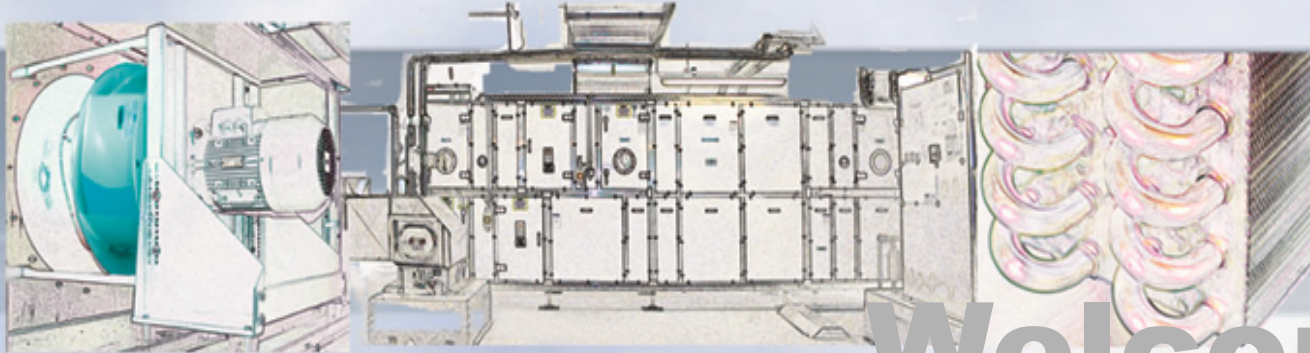


Willkommen



Welcome

Bienvenue

Die Bedeutung der Energieeffizienz und der Gebäudetechnik im Kontext der Energiewende

Prof. Dr.-Ing. Dr. Christoph Kaup
c.kaup@umwelt-campus.de



Umwelt-Campus
Birkenfeld

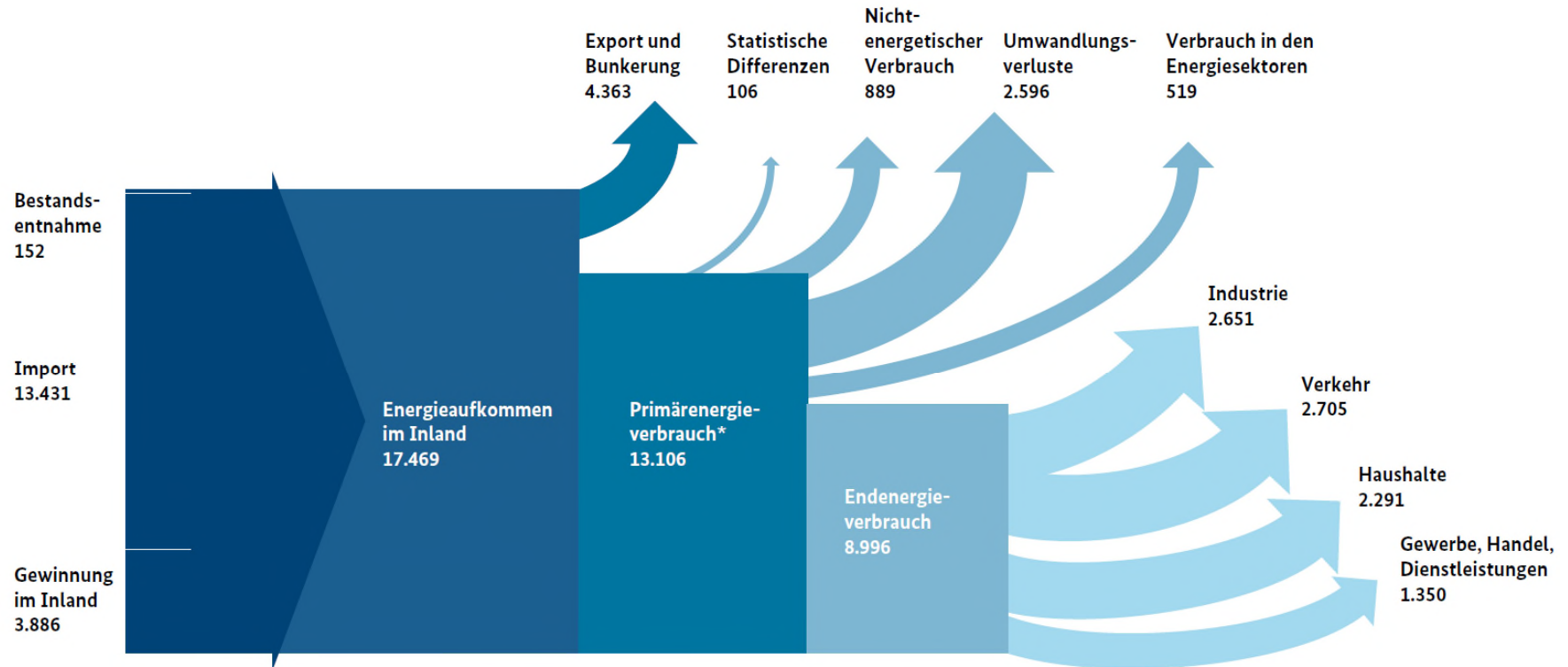
H O C H
S C H U L E
T R I E R

Handelsblatt den 10.10.2014

Der **Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)** wirft der **Bundesregierung** vor, sich bei der **Energiewende zu stark auf die Stromerzeugung zu konzentrieren** und die **Energieeffizienz im Gebäudesektor zu vernachlässigen**. "Es ist unverständlich, warum die Bundesregierung kein **abgestimmtes und schlüssiges Gesamtkonzept zur Energieeffizienz** vorlegt, welches alle relevanten Sektoren gleichermaßen berücksichtigt", heißt es in einem Eckpunktepapier des BDI.

Die **klimapolitischen Herausforderungen** könnten nur mit **tragfähigen Konzepten im Gebäudesektor bewältigt werden**, heißt es demnach in dem Papier weiter.

Energieflussbild 2018* für die Bundesrepublik Deutschland in Petajoule (PJ)



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

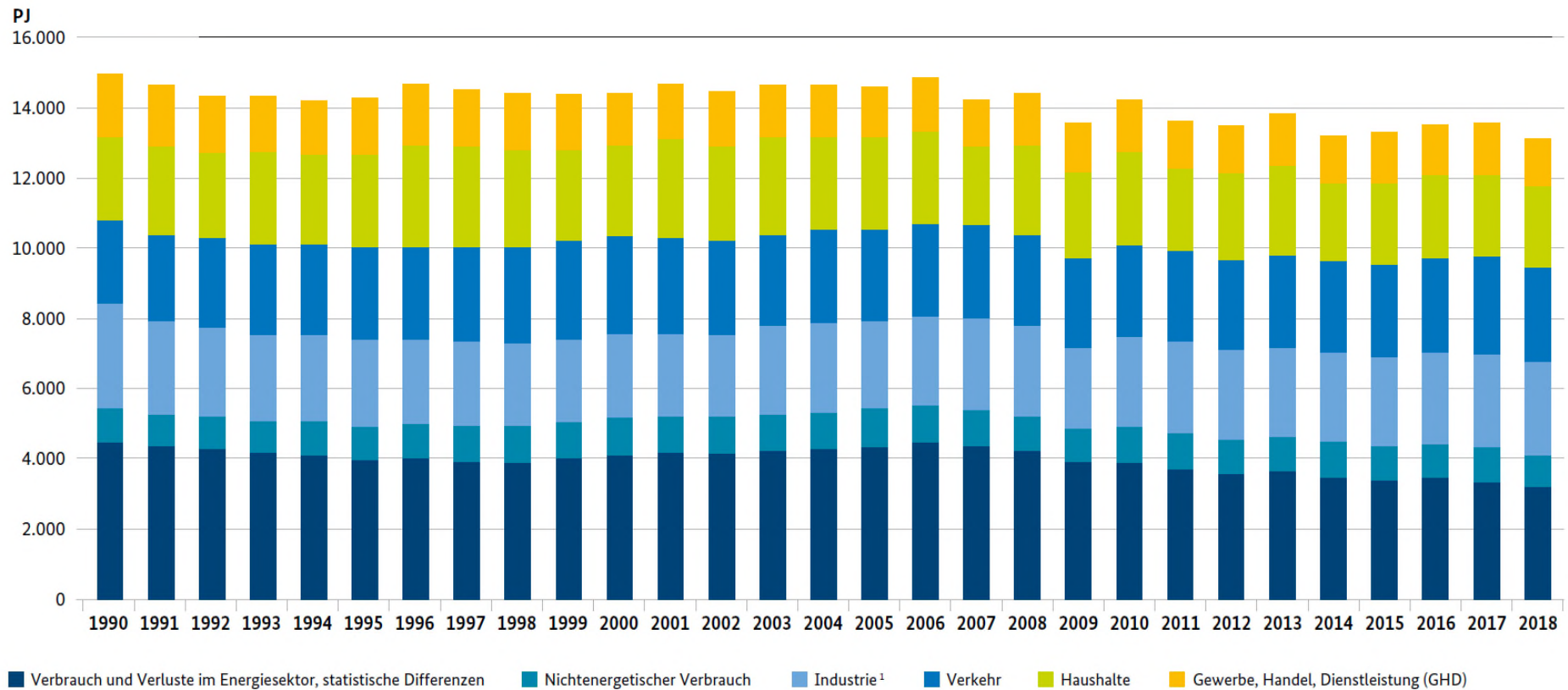
* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt

29,308 Petajoule (PJ) $\approx$ 1 Mio. t SKE

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) 09/2019

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 10/2019

Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland

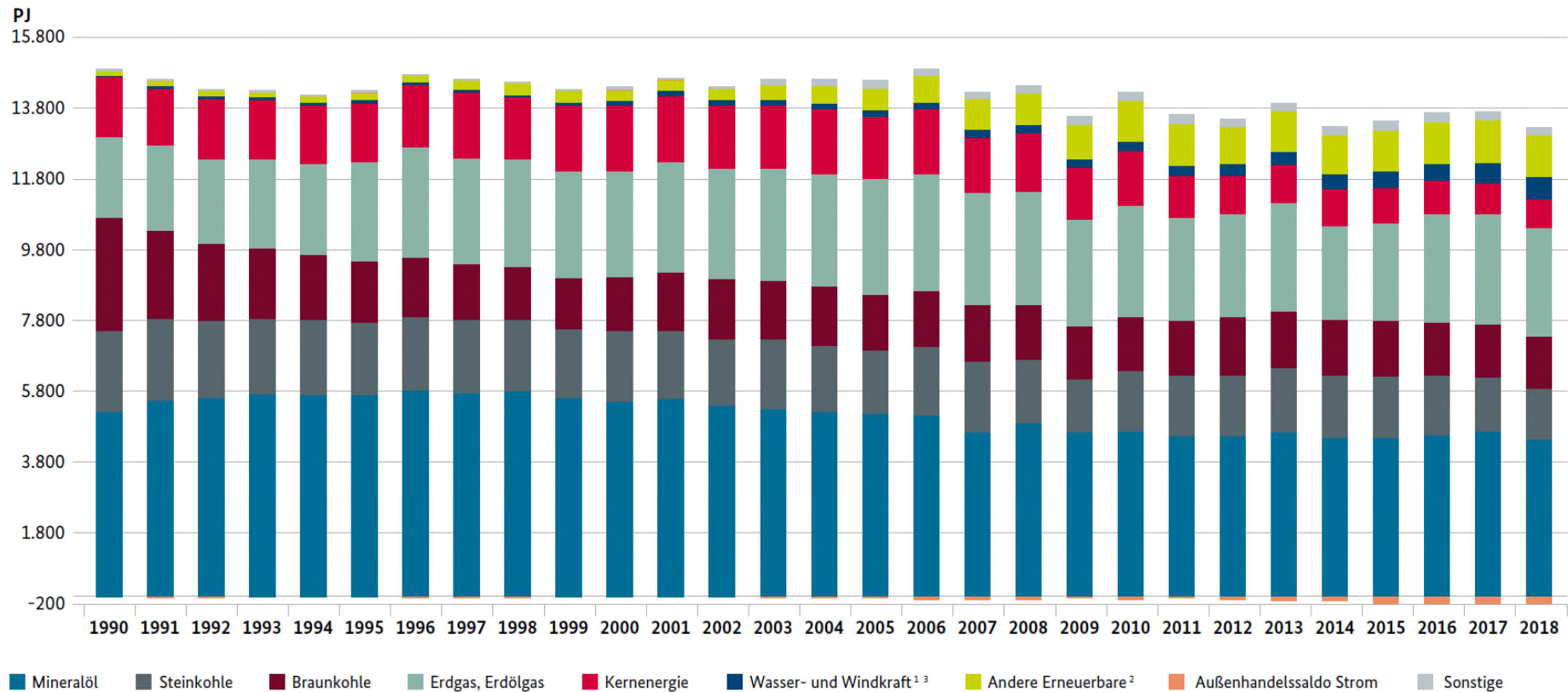


1 Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 01/2018

Primärenergieverbrauch in Deutschland

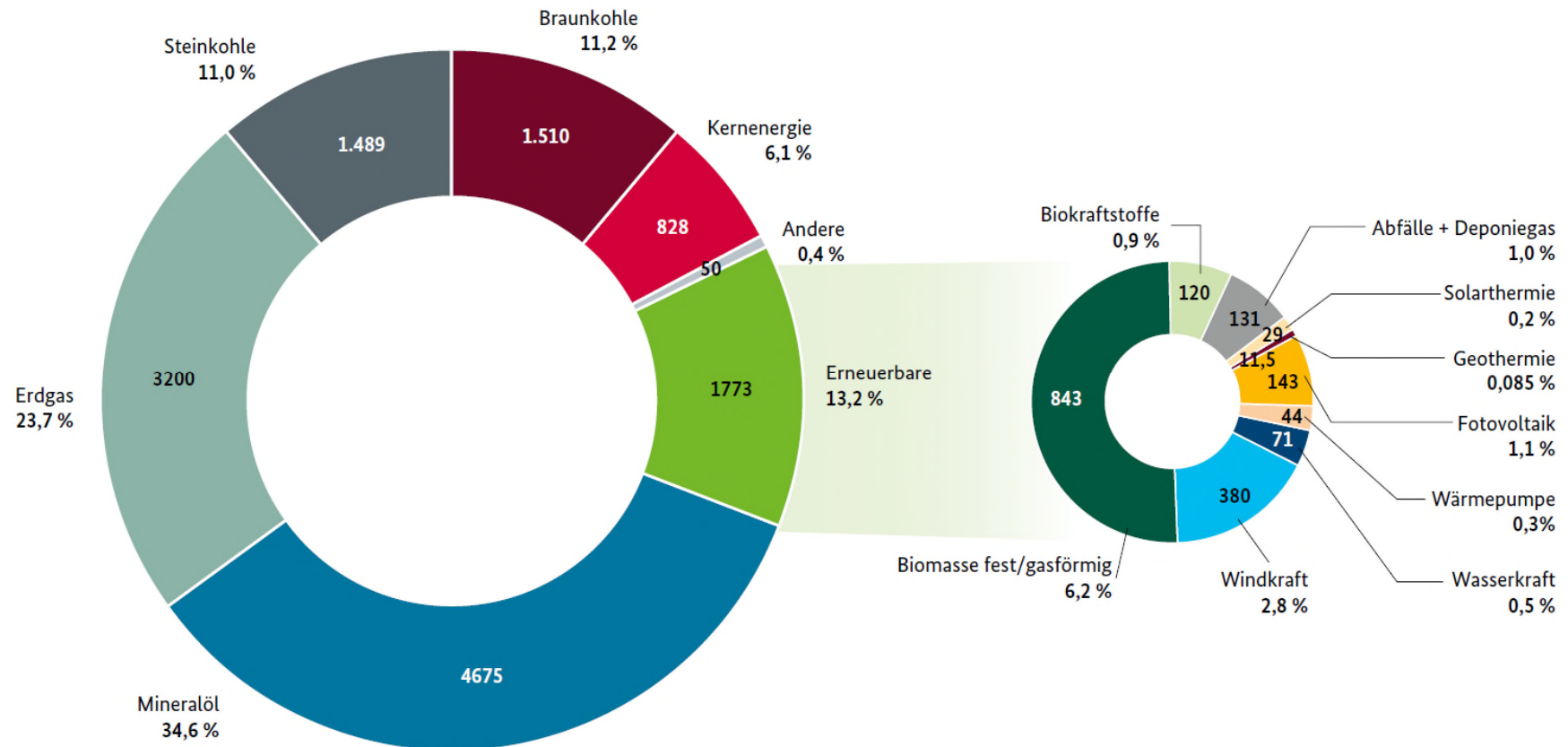


1 Windkraft ab 1995 2 U. a. Brennholz, Brenntorf, Klärgas, Müll 3 Inkl. Fotovoltaik

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 01/2018

Primärenergieverbrauch in Deutschland 2017 (13.525 PJ*)

