deutschlands mit Nachbarländern

in TWh



Jahressalden:
 2014: -35,5 TWh
 2015: -51,8 TWh
 2016: -53,7 TWh

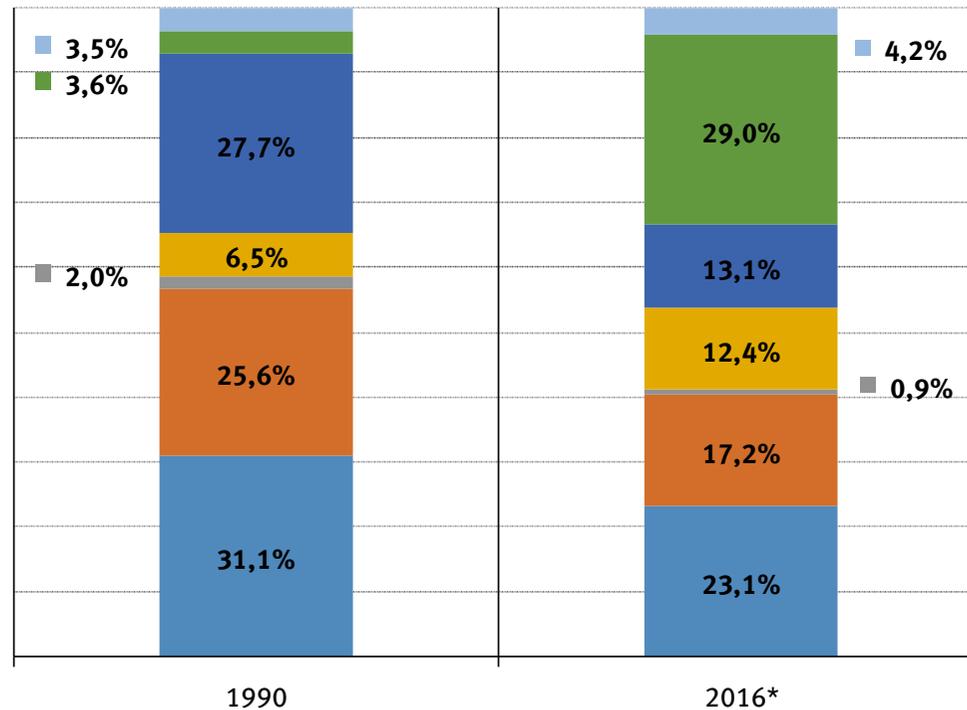
Mind. 28
 Mio. t
 CO₂

* Vorläufige Angaben

Quelle: BDEW

Einsatz der Energieträger zur Stromerzeugung 1990 und 2016

Vergleich Bruttostromerzeugung nach Energieträgern*



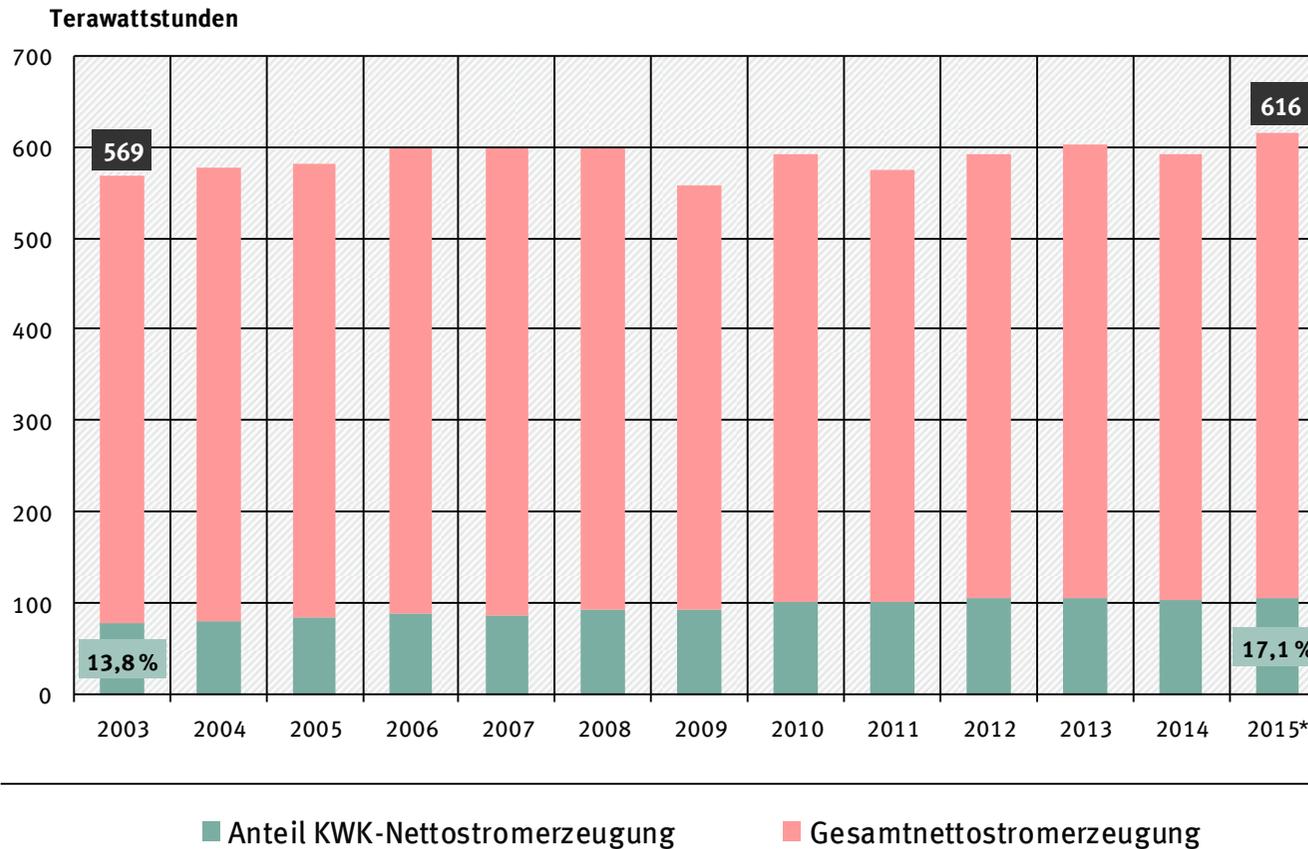
- Braunkohle
- Steinkohle
- Mineralöl
- Erdgas
- Kernenergie
- Erneuerbare Energien**
- Sonstige

* vorläufige Angaben
 ** inkl. Außenhandelsaldo Strom

Quelle: AGEB

Entwicklung der KWK-Stromerzeugung

Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Gesamtnettostromerzeugung

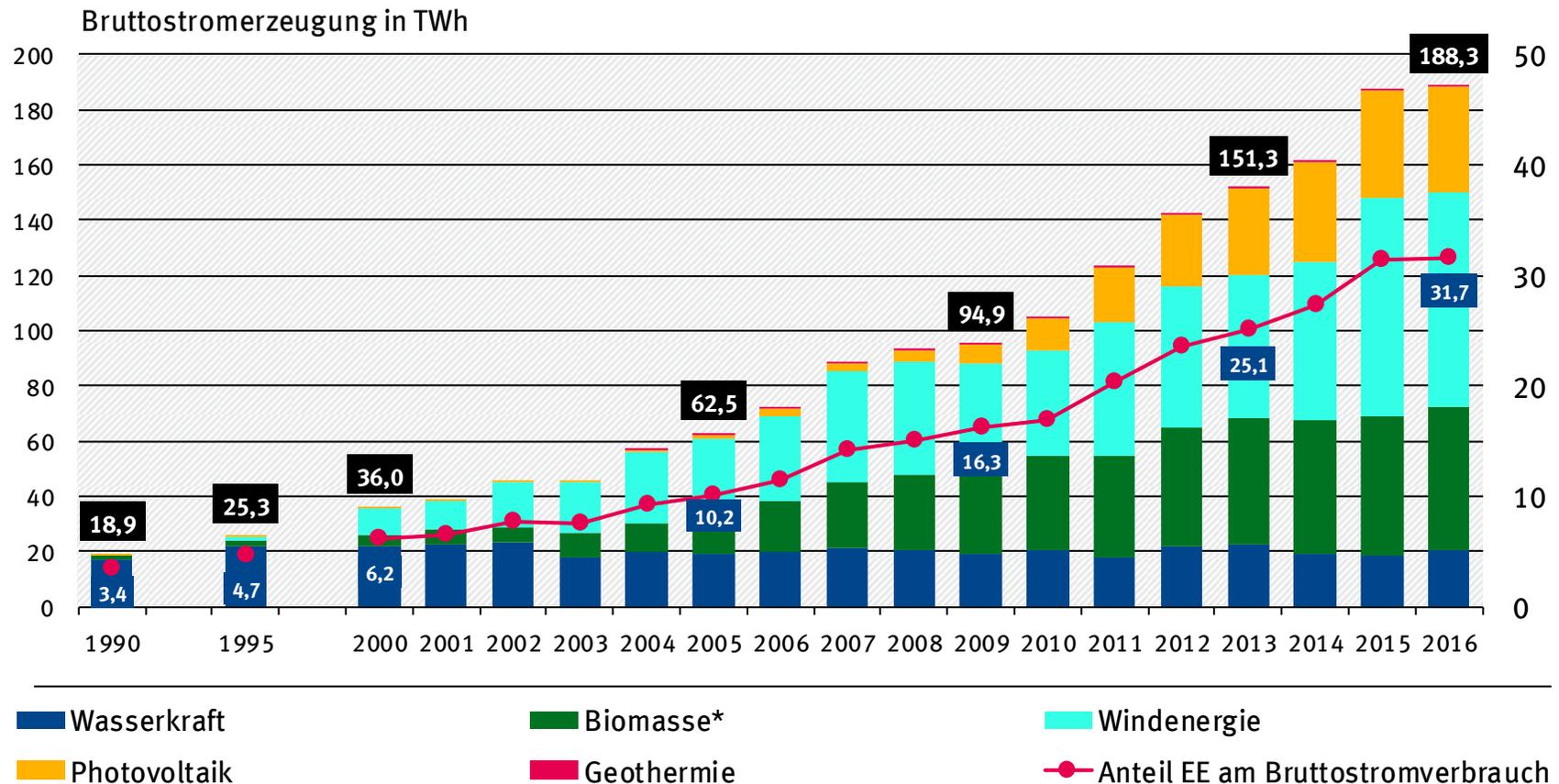


* vorläufige Angaben

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2015, Stand 07/2016

Die Wachstumsstory der Erneuerbaren seit 1990

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

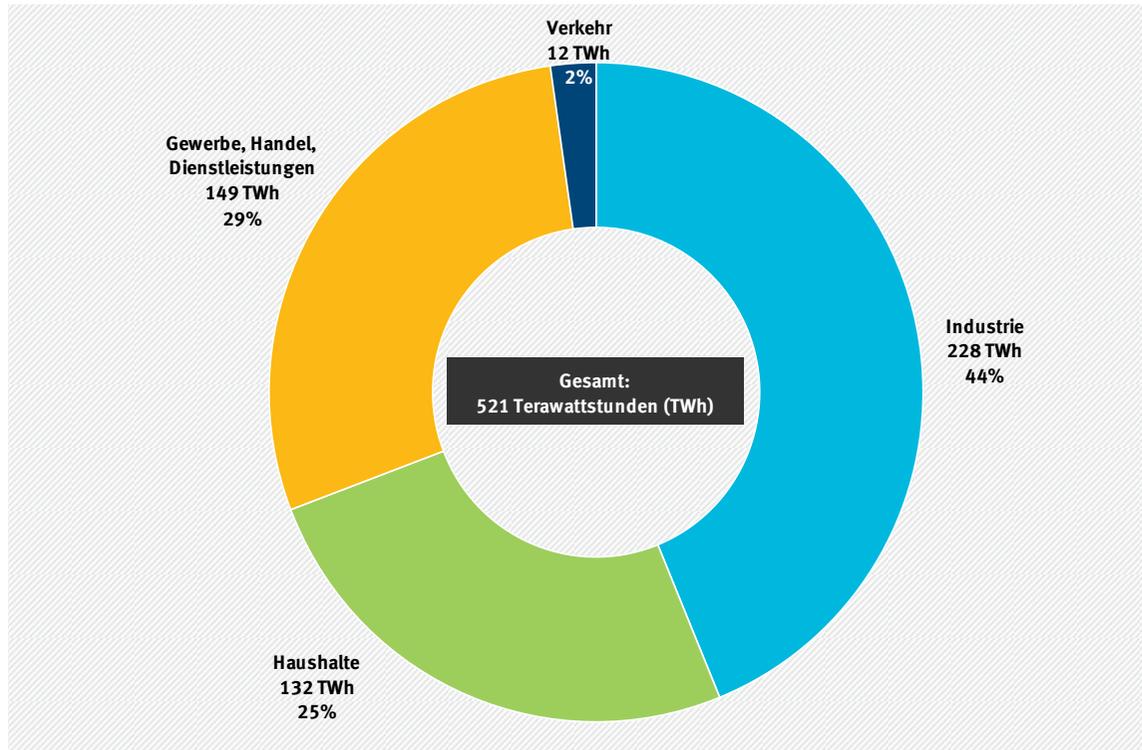


* inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas und dem biogenen Anteil des Abfalls, ab 2010 inkl. Klärschlamm

Quelle: AGEE-Stat

Stromverbrauch nach Sektoren 2015

Anteile der Sektoren am Stromverbrauch 2015*



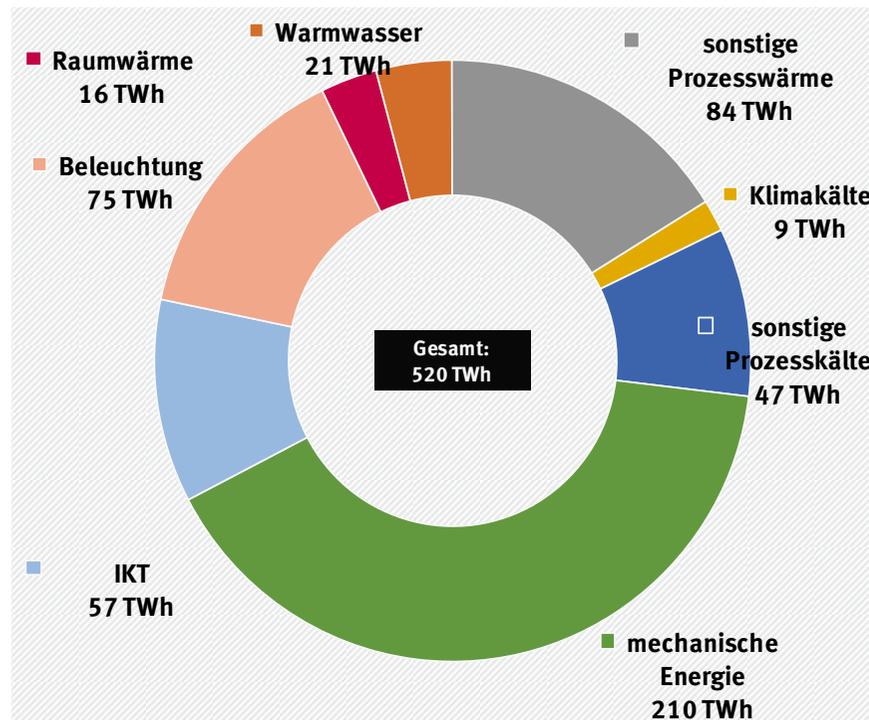
* vorläufige Angaben

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2015, Stand 07/2016

- **Verkehrssektor mit marginalem Anteil am Stromverbrauch**
- **Industrie der wichtigste Abnehmer von Strom**

Stromverbrauch nach Anwendungen 2015

Netto-Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen 2015*



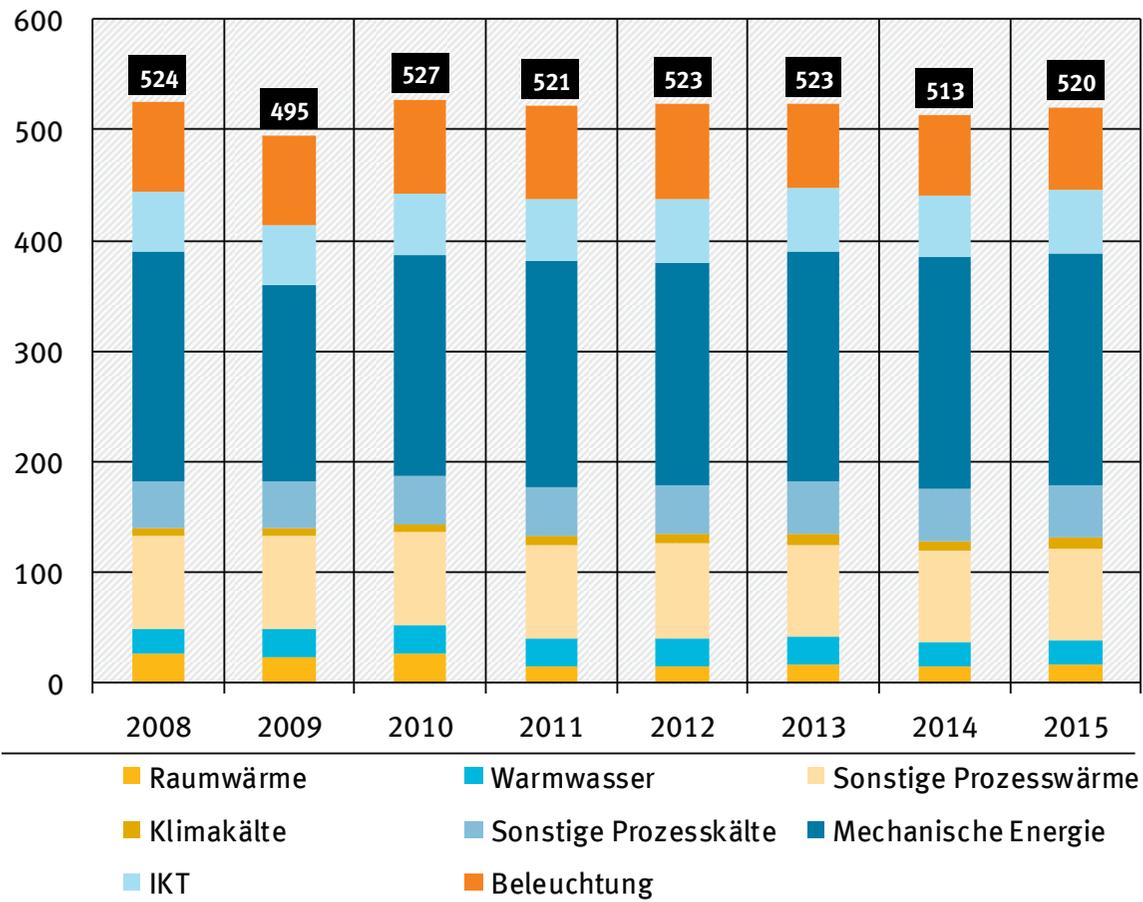
* vorläufige Angaben

Quelle: eigene Darstellung UBA, basierend auf
Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen,
Anwendungsbilanzen, Stand 10/2016

- **Mechanische Energie wichtigster Anwendungszweck für Strom**
- **Strom aber vor allem bei IKT- und Beleuchtungsanwendungen ohne Alternative**

Stromverbrauch nach Anwendungen 2008-2015

Stromverbrauch nach Anwendungen in TWh



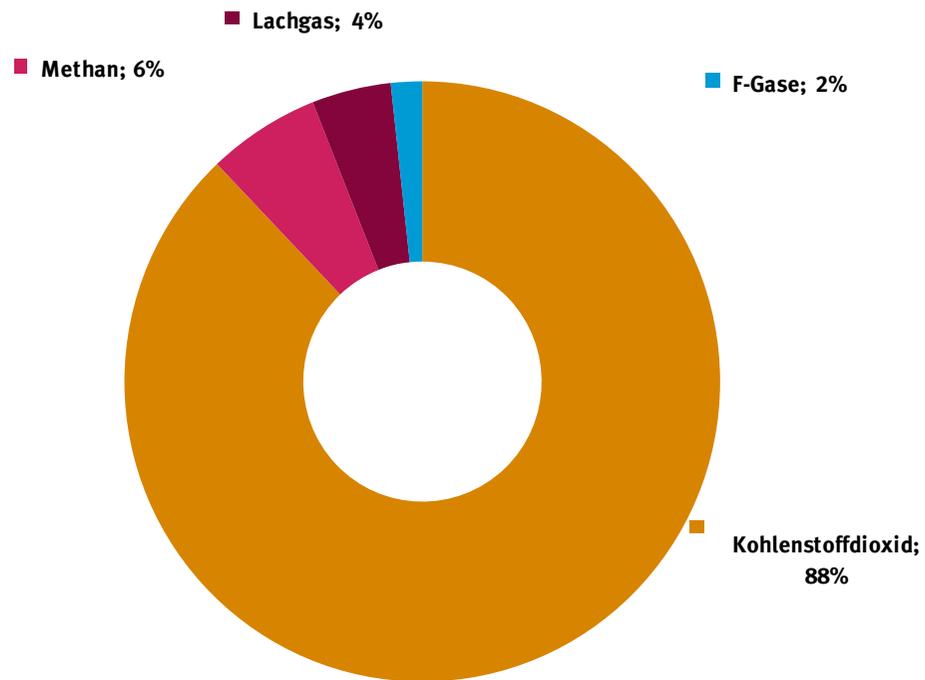
Quelle: AGEB, Anwendungsbilanzen, Stand 10/2016.