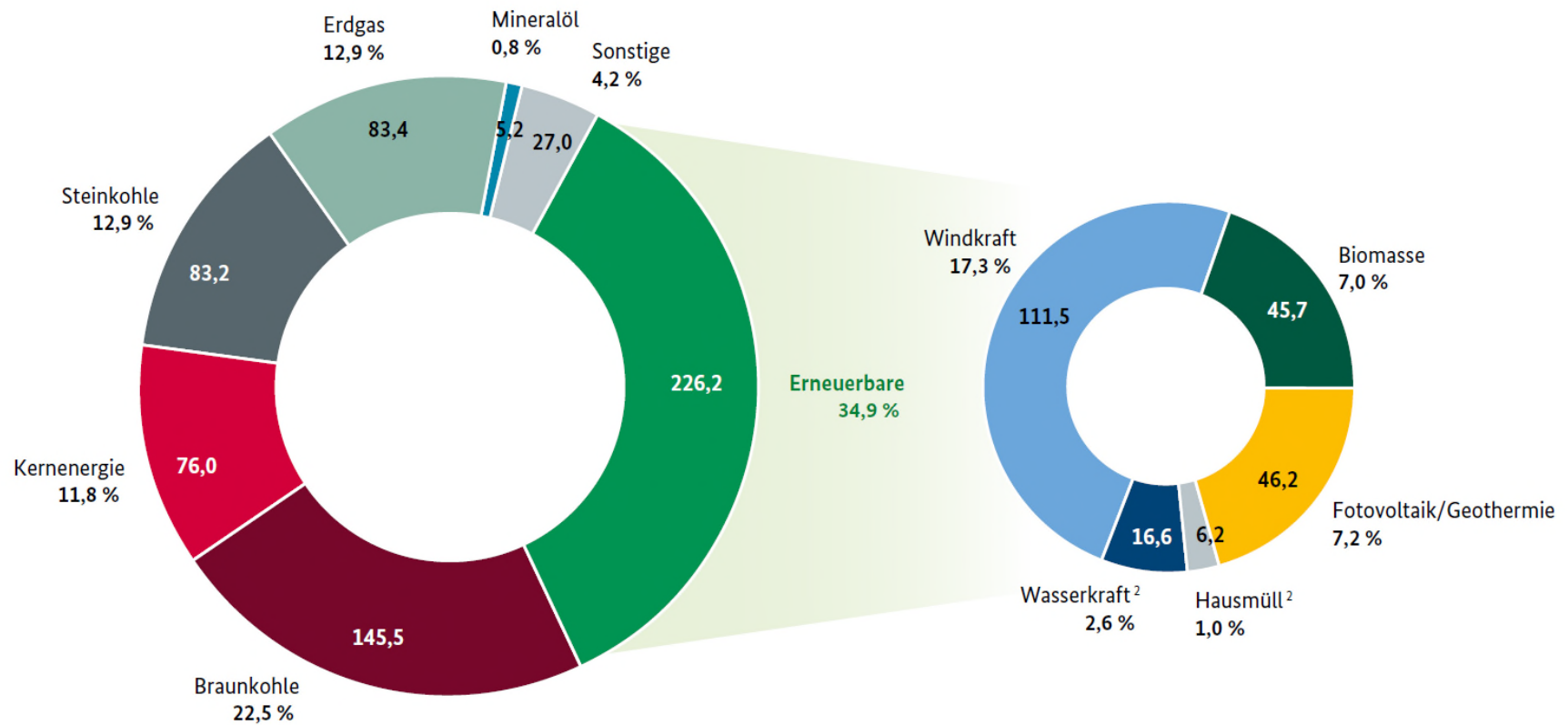


* Vorläufig

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 01/2018

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2018¹: insgesamt 647 TWh



1 Vorläufig

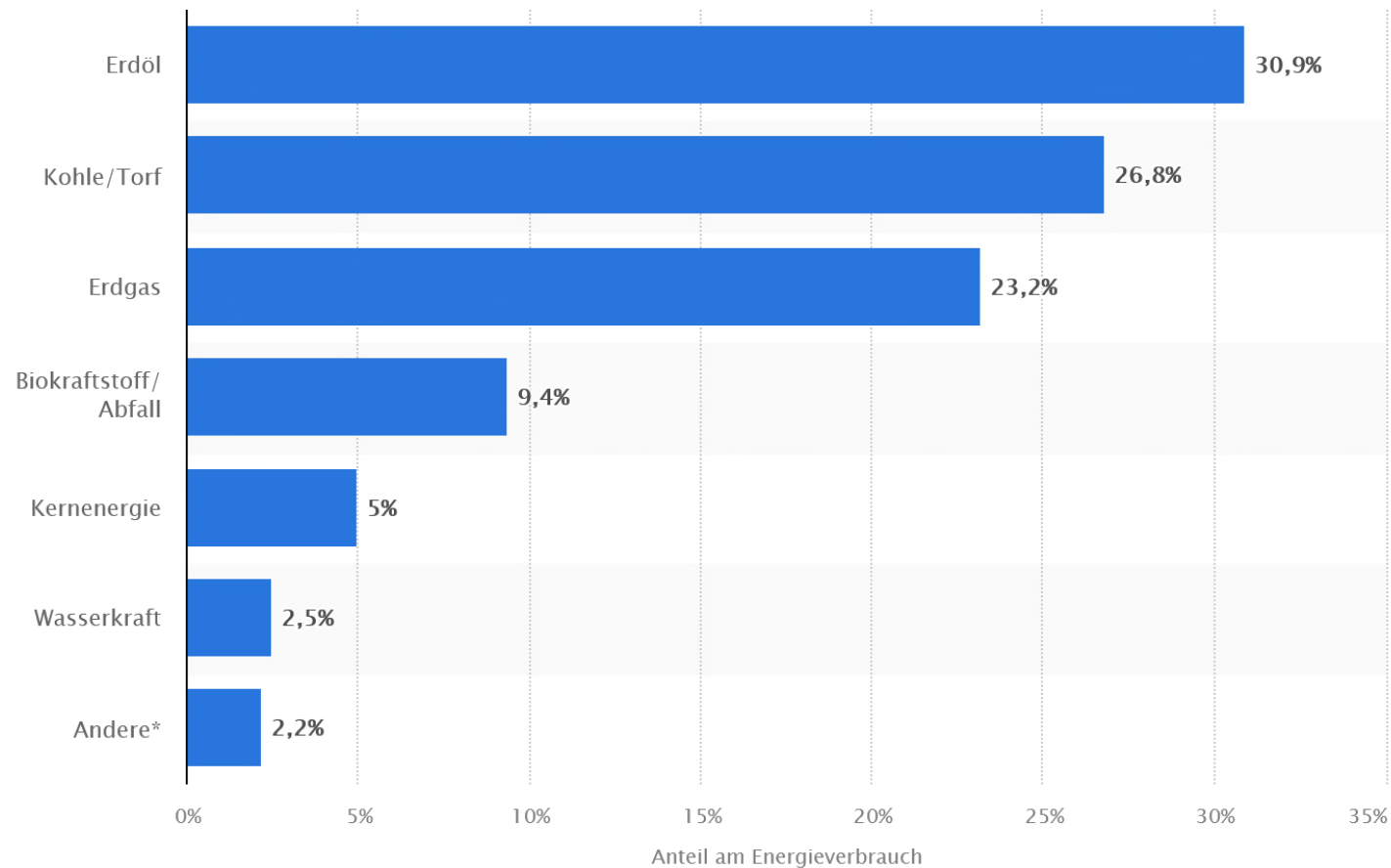
2 Regenerativer Anteil

Geothermie aufgrund der geringen Menge in Fotovoltaik

Quelle: AG Energiebilanzen, Stand März 2019

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 10/2019

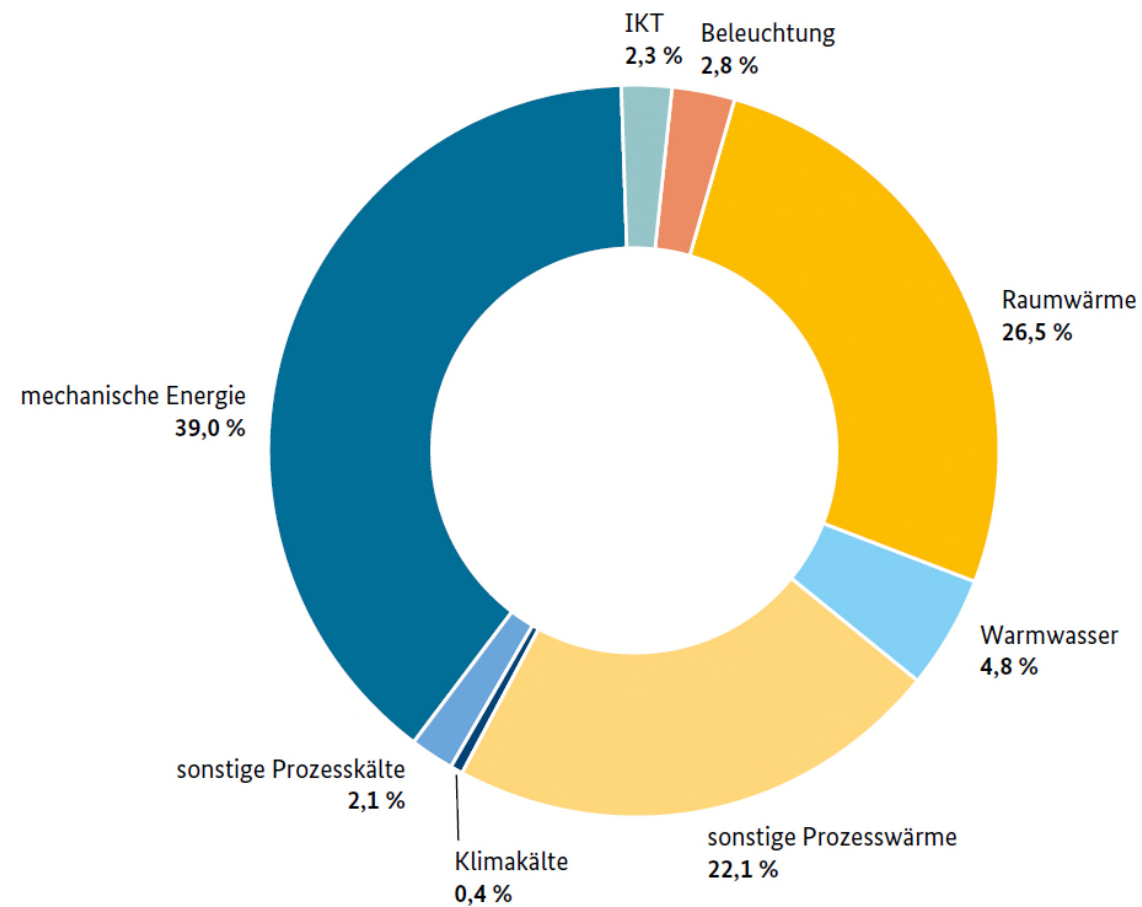
Energiemix weltweit



© Statista 2021 

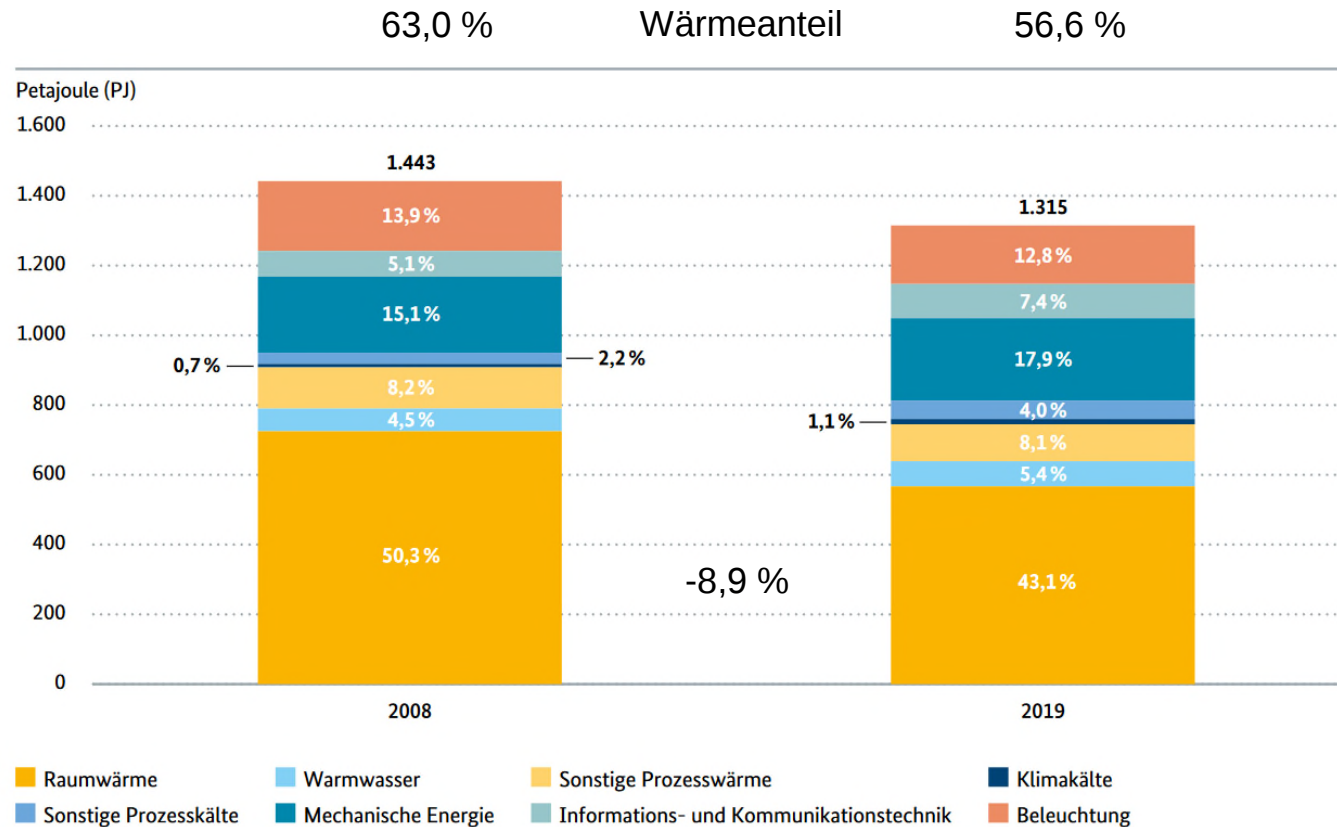
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167998/umfrage/weltweiter-energiemix-nach-energetraeger/#professional>

Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen in Deutschland 2017 (insgesamt 9.329 PJ)



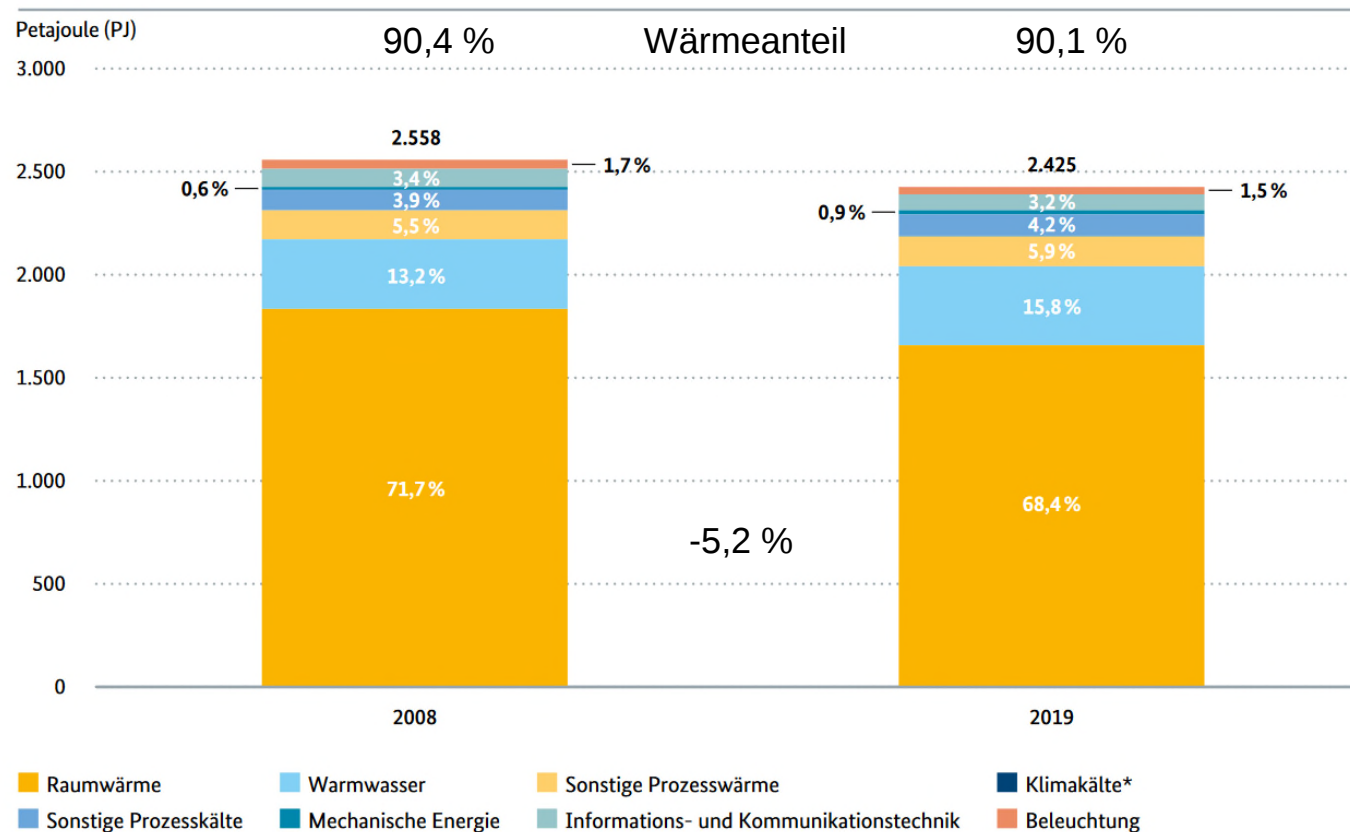
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 06/2021



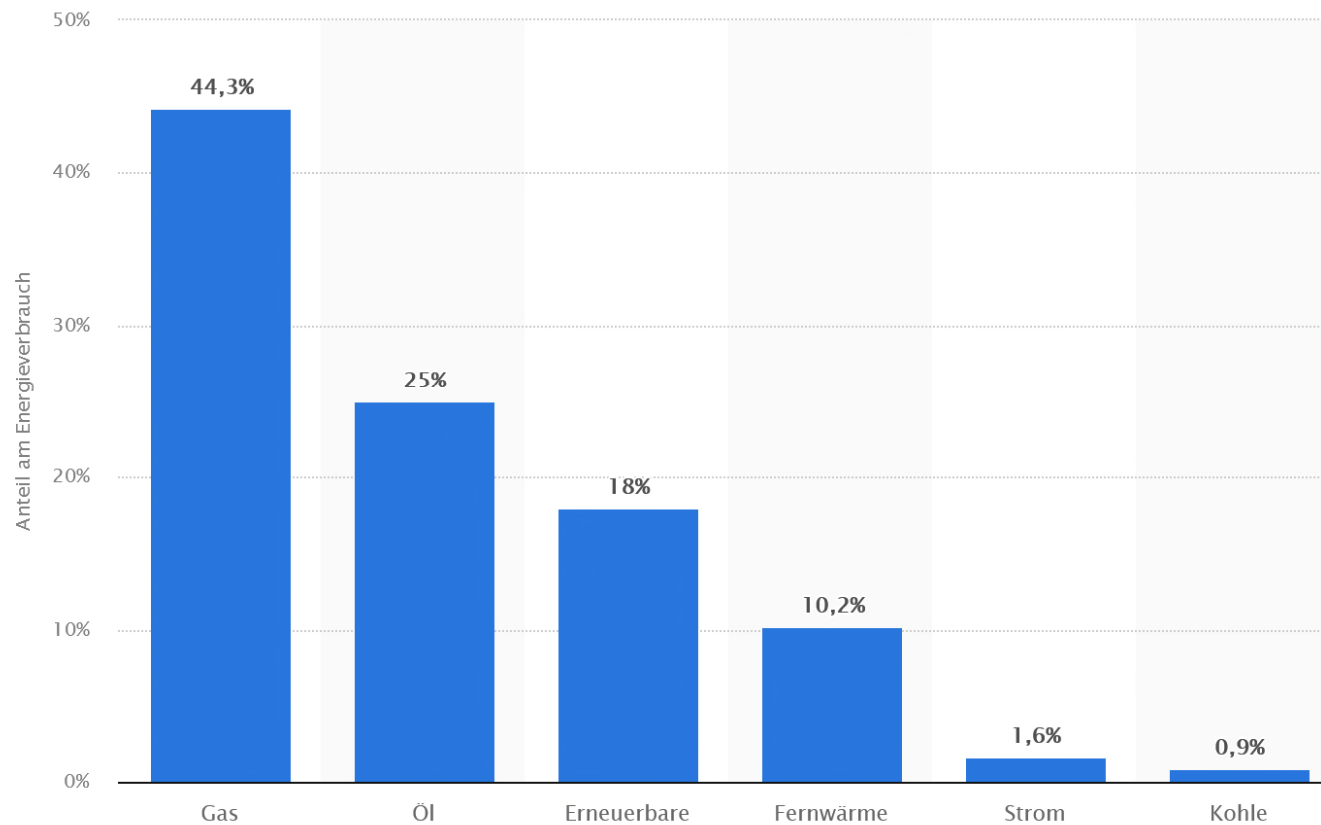
Anteile Endenergiebedarf der Gewerbe; Handel und Dienstleistung

Quelle: Eigene Darstellung UBA auf Basis AGEb, Anwendungsbilanzen, Stand 06/2021



Anteile Endenergiebedarf der privaten Haushalte 2008 und 2019

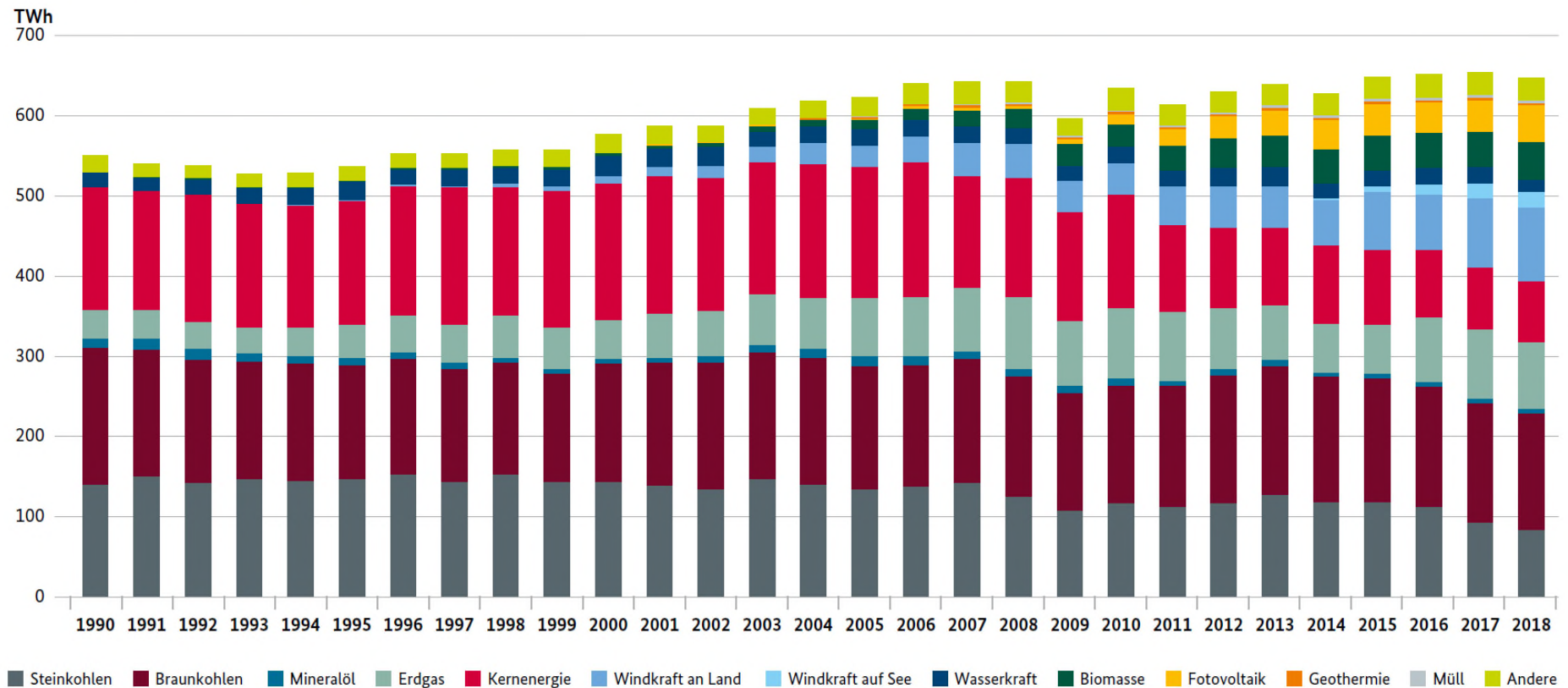
Energieträger im Jahr 2019



© Statista 2021 

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/250403/umfrage/raumwaermebereitstellung-nach-energietraeger-in-deutschen-haushalten/>