4. Treibhausgase in Deutschland: Bestandaufnahme und Zielsetzungen

Anteile der unterschiedlichen Treibhausgase an den THG-Emissionen in Deutschland

Anteile der Treibhausgase an den Emissionen 2016*

Anteile auf Basis der CO₂-Äquivalente

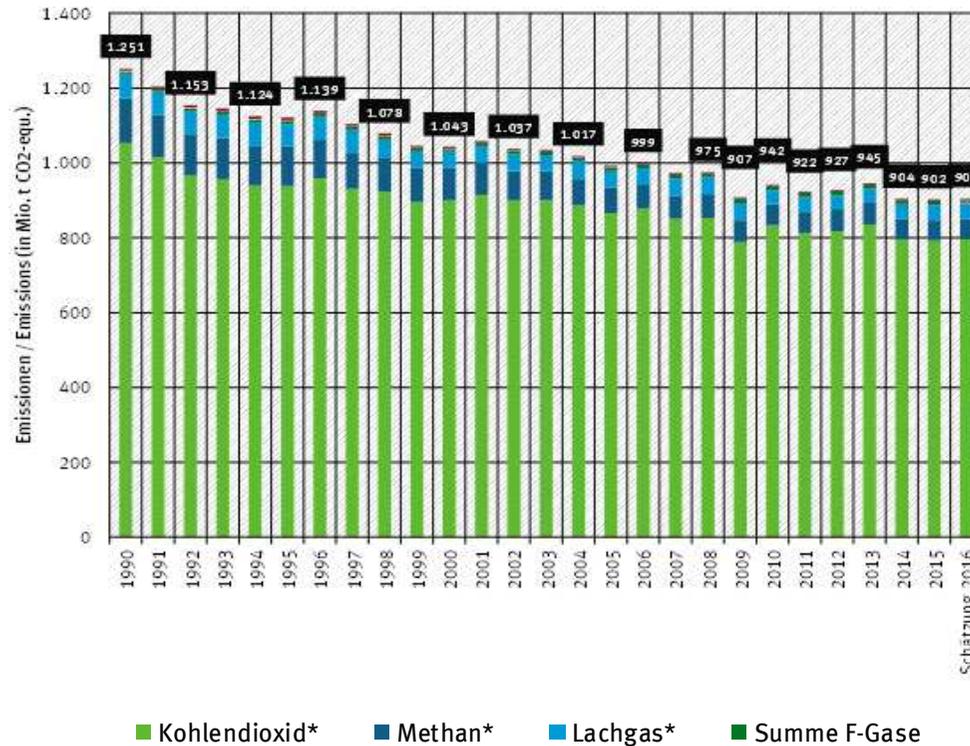


* Prognose

Quelle: UBA

Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Gasen in Deutschland

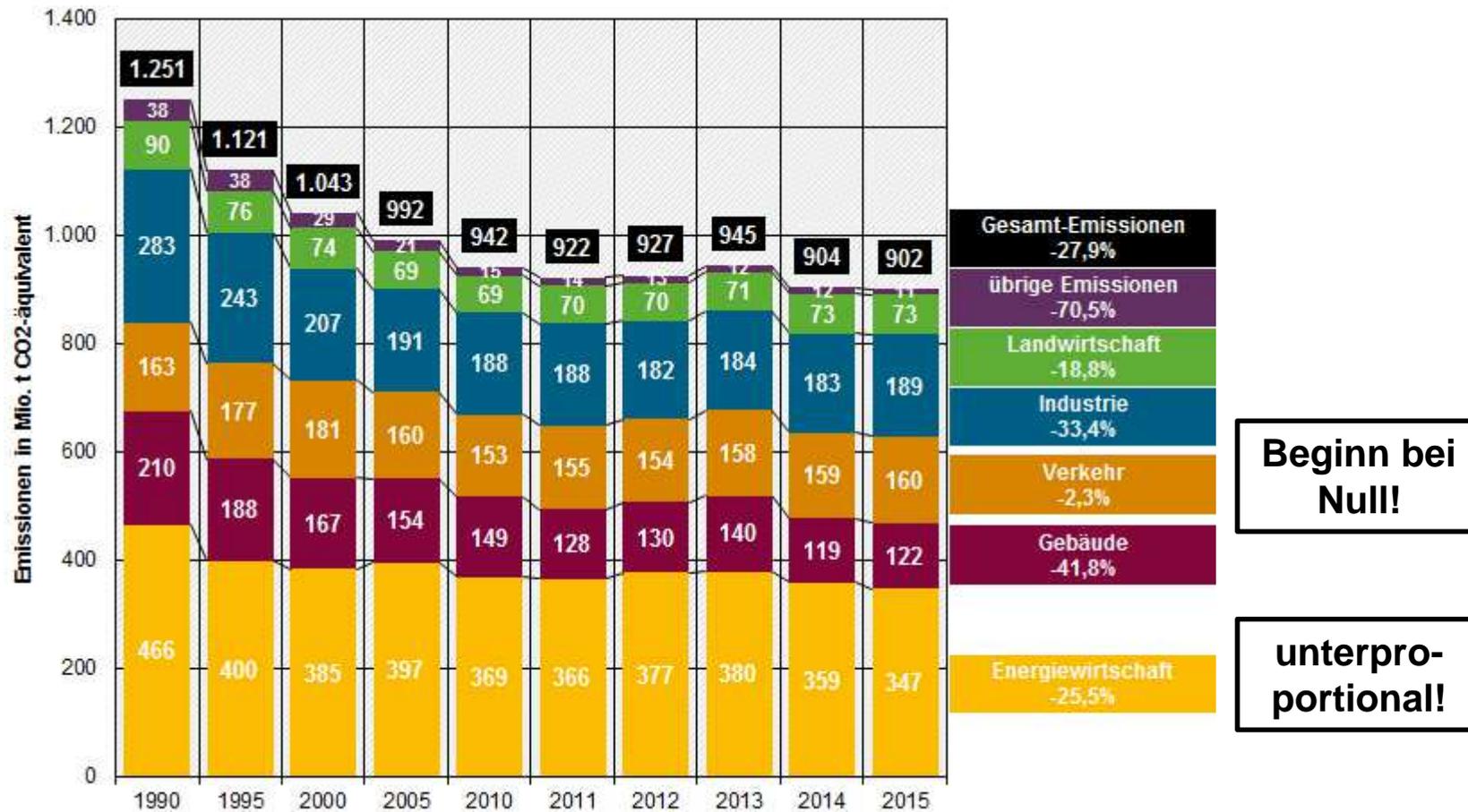
Treibhausgas-Emissionen nach Gasen 1990-2016 (in Mio. t. CO₂-äquivalent)



* Gesamtemissionen nach Konvention, ohne Landnutzungsänderung & Forstwirtschaft, ohne indirekte Emissionen
 ** Prognose

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Inventarberichte zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2015 (Stand 02/2017) und Schätzung für 2016 (Stand 03/2017)

Entwicklung der Treibhausgase in Deutschland seit 1990 nach Sektoren des Aktionsplanes Klimaschutz 2020



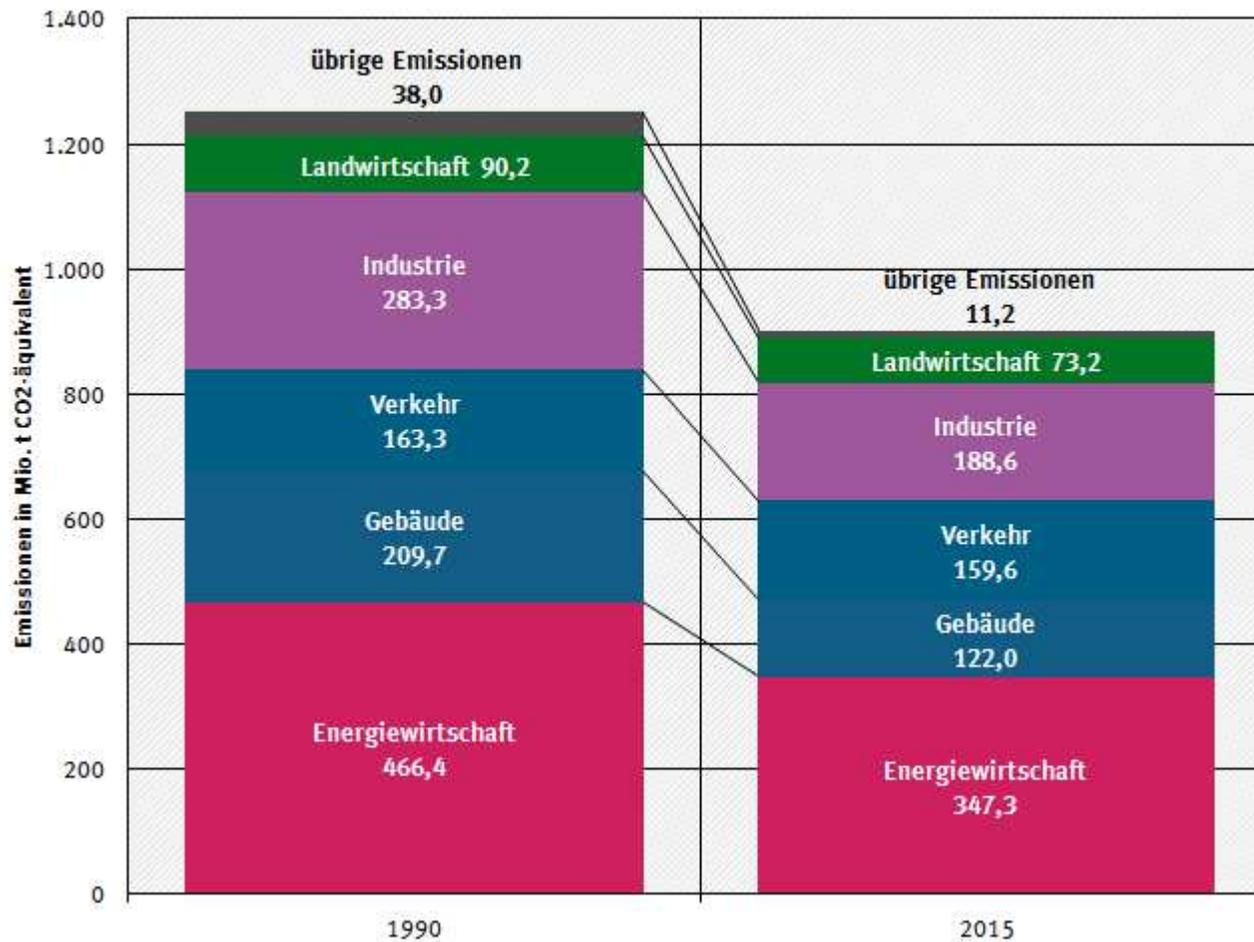
Beginn bei Null!

unterproportional!

Sektoralentwicklung der Treibhausgase 2015 ggü. 1990

Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, 1990 & 2015

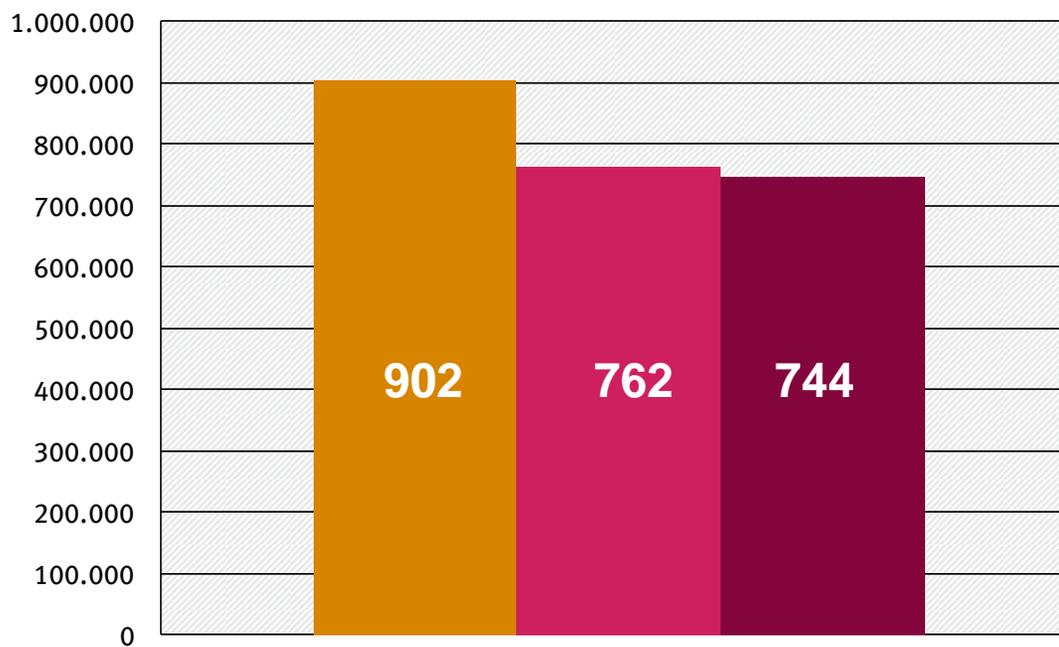
nach Sektoren des Aktionsplanes Klimaschutz 2020



Quelle: UBA 2017

THG-Emissionen im Vergleich 2015 (CO₂-Äquivalente)

THG-Emissionen 2015 in Kilotonnen



- Gesamte THG-Emissionen*
- THG-Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger*
- CO₂-Emissionen durch Verbrennung fossiler Energieträger

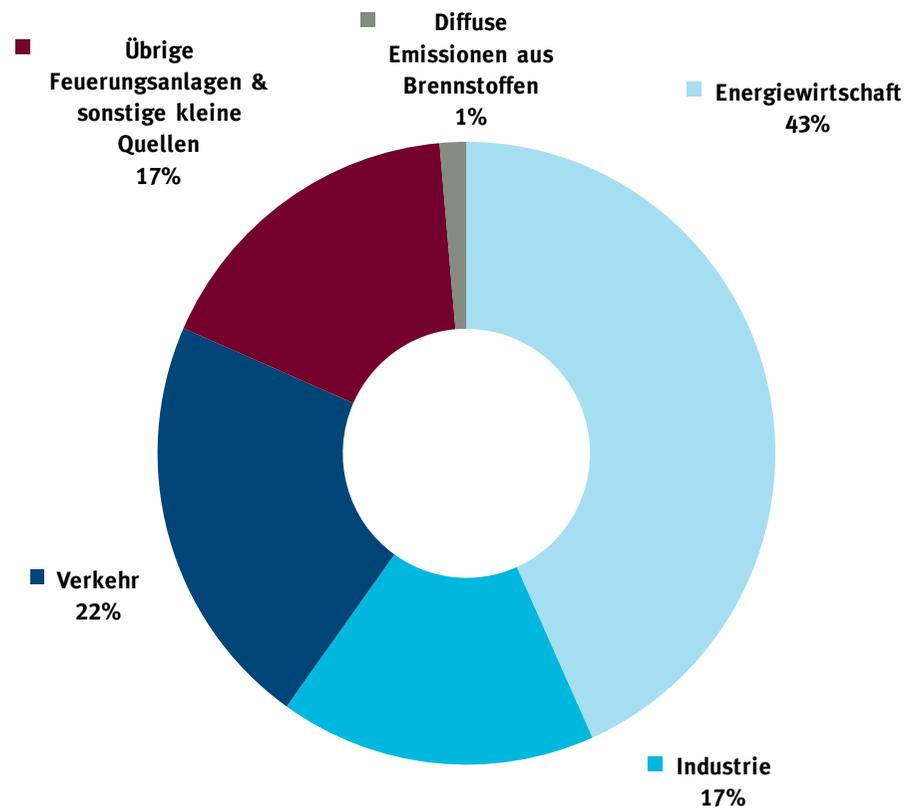
* CO₂-Äquivalente

Quelle: UBA, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar, Stand 04/2017.

Anteil der Quellgruppen an den energiebedingten THG

Anteil der Quellgruppen an den energiebedingten THG 2016*

Prognose der energiebedingten THG 2016: 766,7 Mio.t



* Prognose

Quelle: UBA

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen

Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen 1990-2015



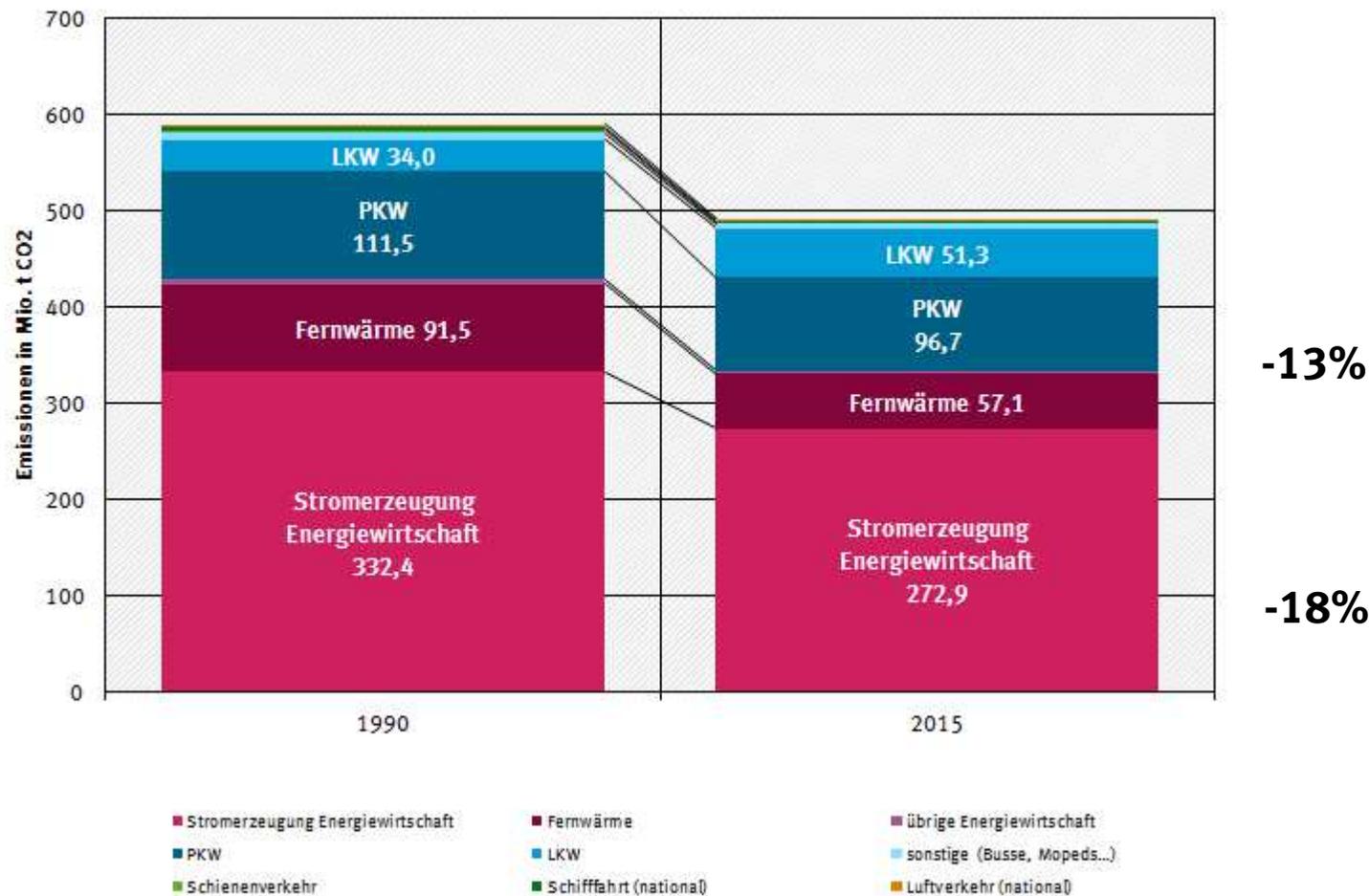
Angaben ohne diffuse Emissionen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen.
 1 einschließlich Militär und Landwirtschaft (energiebedingt)
 2 enthält nur Emissionen aus Industriefeuerungen, keine Prozessemissionen

Quelle: Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2015, Stand 01/2017

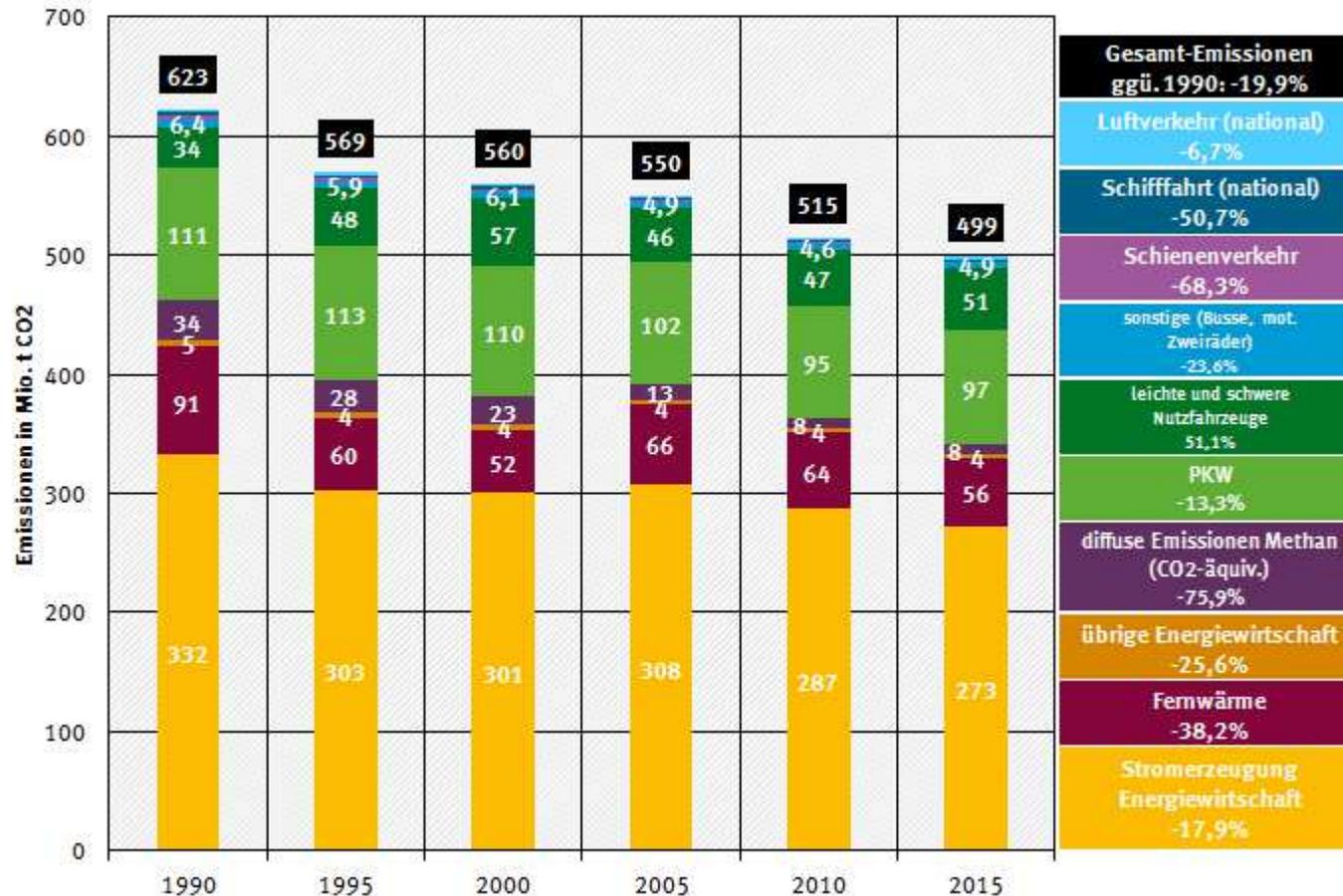
Sektoralentwicklung der CO₂-Emissionen 2015 ggü. 1990

Kohlendioxid-Emissionen in Deutschland, 1990 & 2015

der Energiewirtschaft und der Verkehrsträger



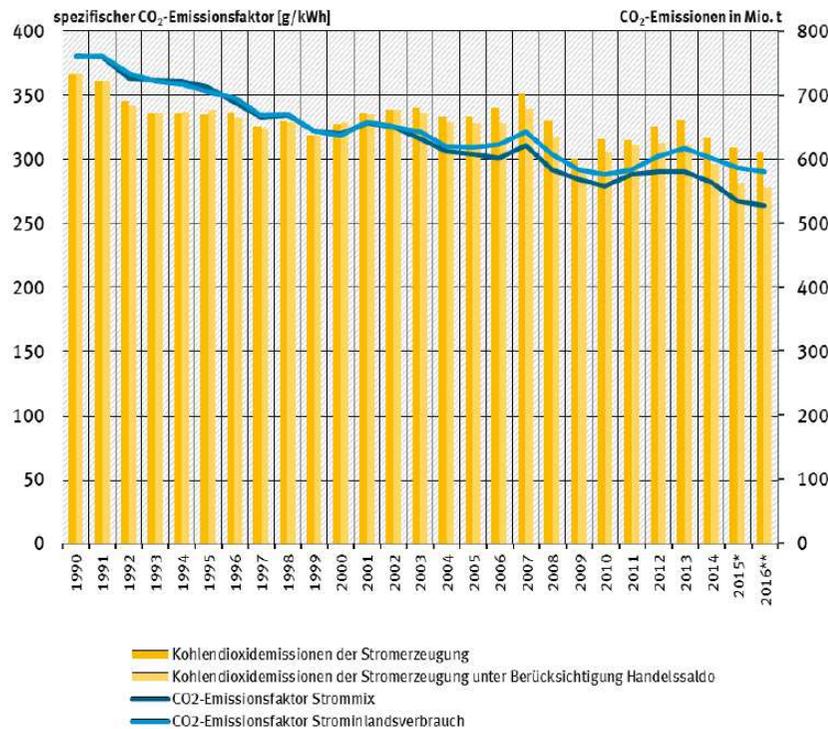
CO₂-Emissionen Energiewirtschaft und Verkehr



Quelle: UBA 2017

Spezifische CO₂-Emissionen des deutschen Strommix

Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2015 und erste Schätzungen 2016 im Vergleich zu CO₂-Emissionen der Stromerzeugung