Bruttostromerzeugung in Deutschland

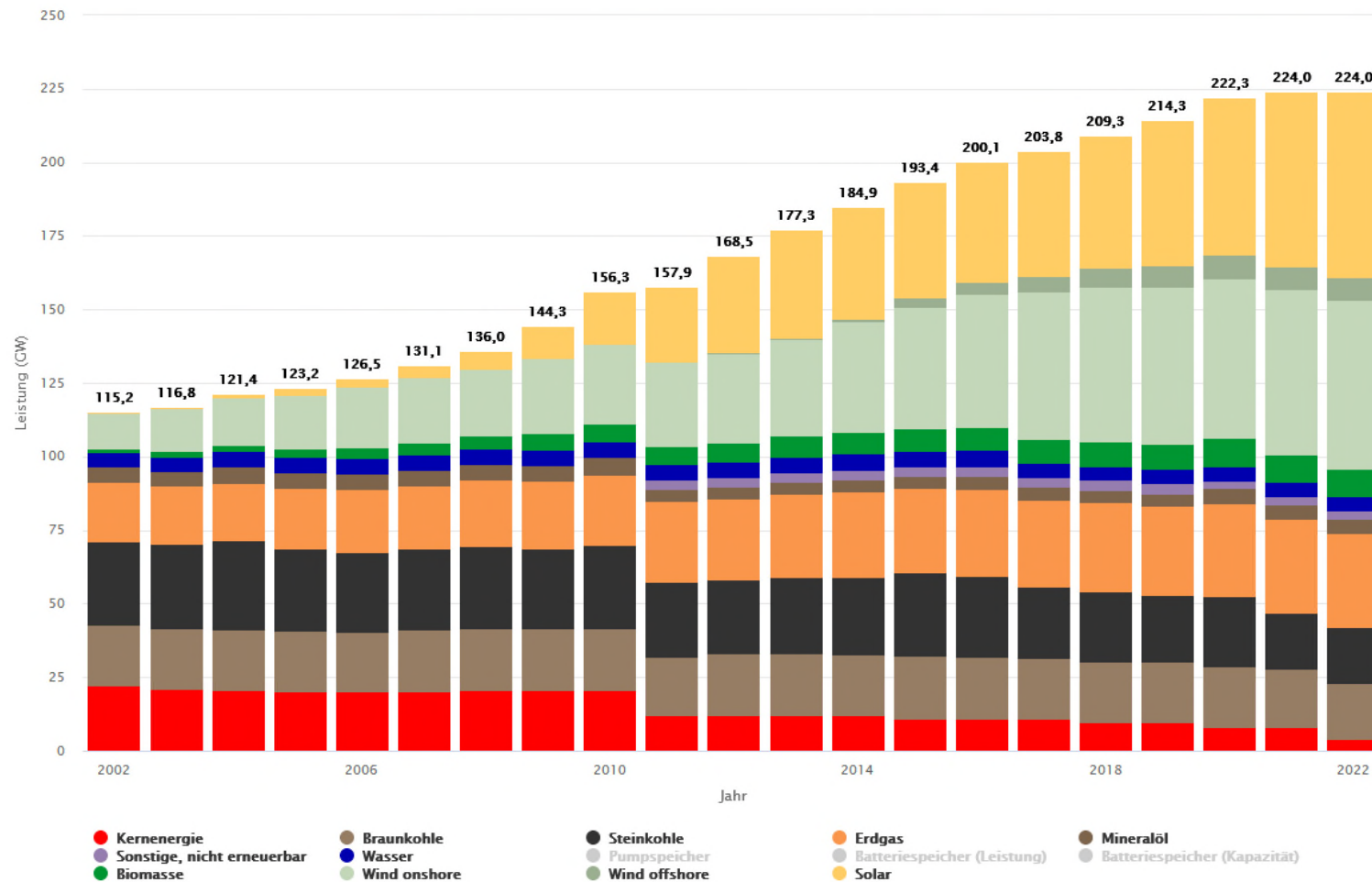


Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 10/2019

Stromerzeugung in Deutschland

Installierte Netto-Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland



Energy-Charts.info - letztes Update: 31.08.2022, 16:15 MESZ

www.energy-charts.info

	Wirkungsgrad	Einsatzbereich	Potential *
 Pumpspeicher	80 %	kurz/mittel	~ 60 GWh
 Druckluftspeicher	70 %	kurz/mittel	>> 100 GWh
 Elektro-chemische Speicher	80 %	kurz/mittel	>> 100 GWh
 Chemische Speicher	35 %	kurz/mittel/lang	> 100 TWh
* Mittel- bis langfristig Quelle: Dena, SRU, BMWi			

Speicherung von Strom / Strom in Gas umwandeln

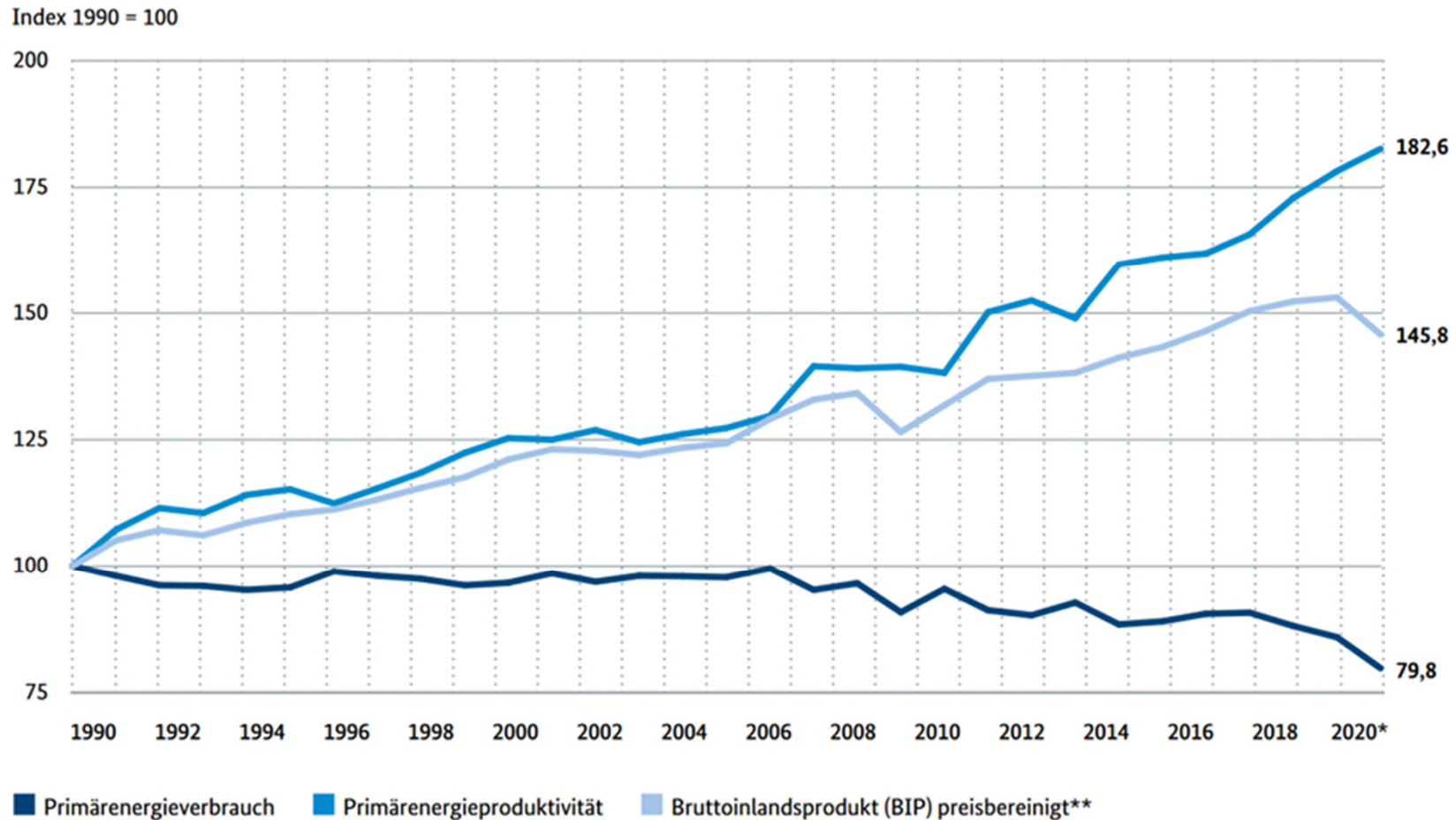
Mit Hilfe der Systemlösung **Power to Gas** kann Strom aus erneuerbaren Energien in **Wasserstoff** oder **synthetisches Erdgas** umgewandelt und im Erdgasnetz gespeichert werden. Eine Möglichkeit, um große Mengen Strom aus erneuerbaren Energien langfristig zu speichern.

Redoxreaktion Wasserelektrolyse		
$2 \text{H}_2\text{O (l)}$	$\rightarrow 2 \text{H}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)}$	$\Delta H_{\text{R}}^0 = + 572 \text{ kJ/mol}$

Methanisierungsreaktion		
$3 \text{H}_2 + \text{CO}$	$\rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O (g)}$	$\Delta H_{\text{R}}^0 = - 206 \text{ kJ/mol}$
$4 \text{H}_2 + \text{CO}_2$	$\rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O (g)}$	$\Delta H_{\text{R}}^0 = - 165 \text{ kJ/mol}$

Die Umwandlung von Strom in synthetisches Erdgas erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird **Wasserstoff** mittels **Elektrolyse** erzeugt, anschließend folgt die **Methanisierung**.

Entwicklung in Deutschland

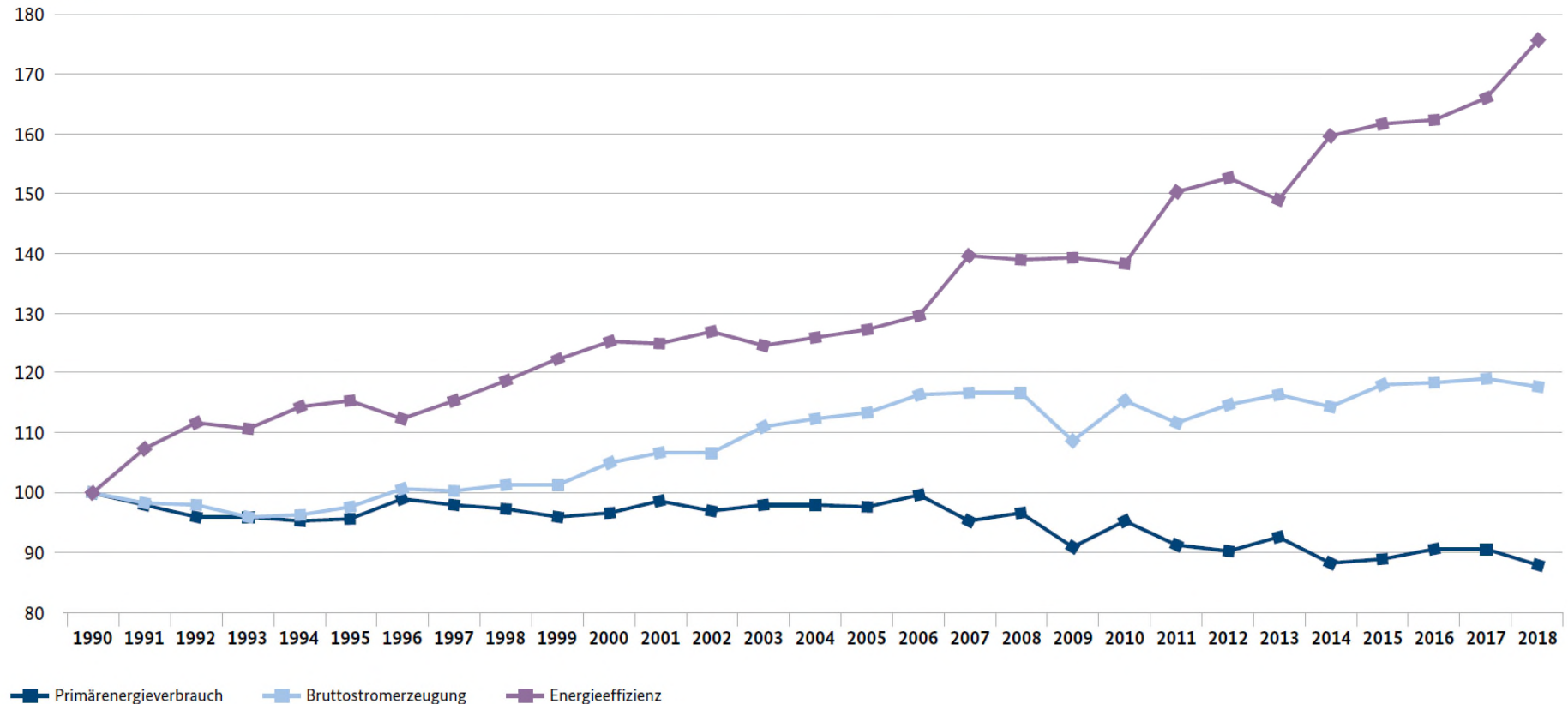


* vorläufige Angaben ** in Preisen von 2015, verkettet

Quelle: Berechnung UBA auf Basis AGEb, Energiebilanzen, Stand 02/2021, Auswertungstabellen, Stand 06/2021; Destatis, Fachserie 18, Reihe 1.5, Stand 06/2021

Entwicklung von Primärenergieverbrauch, Stromerzeugung und Energieeffizienz

Index 1990 = 100

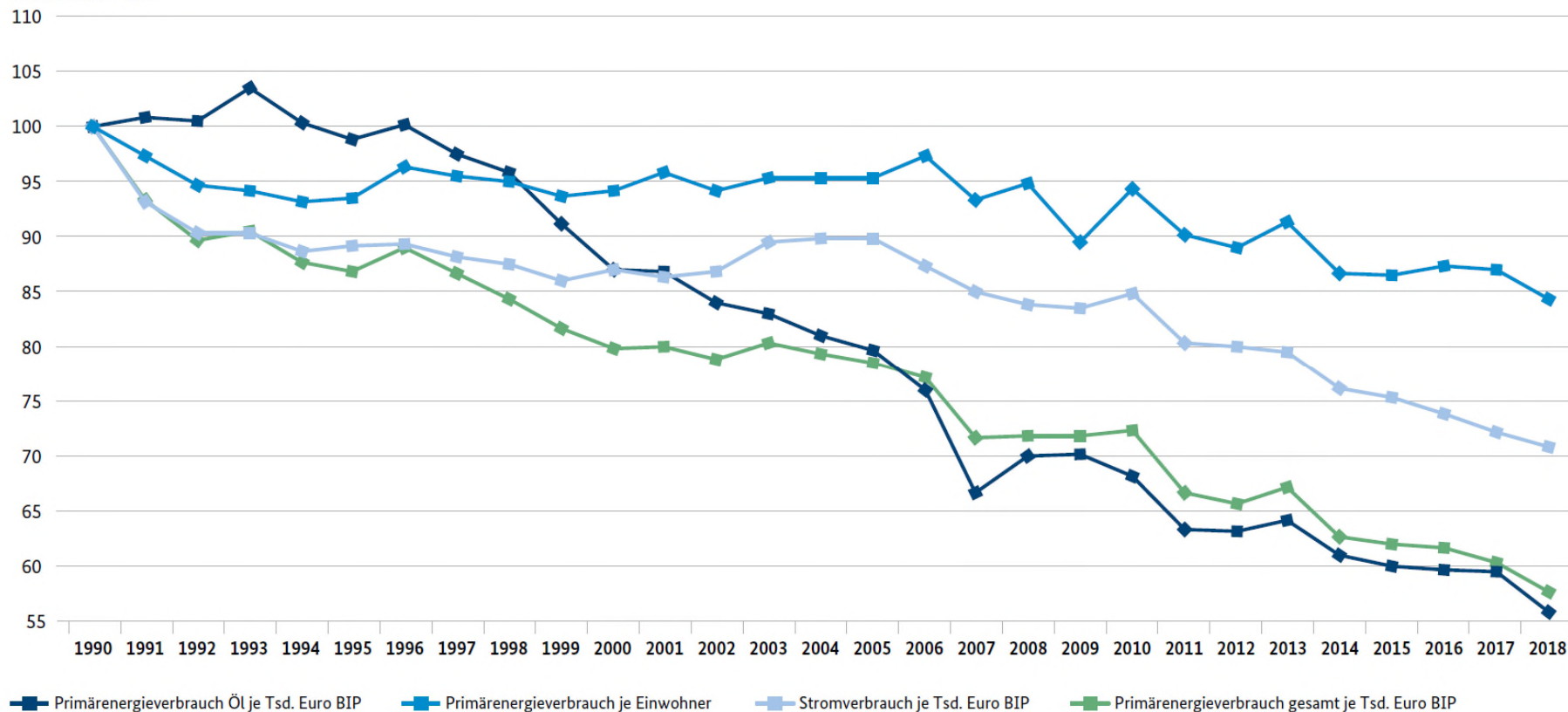


Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Statistisches Bundesamt (StBa)

Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 10/2019

Entwicklung der Energieintensität

Index 1990 = 100



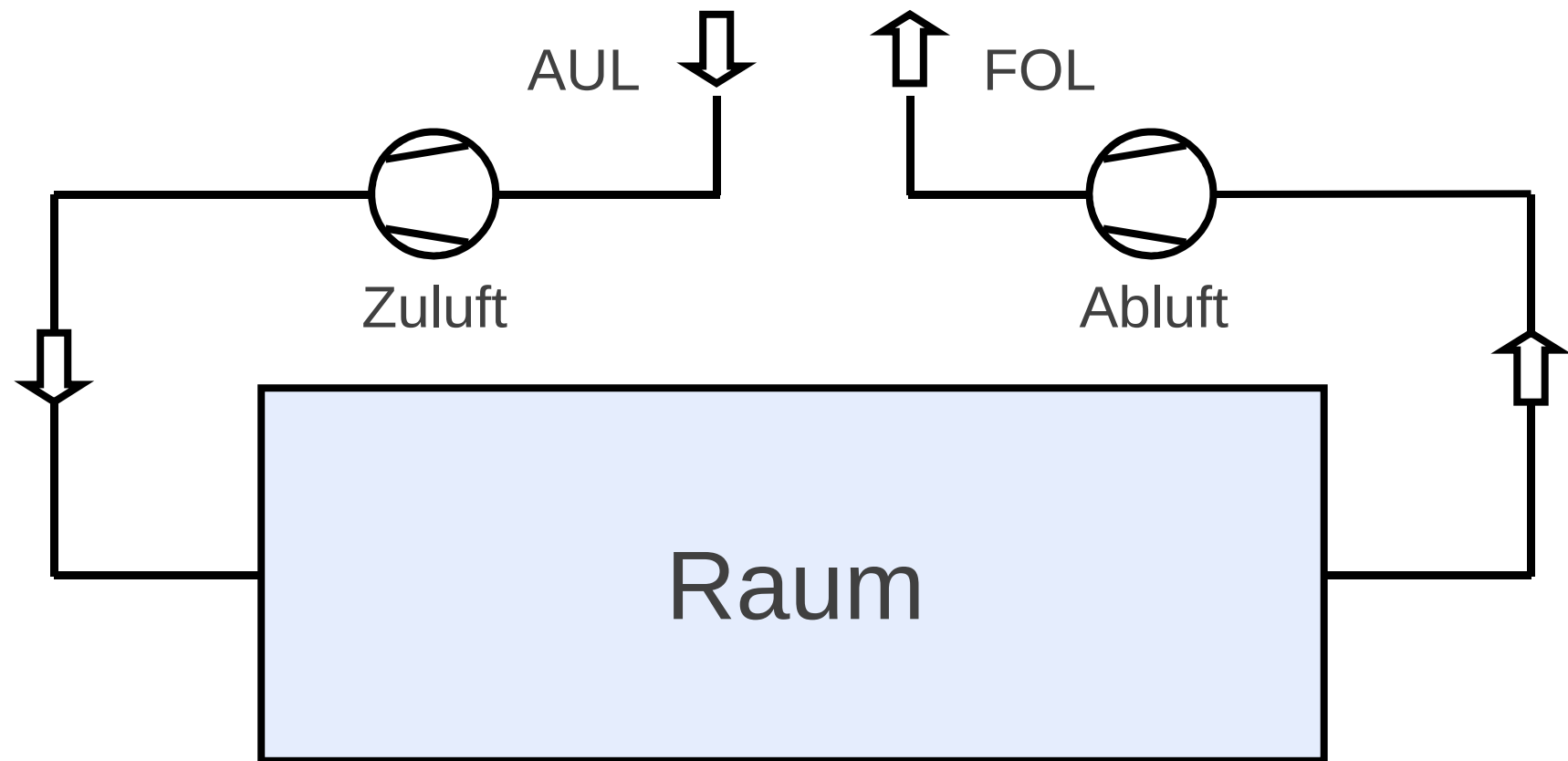
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Statistisches Bundesamt (StBa)

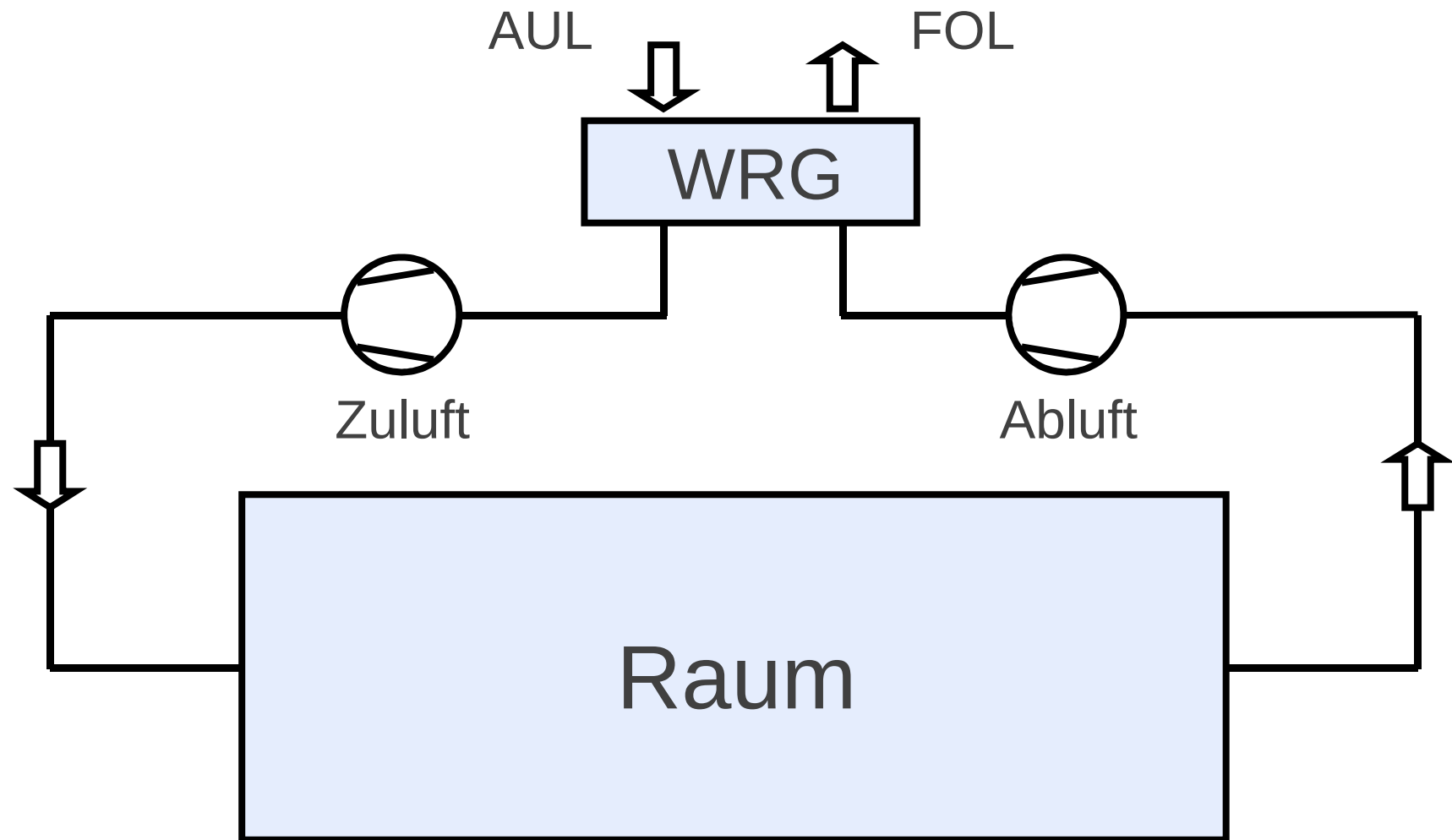
Energiedaten und –szenarien, Publikation: Gesamtausgabe der Grafiken zu Energiedaten, BMWi, 10/2019

Transmissionswärme
(Dämmen der **Gebäudehülle**)

Lüftungswärme (35 bis 38 %)
(Dichten der **Gebäudehülle**)







Wärmerückgewinnung ist ein Sammelbegriff für Verfahren der Wärmeübertragung zur **Wiedernutzbarmachung von thermischer Energie** in einem **Prozess mit mindestens zwei Massenströmen**, die unterschiedliche Temperaturniveaus besitzen.

Ziel der Wärmerückgewinnung ist die **Minimierung des Primärenergiebedarfs**, der zur Temperierung von Außenluft auf eine gewünschte Zulufttemperatur benötigt wird.

Wärmerückgewinnung ist damit die **Nutzung der Enthalpie** eines Fortluft- oder Außenluftstromes (Wärme oder Kälte), bei der die zurückgewonnene Wärme entweder dem **Ursprungsprozess** (Lufttemperierung) oder einem **anderen Prozess** zugeführt wird (**mehrfachfunktionale Nutzung**).

Somit kann die WRG aus energetischer Sicht einerseits als **Effizienzmaßnahme**, andererseits auch als **regenerative Energiequelle** eingeordnet werden, da die **Abwärme** durch den Wärmeübertragungsprozess **zur Nutzwärme regeneriert** wird. WRG ist damit ein **regenerativer Prozess**.

Da bei der Abwärmenutzung durch Wärmerückgewinnung der Anfall der **Abwärme zeitgleich mit dem Bedarf an Wärme** zusammenfällt, ist Wärmerückgewinnung auch eine **nachhaltig zur Verfügung stehende Energieressource**, die immer dann zur Verfügung steht, wenn auch der Bedarf an Wärme benötigt wird. Es besteht also **keine Zeitverschiebung zwischen Angebot und Nachfrage**.

Nutzen der WRG

Temperatur

Übertragungsgrad

$$\eta_t = \frac{t_{ZUL} - t_{AUL}}{t_{ABL} - t_{AUL}} = \frac{\dot{Q}_{WRG}}{\dot{Q}_{Pot.}}$$

Massenstromverhältnis 1:1

$$\Phi = \Phi_{1:1} \cdot (\dot{m}_1 / \dot{m}_2)^{0,4} \quad \text{mit } 0,8 < (\dot{m}_1 / \dot{m}_2) < 1,25$$