2015* vorläufig; 2016** geschätzt

Quellen: Umweltbundesamt; eigene Berechnungen März 2017

Jahr	Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung [Mio. t]	CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix [g/kWh]	CO ₂ -Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch [g/kWh]
1990	366	761	759
1991	361	760	761
1992	345	726	734
1993	335	723	722
1994	335	721	718
1995	335	712	705
1996	336	689	696
1997	325	665	668
1998	329	669	670
1999	318	645	644
2000	327	640	636
2001	336	657	659
2002	338	651	650
2003	340	633	643
2004	333	612	621
2005	333	609	618
2006	340	602	624
2007	351	621	643
2008	330	583	608
2009	301	568	584
2010	316	558	576
2011	315	576	583
2012	326	580	605
2013	331	580	617
2014	316	564	602
2015*	309	534	587
2016**	306	527	580

CLIMATE CHANGE
15/2017

Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2016

Umwelt Bundesamt
Für Mensch & Umwelt

Braunkohlestrom ist dreimal so klimabelastend wie Erdgasstrom

Tabelle 2: CO₂-Emissionsfaktoren fossiler Brennstoffe im Vergleich mit dem CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes

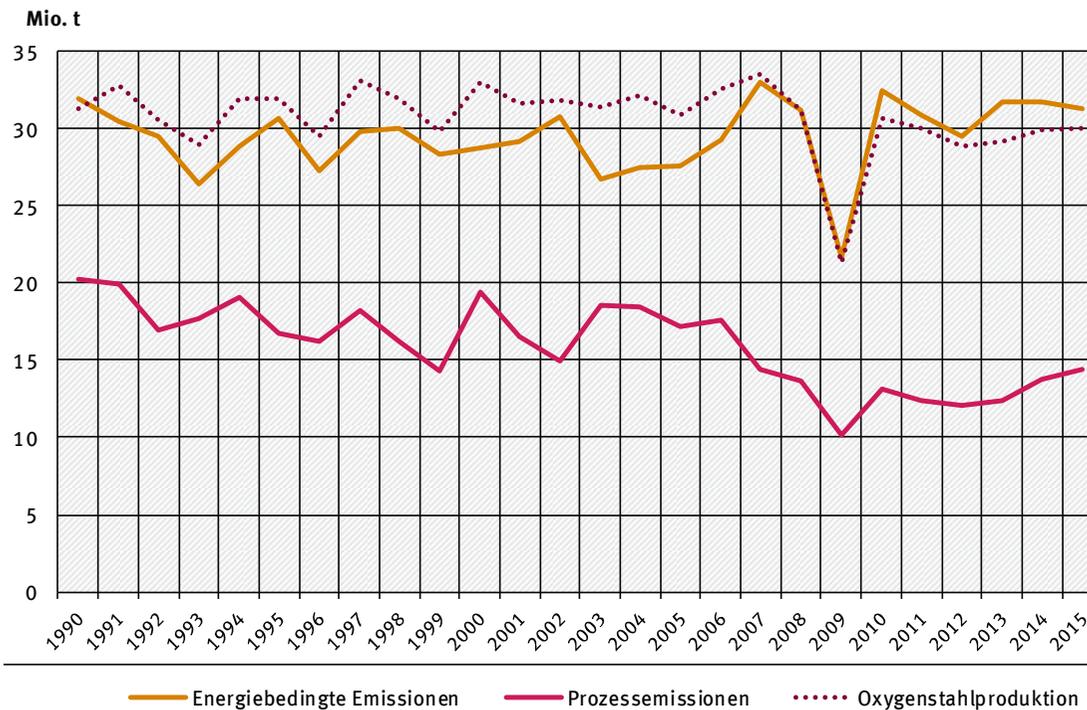
Brennstoff/Einheit	CO ₂ -Emissionsfaktor bezogen auf den Brennstoffeinsatz ¹ [g/kWh]	Brennstoffausnutzungsgrad netto im Jahr 2014 bezogen auf den Stromverbrauch [%]	CO ₂ -Emissionsfaktor im Jahr 2014 bezogen auf den Stromverbrauch [g/kWh]	Vergleich CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix 2014 [g/kWh]
Erdgas	201	54%	369	
Steinkohle	337	37%	899	579
Braunkohle	407	35%	1.158	

Quelle: UBA 2016

CO₂-Emissionen der Primärstahlerzeugung (Oxygenstahl)

- Prozessbedingte CO₂-Emissionen seit 1990 fast um 30 % zurückgegangen
- Energiebedingte CO₂-Emissionen 2015 gegenüber 1990 fast unverändert

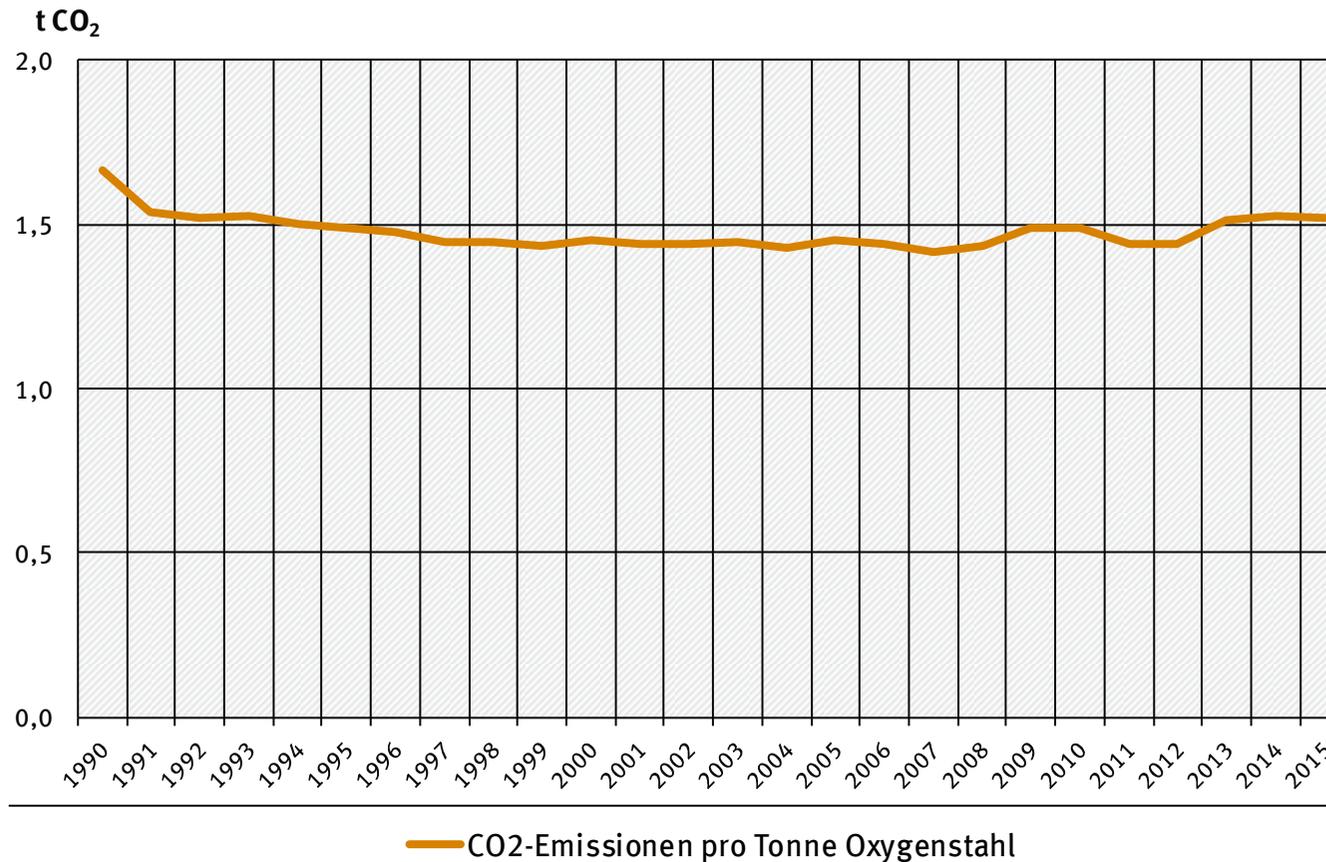
Energie- und prozessbedingte CO₂-Emissionen der Primärstahlerzeugung (Oxygenstahl)



UBA, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2015,
Stand 04/2017; Wirtschaftsvereinigung Stahl, Statistisches Jahrbuch

Relative CO₂-Emissionen der Oxygenstahlerzeugung

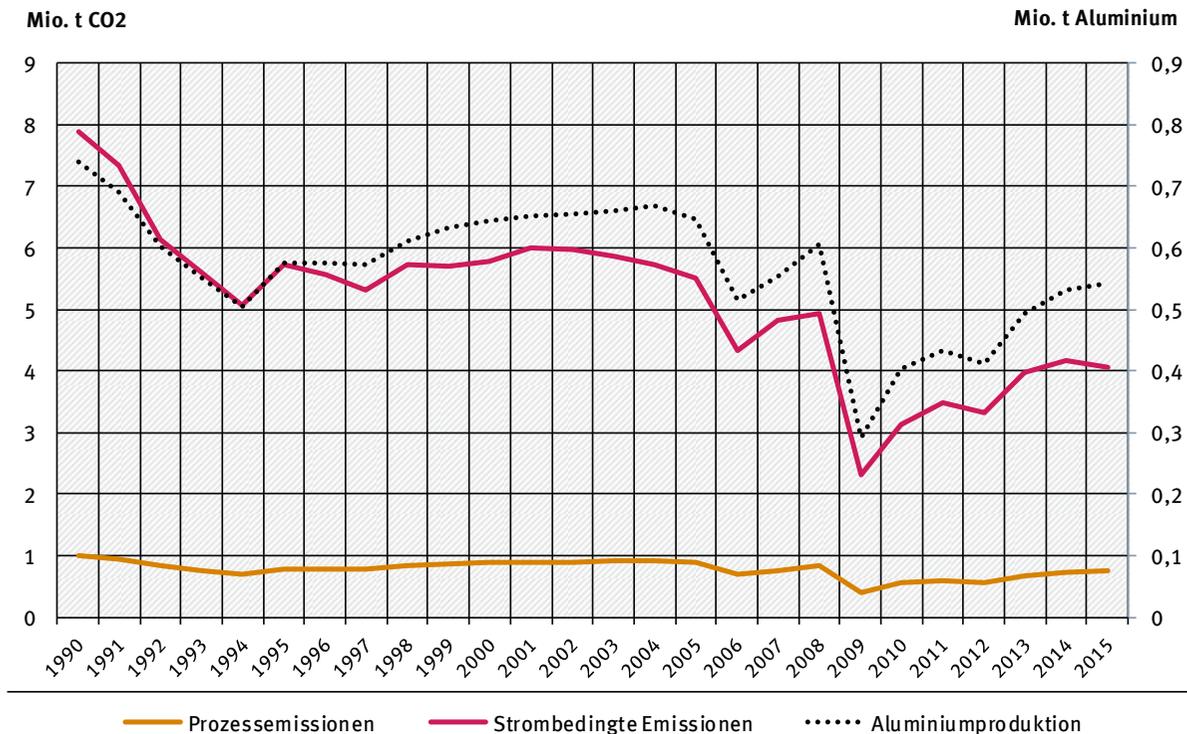
Relative energie- und prozessbedingte CO₂-Emissionen der Oxygenstahlerzeugung



UBA, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2015,
Stand 04/2017; Wirtschaftsvereinigung Stahl, Statistisches Jahrbuch

CO₂-Emissionen der Primäraluminiumproduktion

- Rückgang der strombedingten CO₂-Emissionen um 49 % seit 1990
- Rückgang der prozessbedingten CO₂-Emissionen und der Aluminiumproduktion um 27 %