„trocken“ Umrechnung nach Kaup

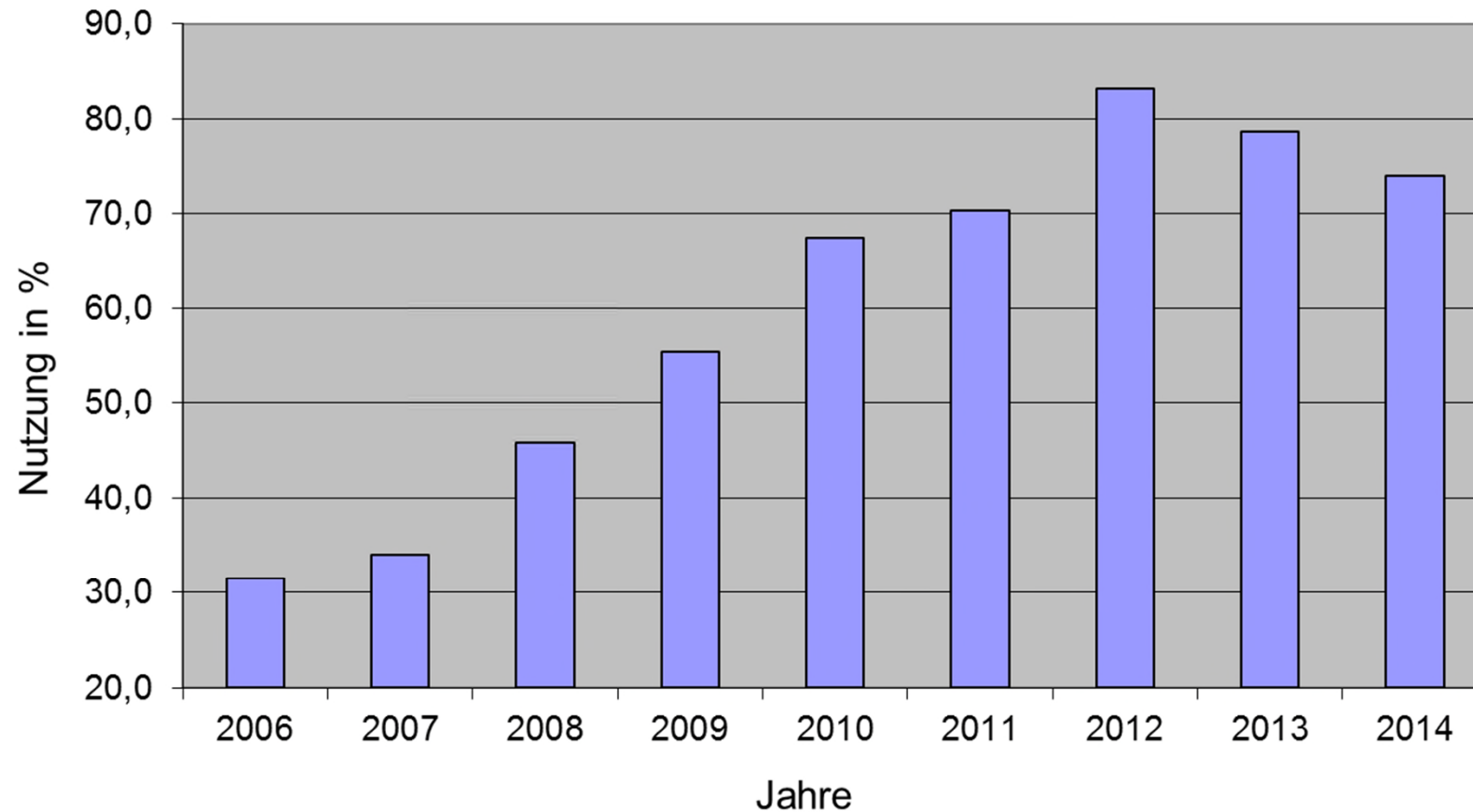
DIN EN 13053



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

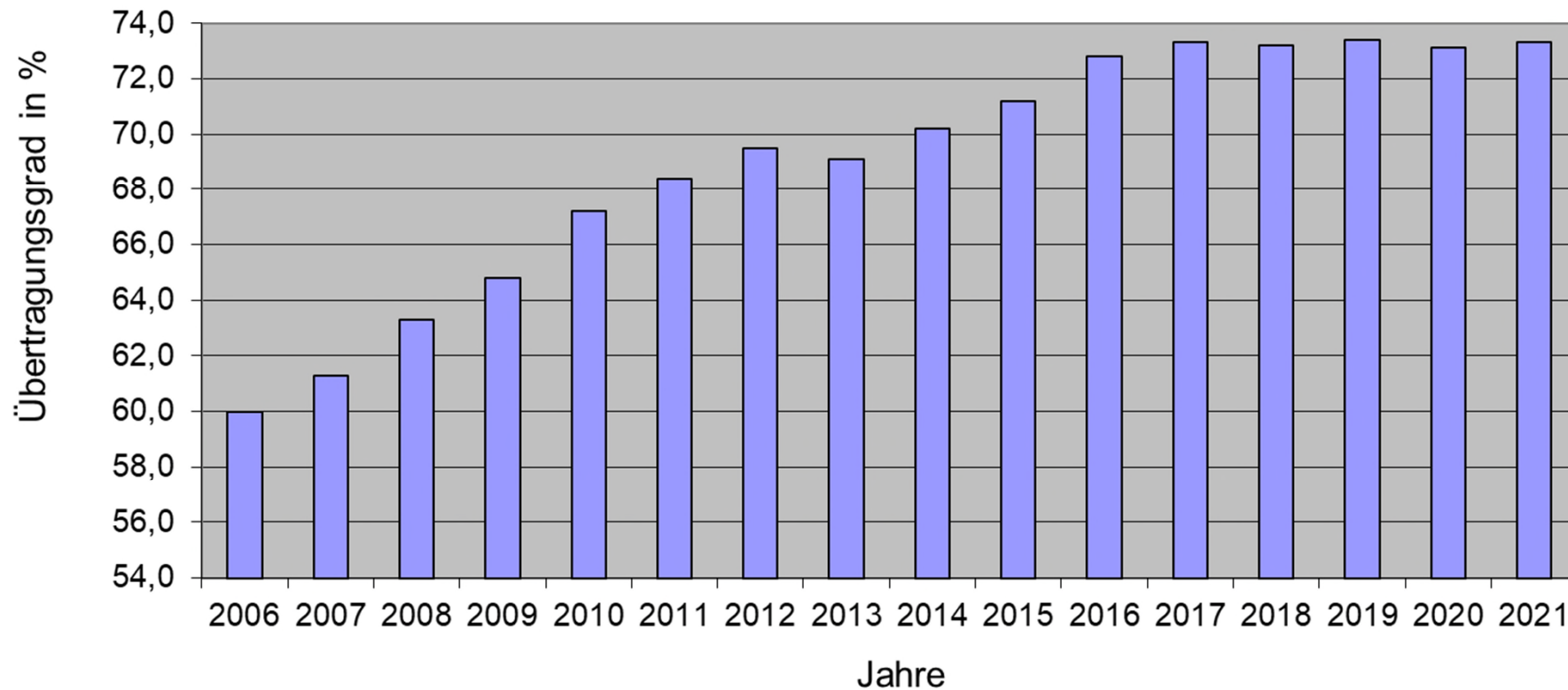
WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für



Entwicklung der Verwendung von WRG-Systemen (mögliche Geräte)

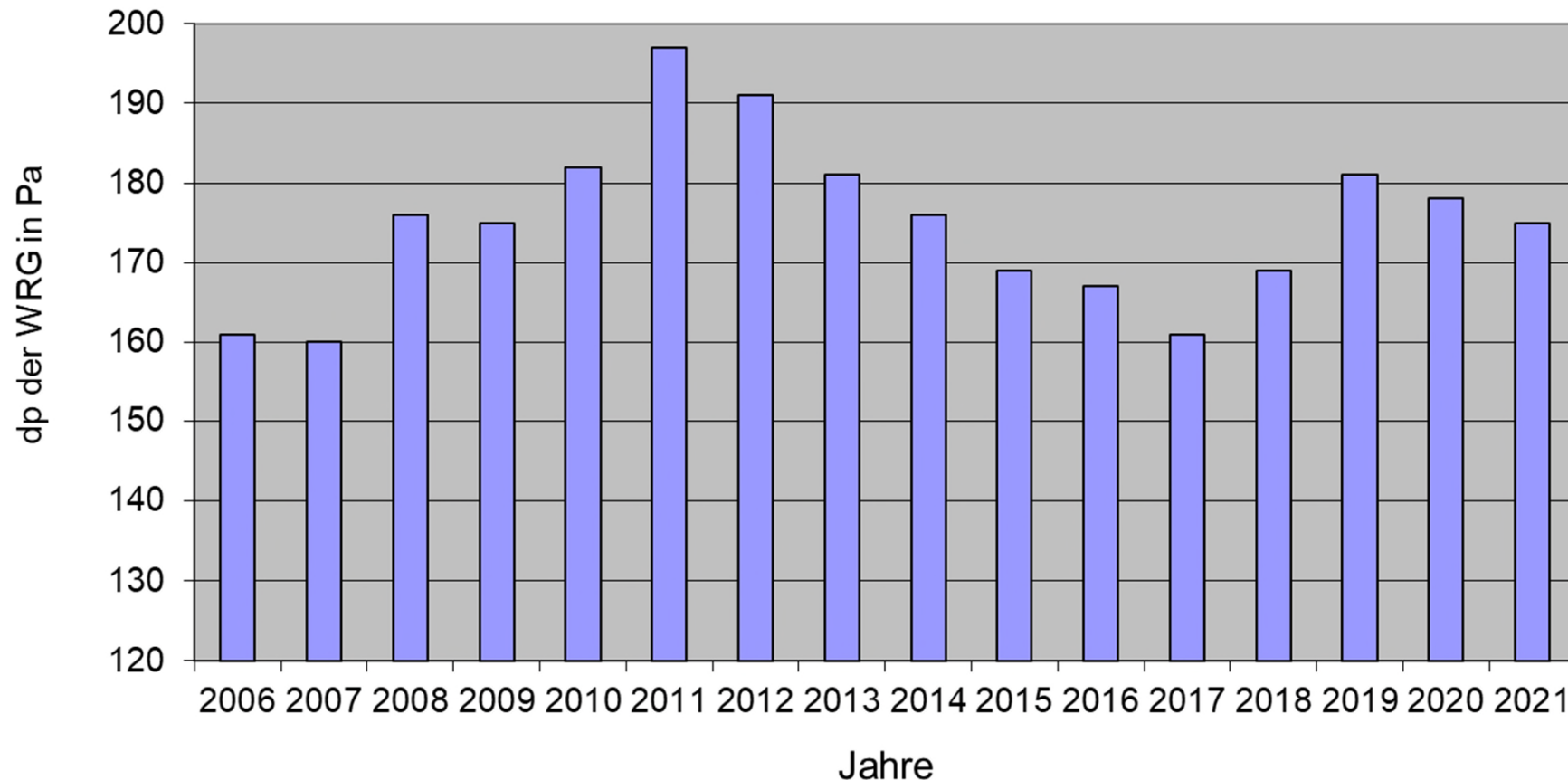
UCB-Studie 2022 für



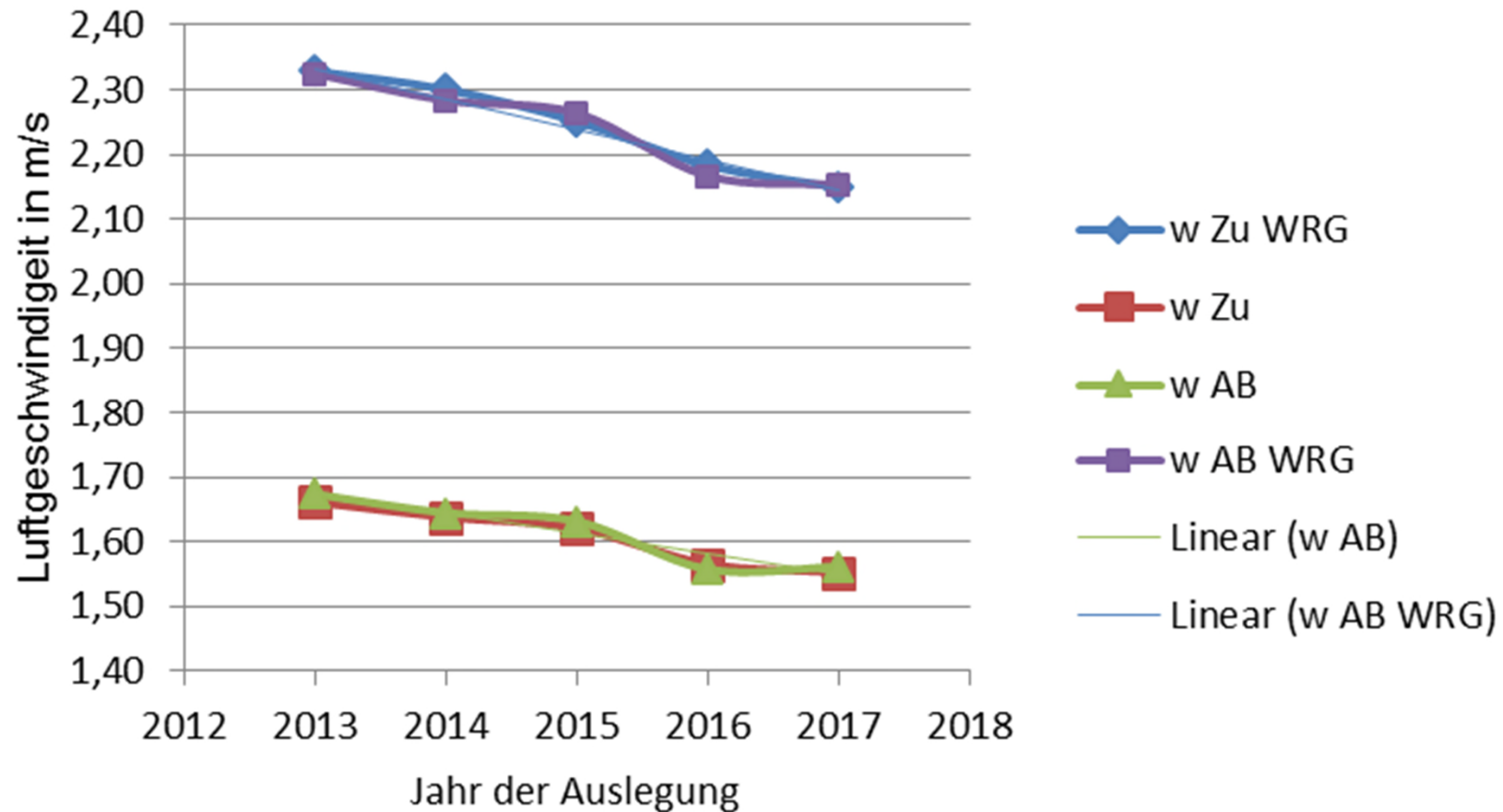
Entwicklung des Temperaturübertragungsgrades von WRG-Systemen

WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2022 für



Entwicklung des Differenzdrücke von WRG-Systemen



Luftgeschwindigkeiten (Gerät und WRG)

WRG in NWG in Deutschland



Jahr	Geräte	WRG- Nutzung	Φ WRG	ΔP WRG	V ZUL	Anteil RLT	V _D ZUL
	Anzahl	%	%	Pa	m ³ /h	% Markt	Mio. m ³ /h/a
Basis 12 Jahre	25.000	27,5	57,0	165	14.000	70,5	467,7
1993 bis 2005 (Mittelwerte abgeschätzt)							
2006	31.857	31,5	60,0	161	13.426	70,5	571,5
2007	30.952	34,0	61,3	160	14.834	70,5	613,5
2008	31.424	45,8	63,3	176	15.667	70,5	657,8
2009	25.295	55,4	64,8	175	15.127	70,5	511,3
2010	26.846	67,4	67,2	182	13.332	70,5	478,2
2011	29.567	70,4	68,4	197	14.028	75,0	520,9
2012	27.885	83,2	69,5	191	13.073	70,0	490,6
2013	22.793	78,6	69,1	181	14.422	75,0	412,9
2014	22.686	73,9	70,2	176	14.796	70,0	448,5