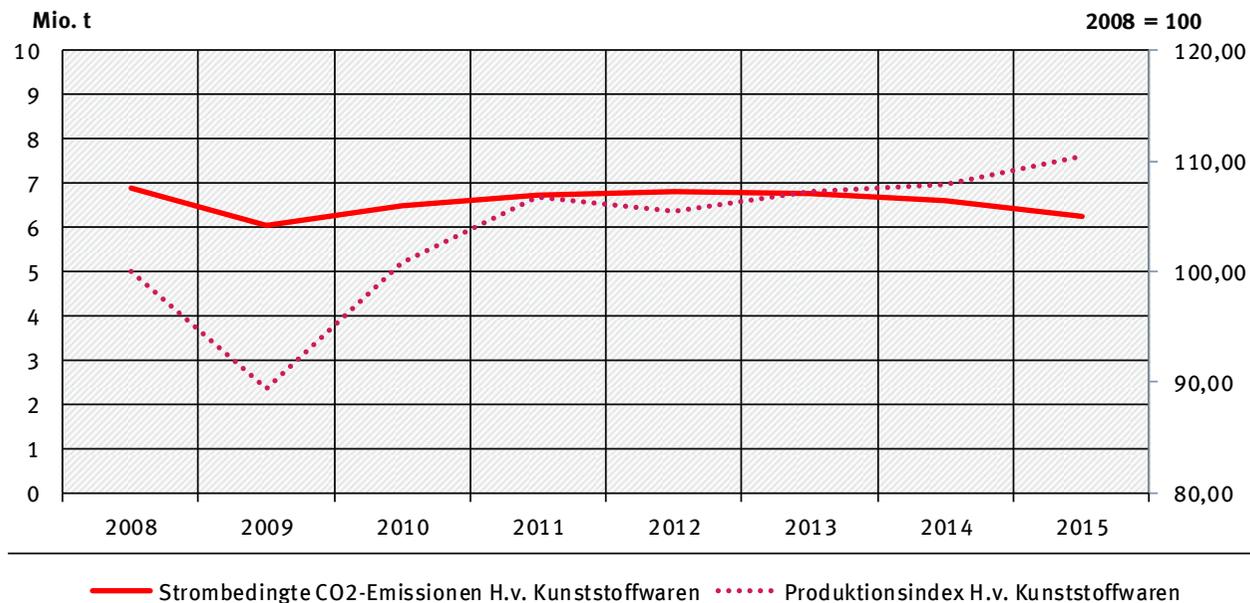


Eigene Berechnung basierend auf EU Commission, BAT Reference Document for the NFM Industries, Stand 10/2014; UBA, Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix, Stand 06/2017; Wirtschaftsvereinigung Metalle

CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Kunststoffwaren

- Rückgang der strombedingten CO₂-Emissionen um 9 % seit 2008
- Gleichzeitige Erhöhung der Produktion um 10 %

Energiebedingte CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Kunststoffwaren*



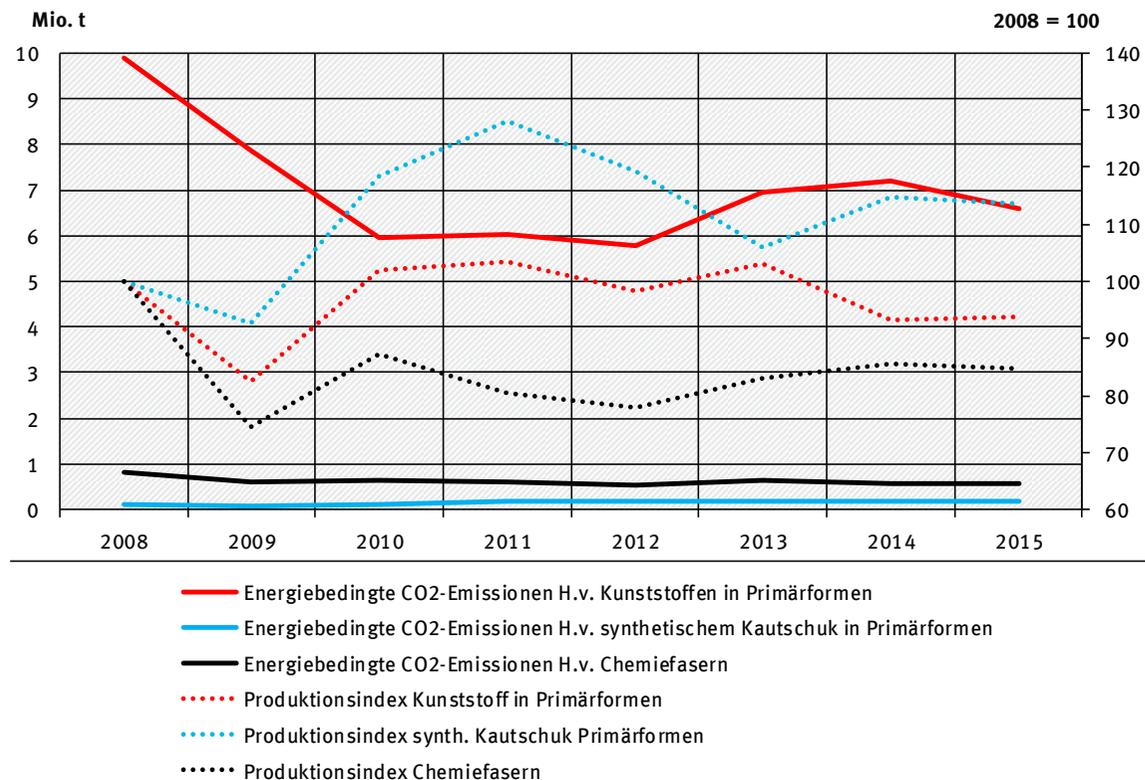
* energiebedingte Emissionen =
strombedingte Emissionen

Eigene Berechnung basierend auf UBA, Entwicklung der spezifischen
Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix, Stand 06/2017;
Destatis, Produktionsindex

CO₂-Emissionen der Polymerproduktion

- Strombedingte CO₂-Emissionen d. Kunststoff- und Chemiefaserproduktion seit 2008 um 1/3 gesunken
- Ebenso Produktionsrückgang in beiden Bereichen
- Anstieg strombedingter CO₂-Emissionen i. d. synth. Kautschukproduktion um über 60 %
- Anstieg der Produktion von synth. Kautschuk um 13 %

Energiebedingte CO₂-Emissionen der Polymerproduktion*



* energiebedingte Emissionen = strombedingte Emissionen

Eigene Berechnung basierend auf UBA, Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix, Stand 06/2017; Destatis, Produktionsindex

Die Zielmatrix des Energiekonzepts der Bundesregierung

	Zielsetzungen aus dem Jahr ...												
	2010	2016	2016	2016	2016	2016	2010	2014	2010	2010	2010	2010	2011
	Treibhausgas-Emissionen						Regenerative Energien		Minderung Energiebedarf				Kern-energie
	Gesamt	Energie-wirtschaft	Gebäude	Verkehr	Industrie	Land-wirtschaft	Brutto-End-energie	Strom-erzeugung	Primär-energie	Gebäude-Wärme	End-energie Verkehr	Strom-verbrauch	
2011													-41%
2015													-47%
2017													-54%
2019													-60%
2020	-40%						18%	35%	-20%	-20%	-10%	-10%	
2021													-80%
2022													-100%
2025													
2030	-55%	-61 bis -62%	-66 bis -67%	-40 bis -42%	-49 bis -51%	-31 bis -34%	30%						
2035													
2040	-70%						45%	65%					
2050	-80 bis -95%						60%	80%	-50%	-80%	-40%	-25%	
Basis-jahr	1990	1990	1990	1990	1990	1990	-	-	2008	2008	2005	2008	(2010)

Quelle: Matthes / Öko-Institut
auf der Basis der Beschlüsse von Bundesregierung und Bundestag

Die Sektoralziele des Klimaschutzplans 2050

	1990	2015	2015	2030	2030
Handlungsfeld	(in Mio.t CO ₂ -Äquiv.)		Änderung ggü. 1990 in %	in Mio. t CO ₂ - Äquiv.	Änderung ggü. 1990 in %
Energiewirtschaft	466,4	347,3	-25,5	175-183	62-61
Gebäude	209,7	122,0	-41,8	70-72	67-66
Verkehr	163,3	159,6	-2,3	95-98	42-40
Industrie	283,3	188,6	-33,4	140-143	51-49
Landwirtschaft	90,2	73,2	-18,8	58-61	34-31
übrige Emissionen	38,0	11,2	-70,5	5	87
Summe THG	1250,9	901,9	-27,9	543-562	56-55

Quelle: KSP 2050

5. Zukunftsprognosen und -szenarien

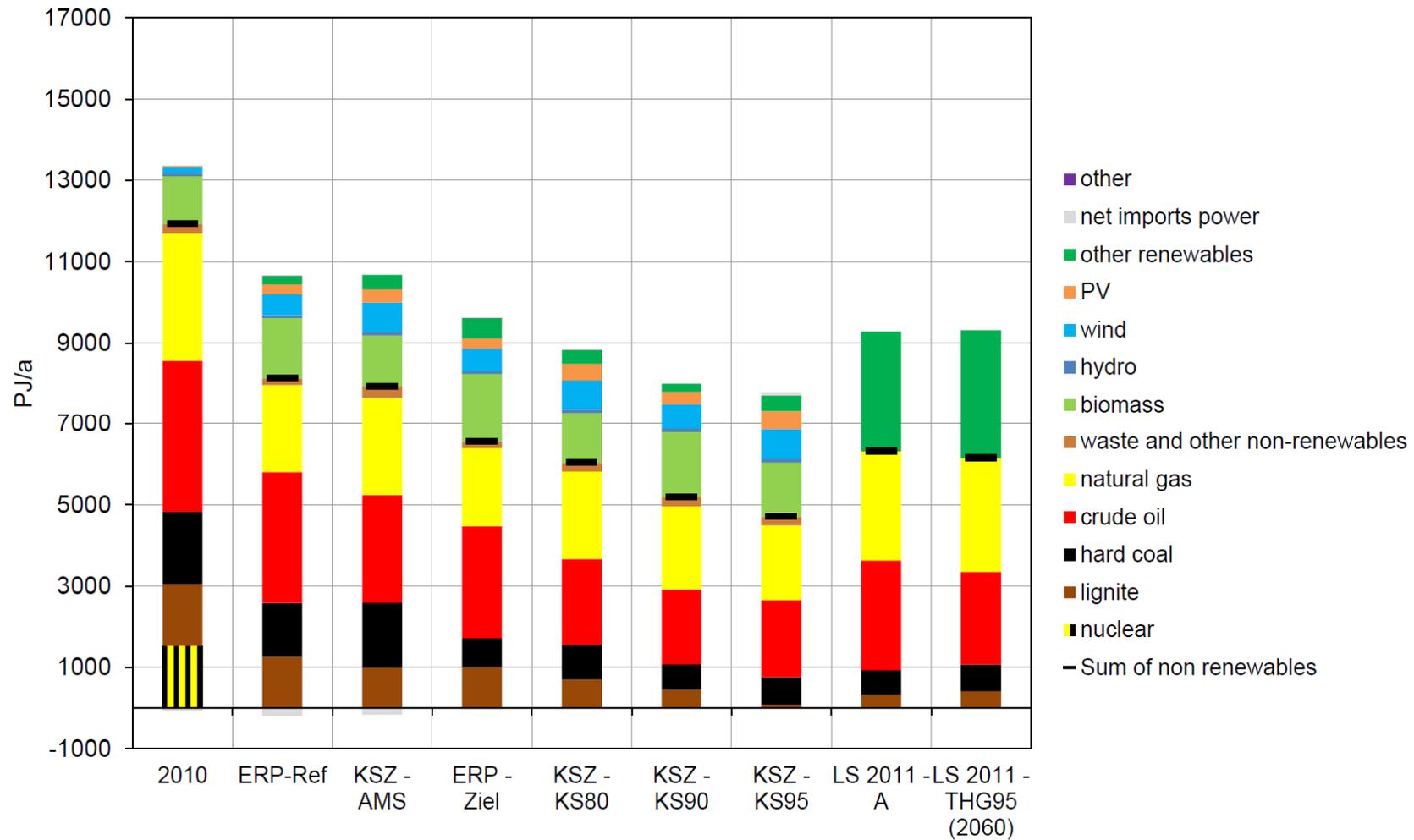
Szenarien

Tabelle 2-1: Übersicht über die untersuchten Szenarien

Szenario	THG-Minderungsziel in 2050	Abkürzung
Referenzszenarien: Entwicklung der Energiemärkte - Energierferenzprognose, Referenzszenario Trendszenario Klimaschutzszenarien 2. Runde, Aktuelle Maßnahmen Szenario	- -	ERP-Ref KSZ-AMS
Zielszenarien: Entwicklung der Energiemärkte - Energierferenzprognose, Zielszenario Klimaschutzszenarien 2. Runde, Klimaschutzszenario 80 Klimaschutzszenarien 2. Runde, Klimaschutzszenario 95 Klimaschutzszenarien 1. Runde, Klimaschutzszenario 90 Leitstudie 2011, Szenario A Leitstudie 2011, Szenario THG95 Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050	80% ⁽¹⁾ 80% 95% 90% 80% 95% ⁽²⁾ 95%	ERP-Ziel KSZ-KS80 KSZ-KS95 KSZ-KS90 LS 2011-A LS 2011-THG95 THGND
1) nur energiebedingte Emissionen 2) Ziel wird erst in 2060 erreicht		