Marktdaten für im Inland (D) verkaufte RLT-Geräte

WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2022 für



Jahr	Geräte	WRG- Nutzung	Φ WRG	ΔP WRG	V ZUL	Anteil RLT	V _D ZUL
	Anzahl	%	%	Pa	m³/h	% Markt	Mio. m³/h/a
2015	16.023	78,6	71,2	169	14.580	71,8	306,4
2016	21.020	78,6	72,8	167	15.217	71,8	419,5
2017	21.605	78,6	73,3	161	15.304	71,8	433,6
2018	24.397	78,6	73,2	169	15.906	71,8	508,9
2019	24.430	78,6	73,4	181	16.051	71,8	514,2
2020	25.671	78,6	73,1	178	13.285	71,8	447,2
2021	25.952	78,6	73,3	175	16.668	71,8	574,1

Marktdaten für im Inland (D) verkaufte RLT-Geräte



- Unter Berücksichtigung von **80,8 % kombinierter Zu- und Abluftgeräte** und von **13,3, % reiner Zuluftgeräte**
- Der Wärmebedarf im 24-h-Dauerbetrieb (8.760 h/a) der Anlagen liegt bei 31,33 kWh/(m³/h)/a. Damit bei durchschnittliche **Laufzeit** der Anlagen mit **2.350 h/a** folgt ein **Wärmebedarf von 8,4 kWh/(m³/h)/a**
- **Multiplikationsfaktor von 13,4 (20 Jahre Lebensdauer** mit 2 % abgezinst und 2 % Änderungsrate)
- **Sanierungsquote von 6,4 %** (Standardabweichung 2,5 %) ermittelt durch Expertenbefragung (n = 10) in 2014 (Nennungen 3 bis 10 %)
- **Primärenergiefaktoren 2,6 für Strom**, sowie **1,1 für Öl oder Gas**
- Basis **CO₂Einsparung von 303 t CO₂/GWh**
(Mittelwert aus 340 t/GWh **Heizöl** und 265 t/GWh **Erdgas**)

WRG in NWG in Deutschland



Jahr	Bedarf Wärme GWh/a	Nutzen WRG GWh/a	Aufwand WRG _{el} GWh/a	Nutzen WRG _{sum.} GWh/a	Aufwand WRG _{el sum.} GWh/a	Netto WRG GWh/a
1993 bis 2005	3.653	573	34,6	7.445	449	7.021
2006	4.801	907	48,4	8.294	495	7.837
2007	5.153	1.074	51,4	9.299	543	8.818
2008	5.526	1.602	79,5	10.799	617	10.274
2009	4.295	1.542	69,3	12.242	682	11.693
2010	4.017	1.820	93,3	13.945	769	13.339
2011	4.376	2.107	124,2	15.917	886	15.206
2012	4.121	2.383	130,7	18.147	1.008	17.342
2013	3.468	1.884	102,9	19.338	1.070	18.491
2014	3.767	1.956	94,4	20.595	1.123	19.734

Wärmebedarf und WRG (NWG) in Deutschland

WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2022 für

Jahr	Bedarf Wärme	Nutzen WRG	Aufwand WRG _{el}	Nutzen WRG _{sum.}	Aufwand WRG _{el sum.}	Netto WRG
2015	2.573	1.440	66,1	21.370	1.151	21.436
2016	3.523	2.016	88,4	22.684	1.199	22.795
2017	3.642	2.098	90,2	24.075	1.249	24.235
2018	4.275	2.459	111,6	24.086	1.319	26.011
2019	4.319	2.491	120,5	25.804	1.397	27.805
2020	3.757	2.158	103,2	27.563	1.459	29.285
2021	4.822	2.778	130,0	31.038	1.546	31.358

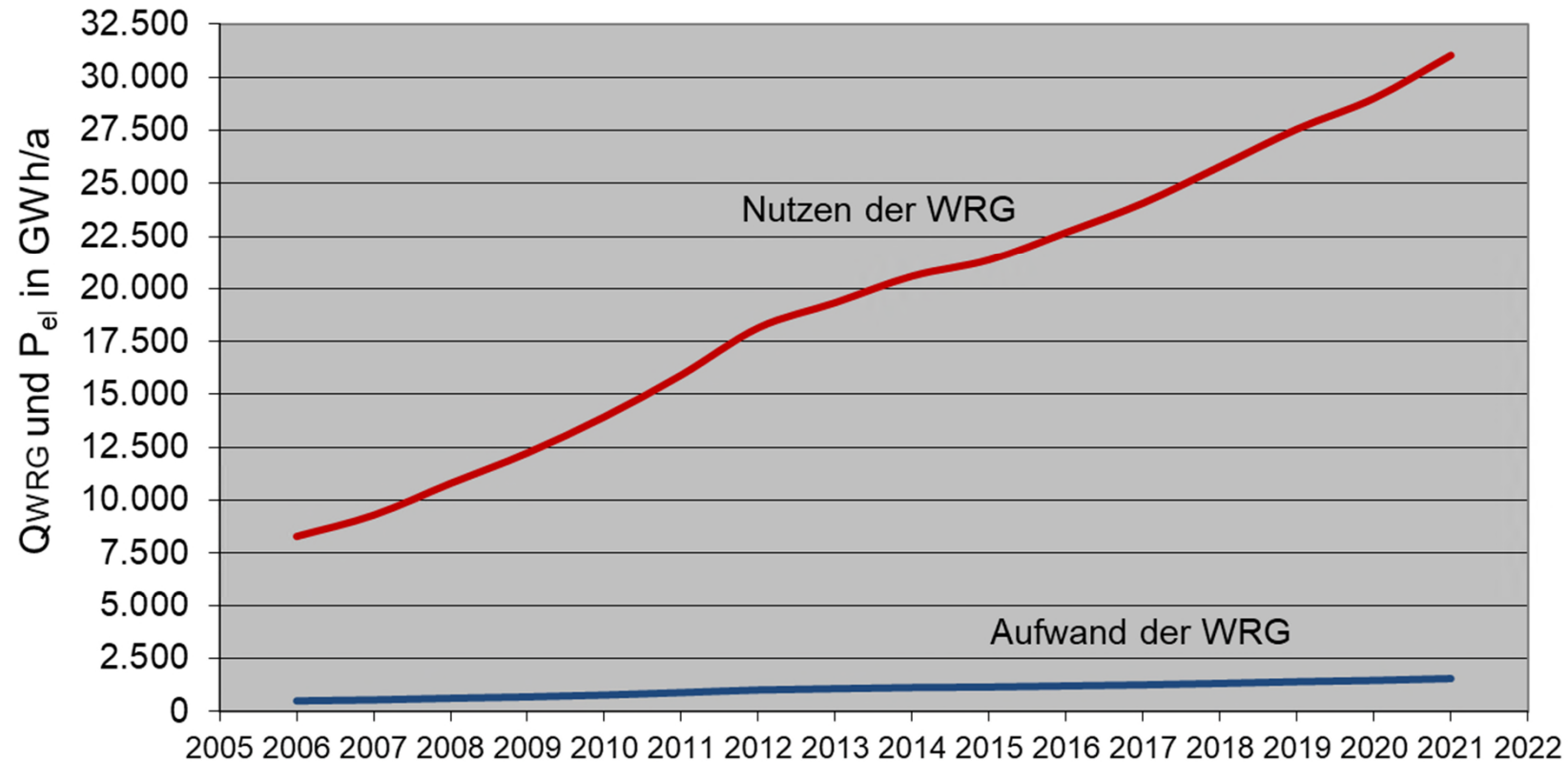
Wärmebedarf und WRG (NWG) in Deutschland

WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2022 für



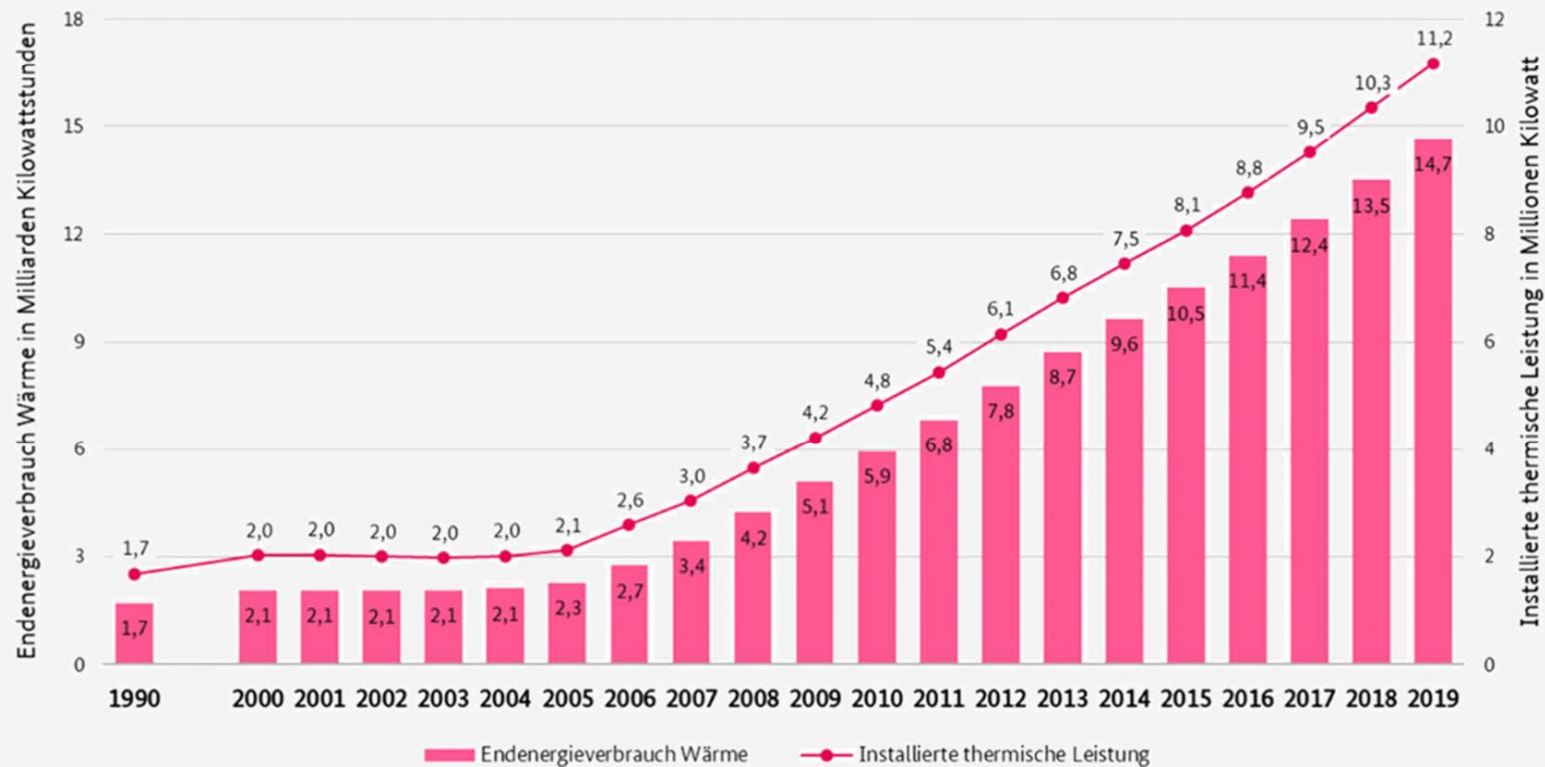
Fachverband
Gebäude-Klima e.V.



Nutzen und Aufwand der Wärmerückgewinnung als Energiemengen

Leistung und Wärmebereitstellung von Wärmepumpen

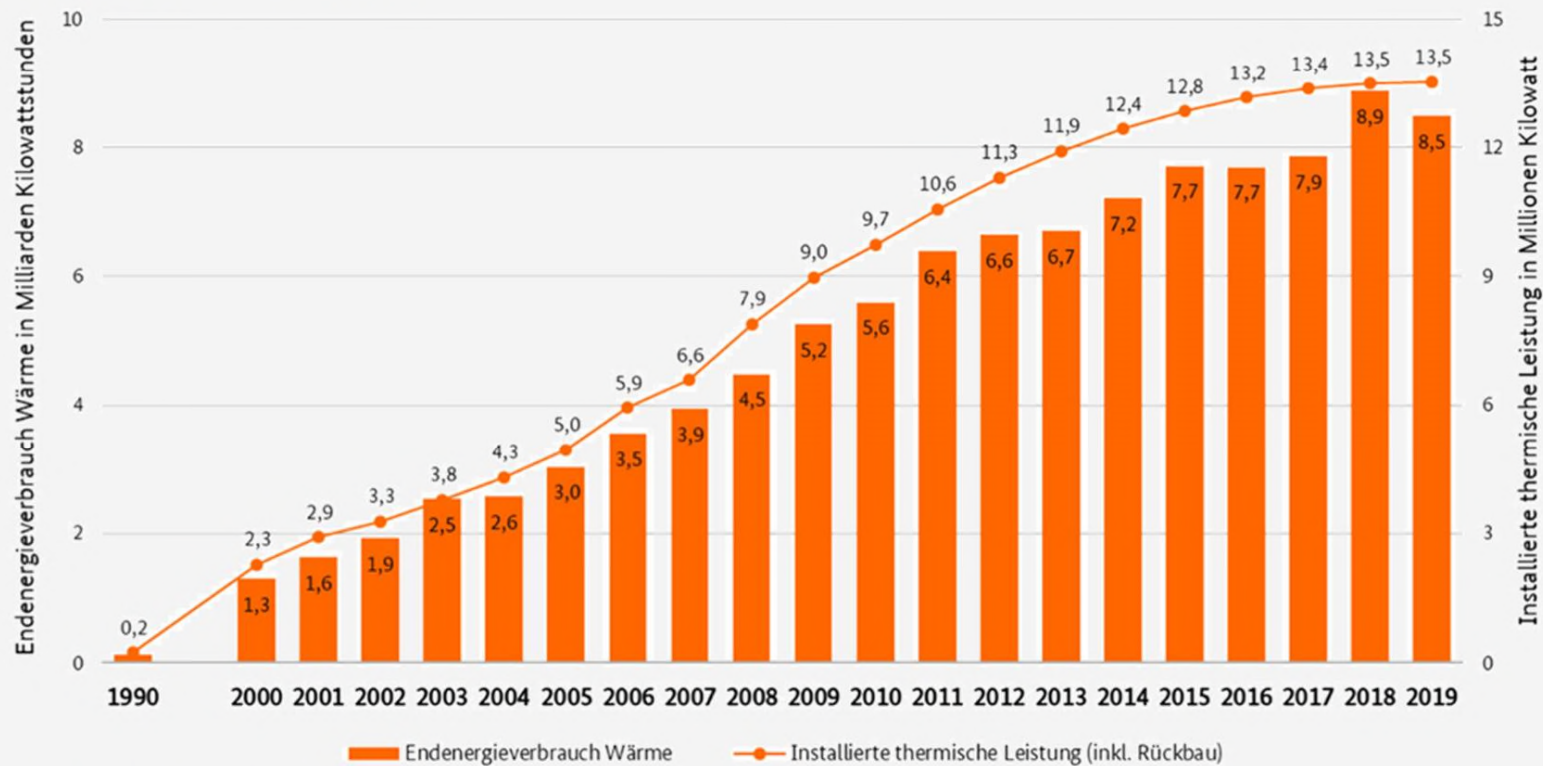
Entwicklung der installierten thermischen Leistung und der Wärmebereitstellung von Wärmepumpen (oberflächennahe Geothermie/Umweltwärme) in Deutschland



Quelle: BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand Februar 2020

Leistung und Wärmebereitstellung solarthermischer Anlagen

Entwicklung der installierten Leistung und der Wärmebereitstellung solarthermischer Anlagen in Deutschland



Quelle: BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand Februar 2020

Wohn- und Nichtwohngebäude

Normativ unterscheidet man zwischen **Wohngebäuden** und **Nichtwohngebäuden**.