Quelle: Prognos, EWI, GWS (2014); Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2015); DLR, Fraunhofer IWES, IFNE (2012); UBA (2013)

Primärenergieverbrauch 2010 und 2030 in den Szenarien



Source: Studie „Überblick über vorliegende Szenarienarbeiten für den Klimaschutz in Deutschland bis 2050“, Öko-Institut

Primärenergieverbrauch im KS-Szenario 80

	2008	2010	2020	2030	2040	2050
	PJ					
Kernenergie	1.623	1.533	729	0	0	0
Braunkohle	1.566	1.516	1.115	705	306	36
Steinkohle	1.817	1.773	1.188	852	619	407
Öl	3.948	3.745	2.923	2.116	1.193	636
Erdgas	3.020	3.128	2.647	2.145	1.533	821
Müll und sonstige	190	231	252	220	185	153
Biomasse ^a	923	1.182	1.624	1.242	1.194	1.237
Wasser	74	75	80	85	88	90
Wind	146	136	453	718	960	1.239
Solar	16	42	245	407	508	732
Geothermie und Umweltwärme	0	0	102	350	658	947
Synthetische Brennstoffe ^b	0	0	0	0	0	0
Stromaustauschsaldo	-81	-64	-131	0	164	238
Primärenergie^c	13.241	13.298	11.228	8.840	7.408	6.534
<i>Nachr.:</i>						
<i>Veränderung gegenüber 2008</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,4%</i>	<i>-15,2%</i>	<i>-33,2%</i>	<i>-44,1%</i>	<i>-50,7%</i>
<i>Anteil erneuerbare Energien^d</i>	<i>8,8%</i>	<i>10,8%</i>	<i>22,3%</i>	<i>31,7%</i>	<i>46,0%</i>	<i>65,0%</i>
Anmerkungen: ^a einschließlich organische Anteile des Mülls. ^b nur Import synthetischer Brennstoffe relevant. ^c ohne Brennstoffeinsatz des internationalen Seeverkehrs (Hochseebunkerungen) und ohne nichtenergetischen Verbrauch. ^d ohne erneuerbaren Anteil der Importe von Strom und synthetischen Brennstoffen.						

Quelle: Berechnungen Öko-Institut und Fraunhofer ISI

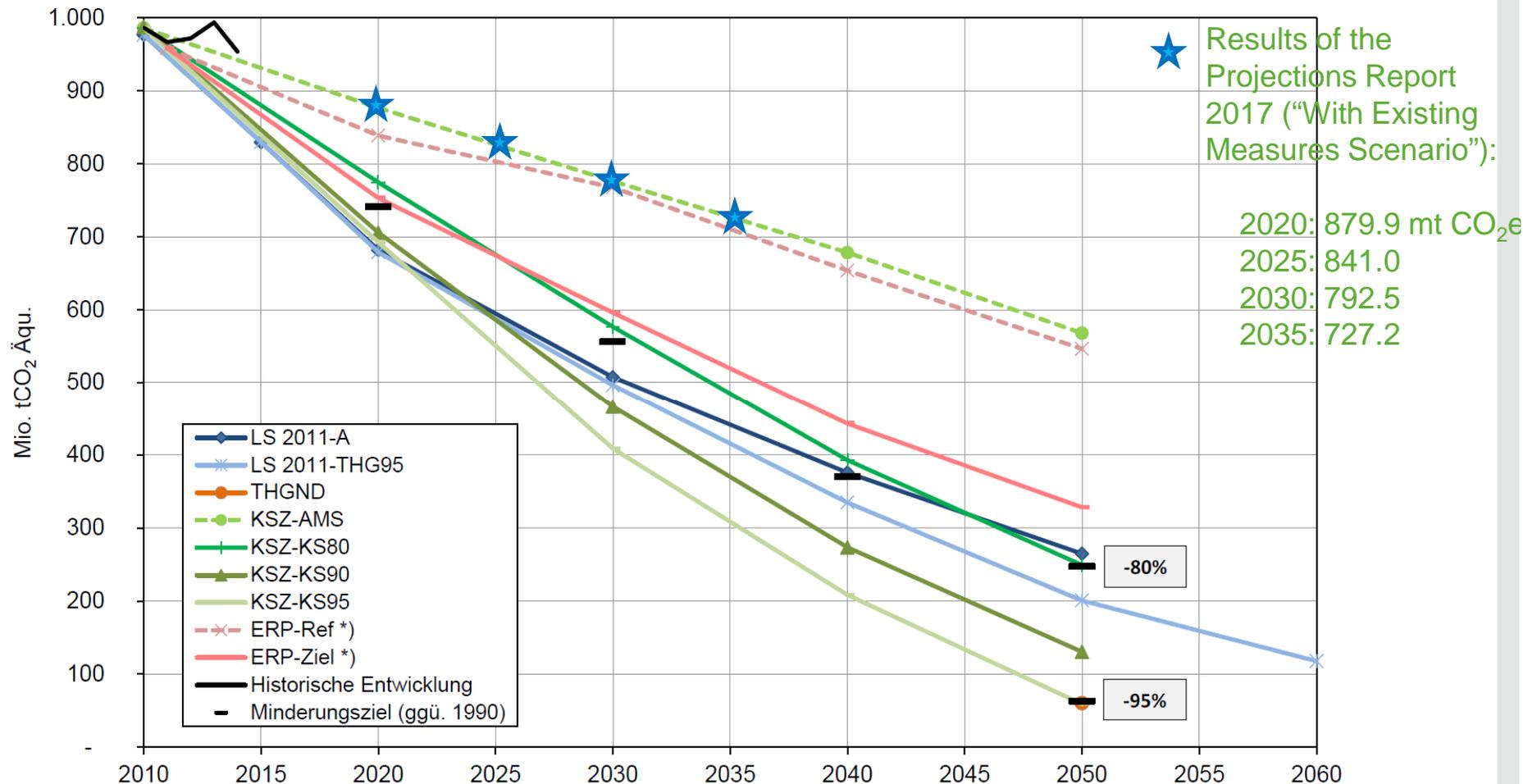
Primärenergieverbrauch im KS-Szenario 95

	2008	2010	2020	2030	2040	2050
	PJ					
Kernenergie	1.623	1.533	728	0	0	0
Braunkohle	1.566	1.516	747	77	101	9
Steinkohle	1.817	1.773	1.085	686	416	153
Öl	3.948	3.745	2.813	1.897	666	151
Erdgas	3.020	3.128	2.512	1.839	1.053	286
Müll und sonstige	190	231	258	216	176	140
Biomasse ^a	923	1.182	1.368	1.331	1.253	1.107
Wasser	74	75	80	85	88	90
Wind	146	136	453	740	1.350	2.057
Solar	16	42	246	456	593	790
Geothermie und Umweltwärme	0	0	126	388	701	980
Synthetische Brennstoffe ^b	0	0	0	0	122	143
Stromausgleichssaldo	-81	-64	1	77	171	29
Primärenergie^c	13.241	13.298	10.418	7.792	6.689	5.936
<i>Nachr.:</i>						
<i>Veränderung gegenüber 2008</i>	<i>0,0%</i>	<i>0,4%</i>	<i>-21,3%</i>	<i>-41,2%</i>	<i>-49,5%</i>	<i>-55,2%</i>
<i>Anteil erneuerbare Energien^d</i>	<i>8,8%</i>	<i>10,8%</i>	<i>21,8%</i>	<i>38,5%</i>	<i>59,6%</i>	<i>84,7%</i>

Anmerkungen: ^a einschließlich organische Anteile des Mülls. ^b nur Import synthetischer Brennstoffe relevant. ^c ohne Brennstoffeinsatz des internationalen Seeverkehrs (Hochseebunkerungen) und ohne nichtenergetischen Verbrauch. ^d ohne erneuerbaren Anteil der Importe von Strom und synthetischen Brennstoffen.

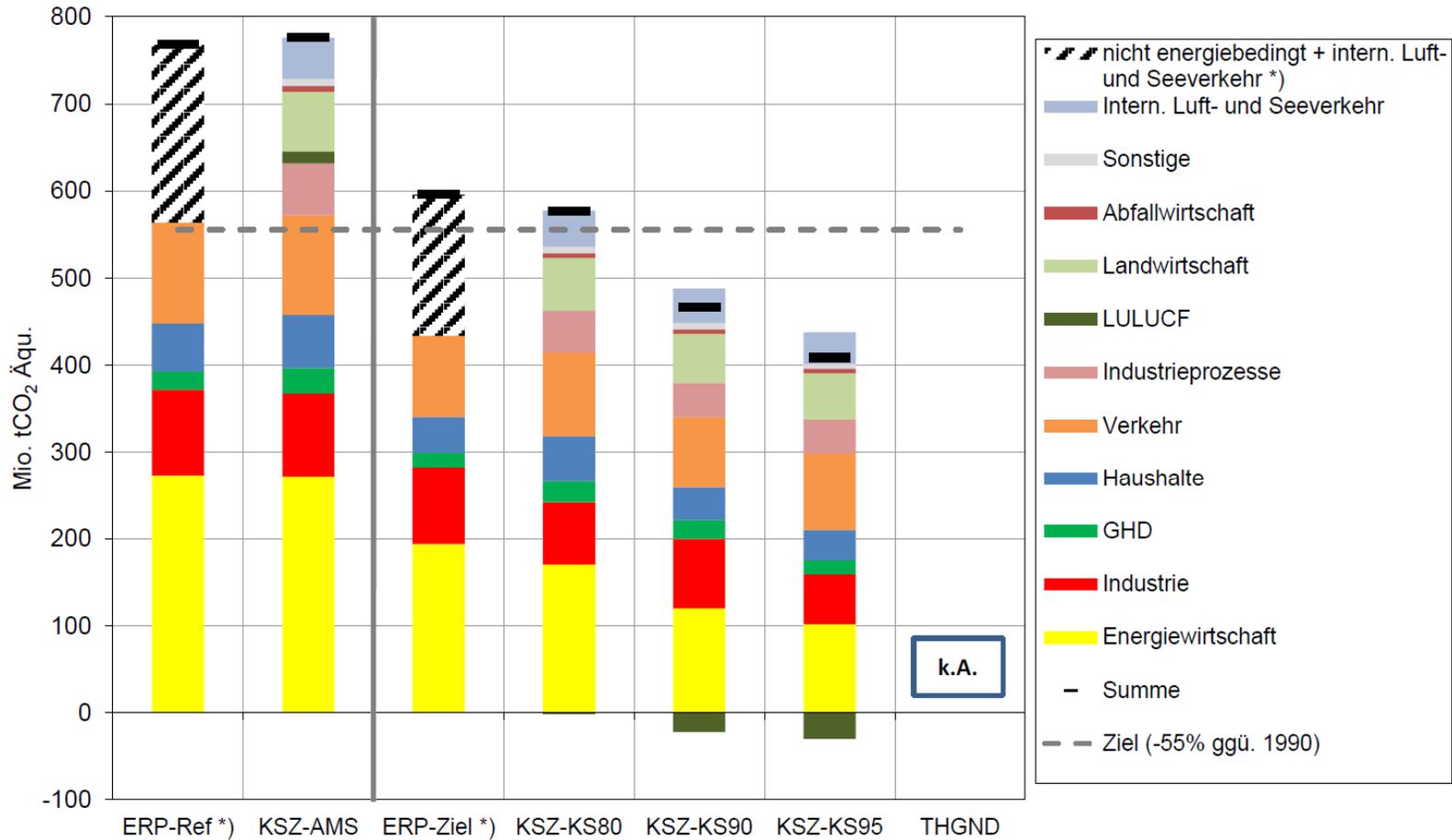
Quelle: Berechnungen Öko-Institut und Fraunhofer ISI

Entwicklung der THG 2010-2060



Source: Studie „Überblick über vorliegende Szenarienarbeiten für den Klimaschutz in Deutschland bis 2050“, Öko-Institut

Sektorale Aufteilung der verbleibenden THG-Emissionen in 2030



*) ERP-Ref: Inklusive nicht energiebedingter Emissionen, LULUCF und intern. Luft- und Seeverkehr gemäß KSZ-AMS. ERP-Ziel: Inklusive nicht energiebedingter Emissionen, LULUCF und intern. Luft- und Seeverkehr gemäß KSZ-KS80.

Quelle: Prognos, EWI, GWS (2014); Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2015)

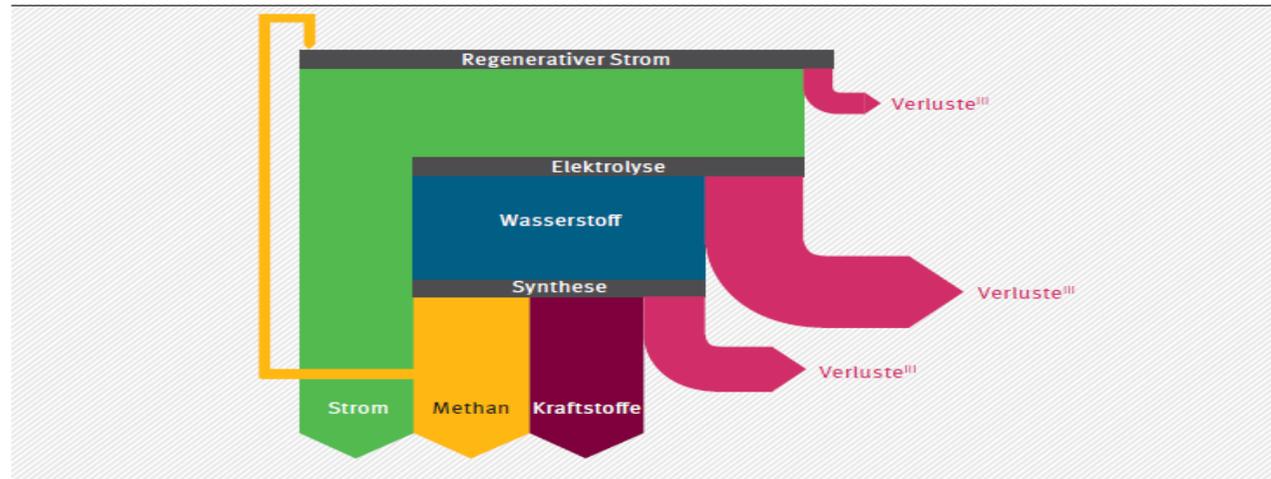
Der Ausbau der Erneuerbaren nach NEP 2017

1. Dem Netzentwicklungsplan 2017-2030 und dem Offshore-Netzentwicklungsplan 2017-2030 sind folgende Szenarien der energiewirtschaftlichen Entwicklung zu Grunde zu legen:

Installierte Leistung [GW]					
Energieträger	Referenz 2015	Szenario A 2030	Szenario B 2030	Szenario B 2035	Szenario C 2030
Kernenergie	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohle	21,1	11,5	9,5	9,3	9,3
Steinkohle	28,6	21,7	14,8	10,8	10,8
Erdgas	30,3	30,5	37,8	41,5	37,8
Öl	4,2	1,2	1,2	0,9	0,9
Pumpspeicher	9,4	11,9	11,9	13,0	11,9
sonstige konv. Erzeugung	2,3	1,8	1,8	1,8	1,8
Kapazitätsreserve	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Summe konv. Erzeugung	106,9 ¹⁾	80,6	79,0	79,3	74,5
Wind Onshore	41,2	54,2	58,5	61,6	62,1
Wind Offshore	3,4	14,3	15,0	19,0	15,0
Photovoltaik	39,3	58,7	66,3	75,3	76,8
Biomasse	7,0	5,5	6,2	6,0	7,0
Wasserkraft	5,6	4,8	5,6	5,6	6,2
sonstige reg. Erzeugung	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Summe reg. Erzeugung	97,8	138,8	152,9	168,8	168,4
Summe Erzeugung	204,7	219,4	231,9	248,1	242,9

Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland“

Qualitative Darstellung des Energieflusses im UBA THGN D 2050 Szenario^{I,II}



I Inklusive des Bedarfs an regenerativen Einsatzstoffen für die chemische Industrie.
 II Die Darstellungen der Energieströme sind proportional zu den notwendigen Energieströmen.
 III einschließlich Leitungsverluste, der Verluste aus der Methan-Rückverstromung und der Verluste der Biomassennutzung und Strombereitstellung)

Quelle: Umweltbundesamt, 2013



**Basis: rund 3.000 TWh
 Nettostromerzeugung**

Tabelle B-14: Gesamter Endenergieverbrauch im UBA THGN D 2050 – Szenario

	Strom in TWh	regeneratives Methan in TWh	flüssige regenerative Kraftstoffe in TWh
private Haushalte	104,7	44,5	0
GHD	90,3	62,4	18,6
Industrie ^{LXXXIX, XC}	179,7	198,8	0
Verkehr	91,1	0	533,3
Summe energetisch	465,8	305,7	551,9
		1323,4	
Industrie stofflich		282	
Summe energetisch und stofflich		1605,4	

6. Die Langfristperspektive: Power to X (PtX)

Langfristigperspektive Power to Heat

IN VERBINDUNG MIT KONSEQUENTER ENERGIEEINSPARUNG WIRD ES EINE UMSTELLUNG AUF EINE STROMBASIERTE WÄRMEVERSORGUNG SOWOHL ZUR RAUM- UND INSBESONDERE ZUR PROZESSWÄRMEVERSORGUNG GEBEN.

DIREKTELEKTRISCH

- **Prozesswärmeversorgung in der Industrie - Umstellung der Verfahrenstechnik**
 - ✓ Stahlindustrie (keine Primärstahlerzeugung mehr über Hochofen-Oxygenstahl-Route stattdessen Elektrostahlerzeugung mittels Schrott und Schwammeisen)
 - ✓ Glasindustrie
 - ✓ Gießereiindustrie
 - ✓ Nahrungsmittelindustrie
- Flexibilisierung in Wärmenetzen
- Flexibilisierung in KWK-Systemen

INDIREKT – WÄRMEPUMPEN

- in Niedertemperaturanwendungen (z.B. Gebäuden)
- in Wärmenetzen

Langfristigperspektive Power to Gas - Wasserstoff

**WASSERSTOFF WIRD BISHER NUR IM GERINGEN UMFANG ALS
ENDENERGIETRÄGER GENUTZT, ABER ROHSTOFF U.A. IN RAFFINERIEN**

WASSERSTOFF

- Vorteile gegenüber Methan und fl. Brennstoffen
 - geringere Umwandlungsverluste, benötigt kein CO₂
- Nachteil – geringe Energiedichte
- benötigt neue Infrastruktur

EINSATZ VON WASSERSTOFF ALS ENERGIETRÄGER TECHNISCH MACHBAR:

- tlw. Wärmeanwendungen
- Chemische Industrie
- Möglich Seeverkehr - Kurzstrecke
- möglich für Lkw – Langstecken
- möglich zur Speicherung

AUSGANGSTOFF FÜR REG. METHAN UND REG. FLÜSSIGE ENERGIETRÄGER

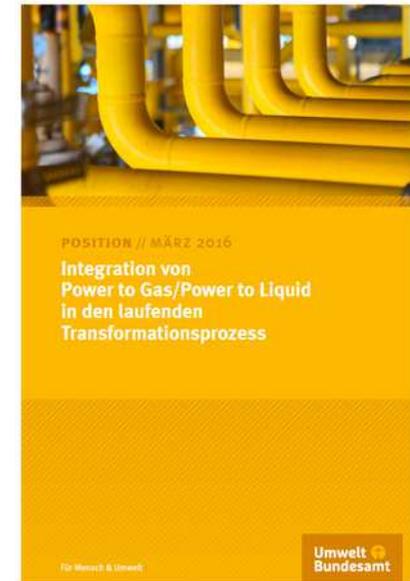
Langfristigperspektive Power to Gas - Methan

- **REGENERATIVES METHAN KANN FOSSILES GAS VOLLSTÄNDIG ERSETZEN**
- **BESTEHENDE INFRASTRUKTUR KÖNNEN OHNE TECHNISCHE EINSCHRÄNKUNGEN GENUTZT WERDEN**
- **LANGFRISTIG IN FOLGENDEN ANWENDUNGSBEREICHEN BENÖTIGT:**
 - Prozesswärmeversorgung insbesondere dort, wo eine C-Quelle benötigt wird
 - Chemische Industrie
 - mögliche Speicherung – Stabilisierung der Stromversorgung
 - Denkbar auch im Verkehr

Langfristigperspektive Power to Liquid

- **BEREITSTELLUNG FLÜSSIGER KRAFTSTOFFE MITHILFE VON REGENERATIVEM STROM, WASSER UND CO/CO₂ DURCH KATALYTISCHE SYNTHESPROZESSE**
 - z.B.: Methanol, Kerosin, Diesel, Benzin, Wachse
- **DIE NUTZUNG VON THGN ENERGIETRÄGERN IST NEBEN VERMEIDUNG, VERLAGERUNG UND EFFIZIENZVERBESSERUNG EIN SCHLÜSSELBAUSTEIN FÜR DIE VERKEHRSWENDE**
- **PTL-KRAFTSTOFFE KÖNNEN MIT HEUTIGEN TECHNIKEN GENUTZT WERDEN**
- **FÜR EINIGE VERKEHRSTRÄGER GIBT ES KAUM ALTERNATIVEN**
 - Insbesondere für den Luft- und Seeverkehr
- **REGENERATIVE FLÜSSIGE ENERGIETRÄGER WERDEN AUCH IN DER INDUSTRIE BENÖTIGT**

Integration von Power to X aus heutiger Sicht



regenerative Bereitstellung			fossile Einsparung			Substitutions- verhältnis	Kosten
Input	Technik	bereitgestellte End-/Nutzenergie	Technik	Input (rund)			
1 kWh reg. Strom	PtH Wärmepumpe	3,3 kWh Wärme	3,3 kWh Wärme	Brennwertkessel (105%)	3,14 kWh Erdgas	3,14	mittel
1 kWh reg. Strom	PtH direktelektrisch	0,95 kWh Wärme	0,95 kWh Wärme	Brennwertkessel (105%)	0,91 kWh Erdgas	0,91	niedrig
1 kWh reg. Strom	PtG – H2 stofflich	0,74 kWh Wasserstoff	0,74 kWh Wasserstoff	Dampfforming (85,2%)	0,87 kWh Erdgas	0,87	hoch
1 kWh reg. Strom	PtG – CH4	0,58 kWh Methan	0,58 kWh Methan		0,58 kWh Erdgas	0,58	Sehr hoch
1 kWh reg. Strom	PtL	0,5 kWh fl. Kraftstoff	0,5 kWh fl. Kraftstoff		0,5 kWh fl. Kraftstoff	0,5	Sehr hoch

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

uwe.leprich@uba.de

Abteilung I 2 Klimaschutz und Energie

www.uba.de/themen/klima-energie