Bei den Letztgenannten handelt es sich um solche Bauwerke, **die keine Wohnungen** beinhalten. Hierzu gehören z. B. Büro- und Verwaltungsgebäude, Läden und Kaufhäuser, Kliniken und Krankenhäuser, Schulen und Gewerbebauten und „sonstige Nichtwohngebäude“.

Nichtwohngebäude sind Gebäude, die überwiegend für Nichtwohnzwecke bestimmt sind.

Hochbauten sind überwiegend Nichtwohngebäude

Wohn- und Nichtwohngebäude

Unter "**sonstige Nichtwohngebäude**" werden Universitäts- und Hochschulgebäude, Gebäude von Sportanlagen, Theater, Kirchen und Versammlungsstätten verstanden.

Wird **mindestens die Hälfte der Gesamtnutzfläche** für **Wohnzwecke** genutzt, so gilt das Gebäude als **Wohngebäude**.

Bauten, die nicht von Wänden umschlossen sind, und freistehende selbständige Konstruktionen gelten nicht als Gebäude und entsprechend auch nicht als Nichtwohngebäude.

Wohn- und Nichtwohngebäude

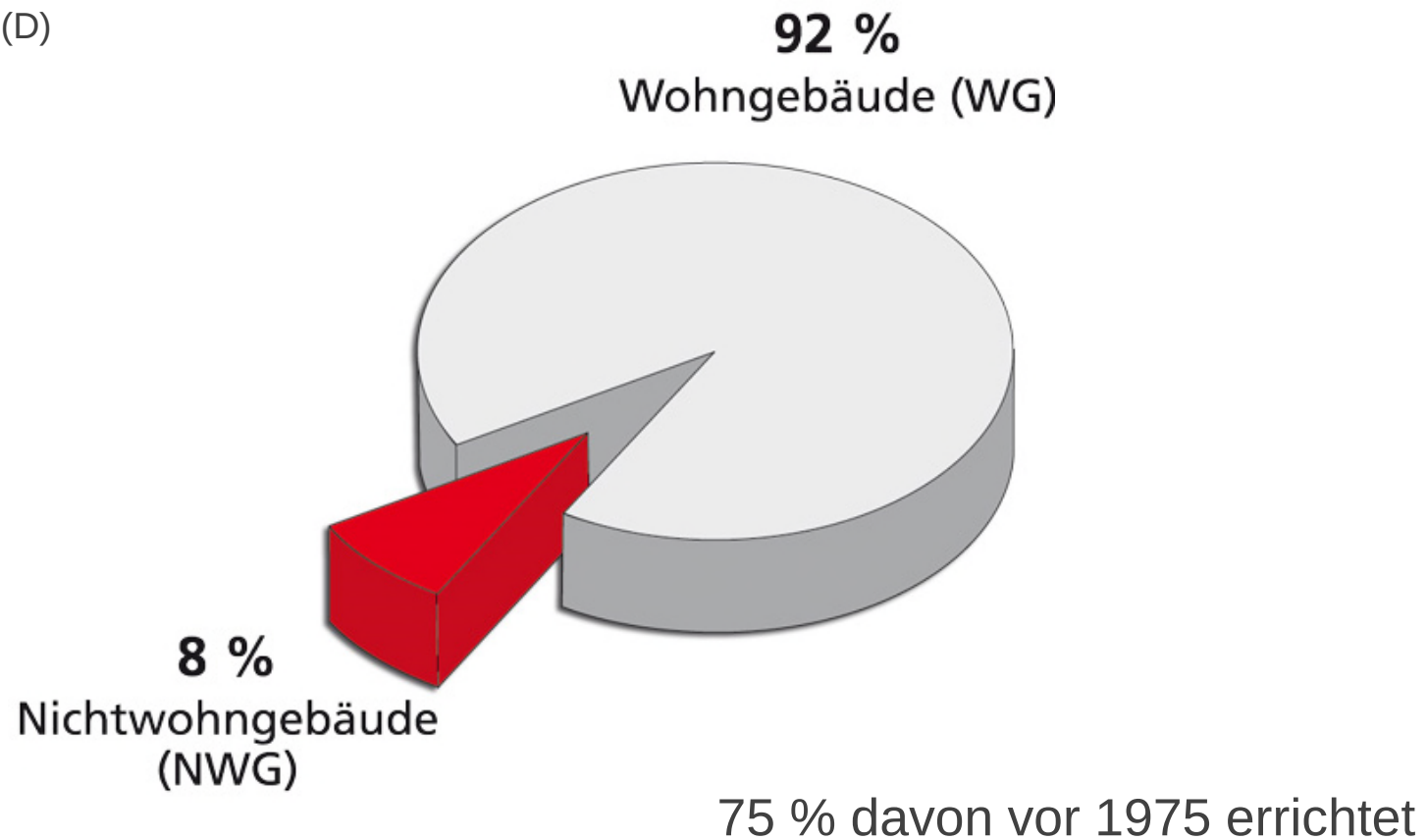
Im Rahmen der Enquete-Studie wurde der Gebäudebestand Deutschlands bis Dezember 1991 beschrieben. Kriterien der Erfassung waren u. a. die Verteilung der Gesamtnutzfläche (NF) bezogen auf Nutzungsklassen und Baualtersklassen.

Gebäudebestand in Deutschland

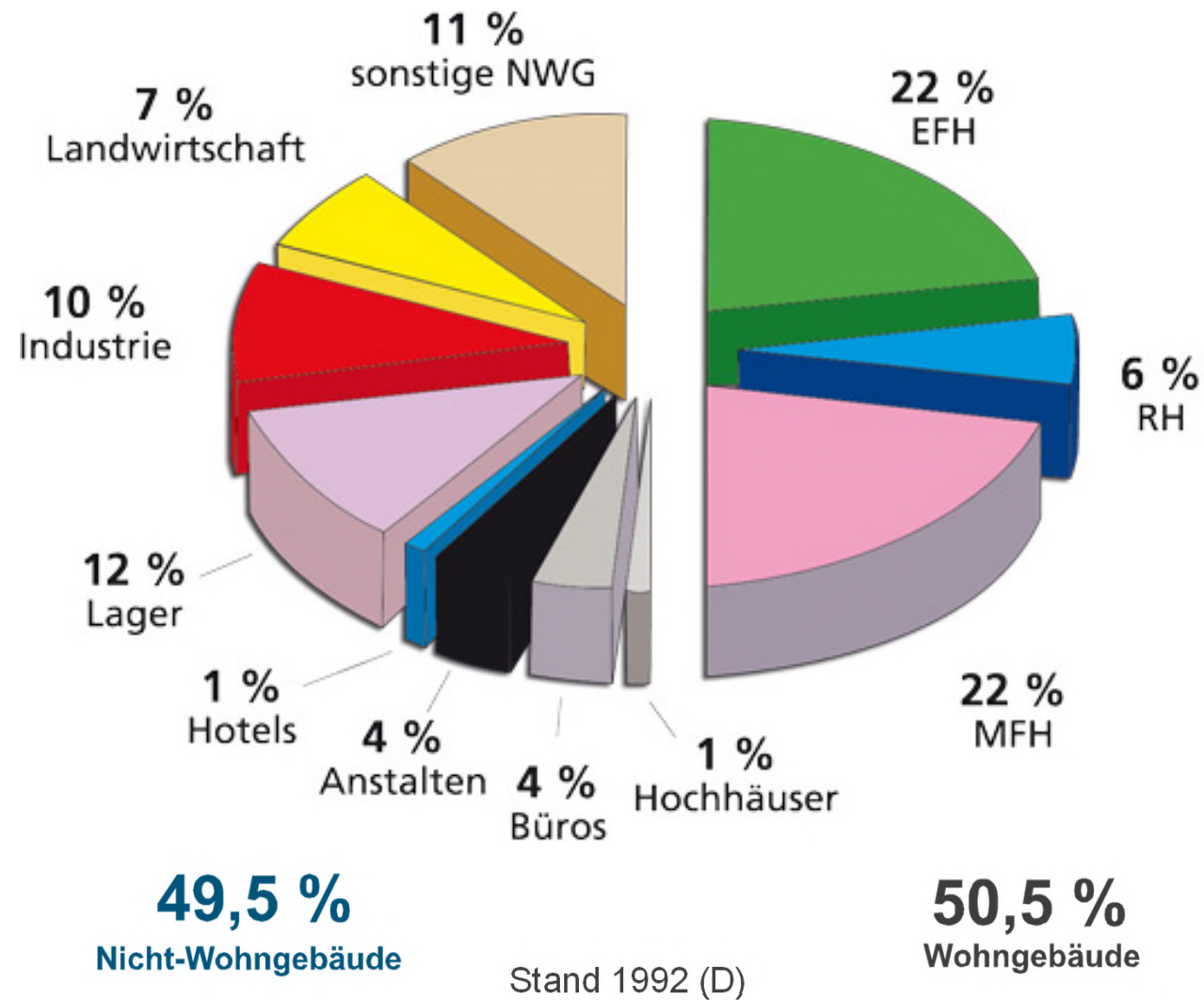
Wohngebäude 17,3 Mio Einh.

Nicht-WG 1,5 Mio Einh.

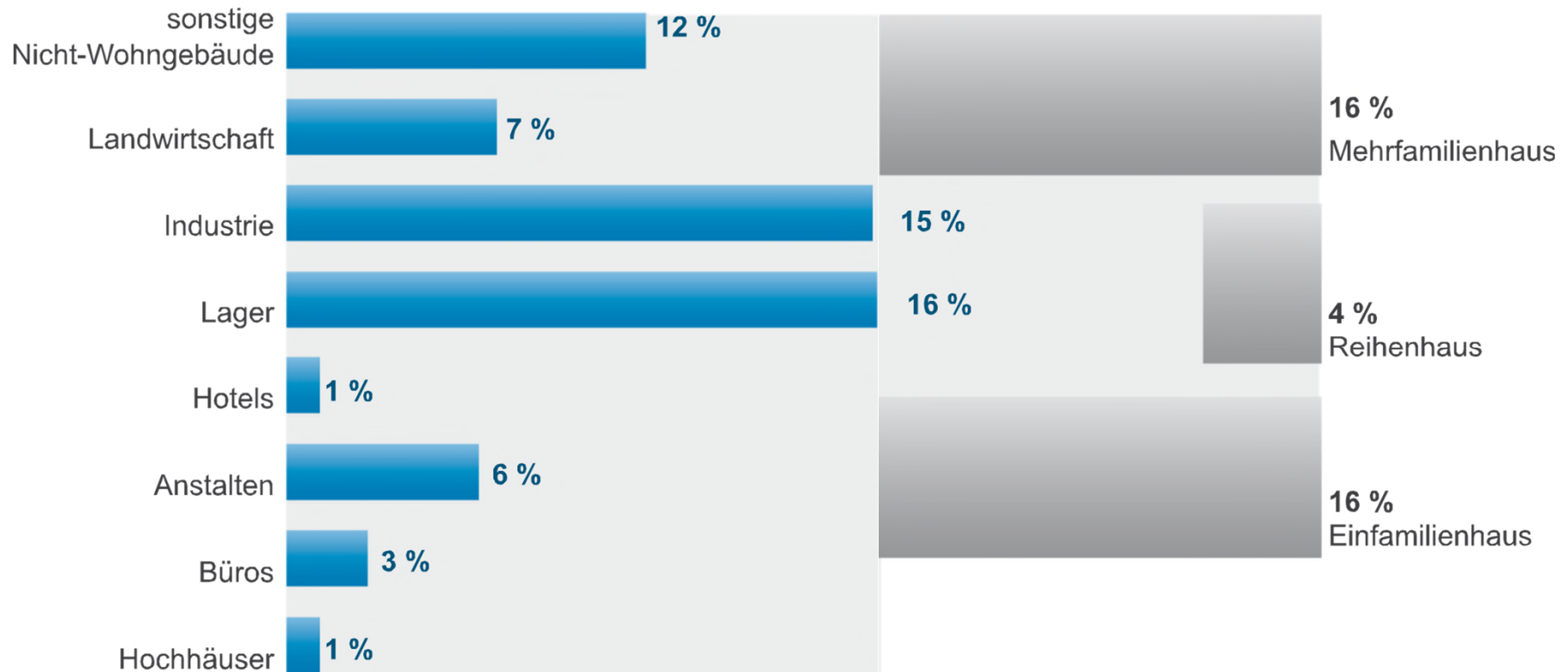
Stand 2007 (D)



Flächenanteile Gebäude



Gebäudebestand in Deutschland



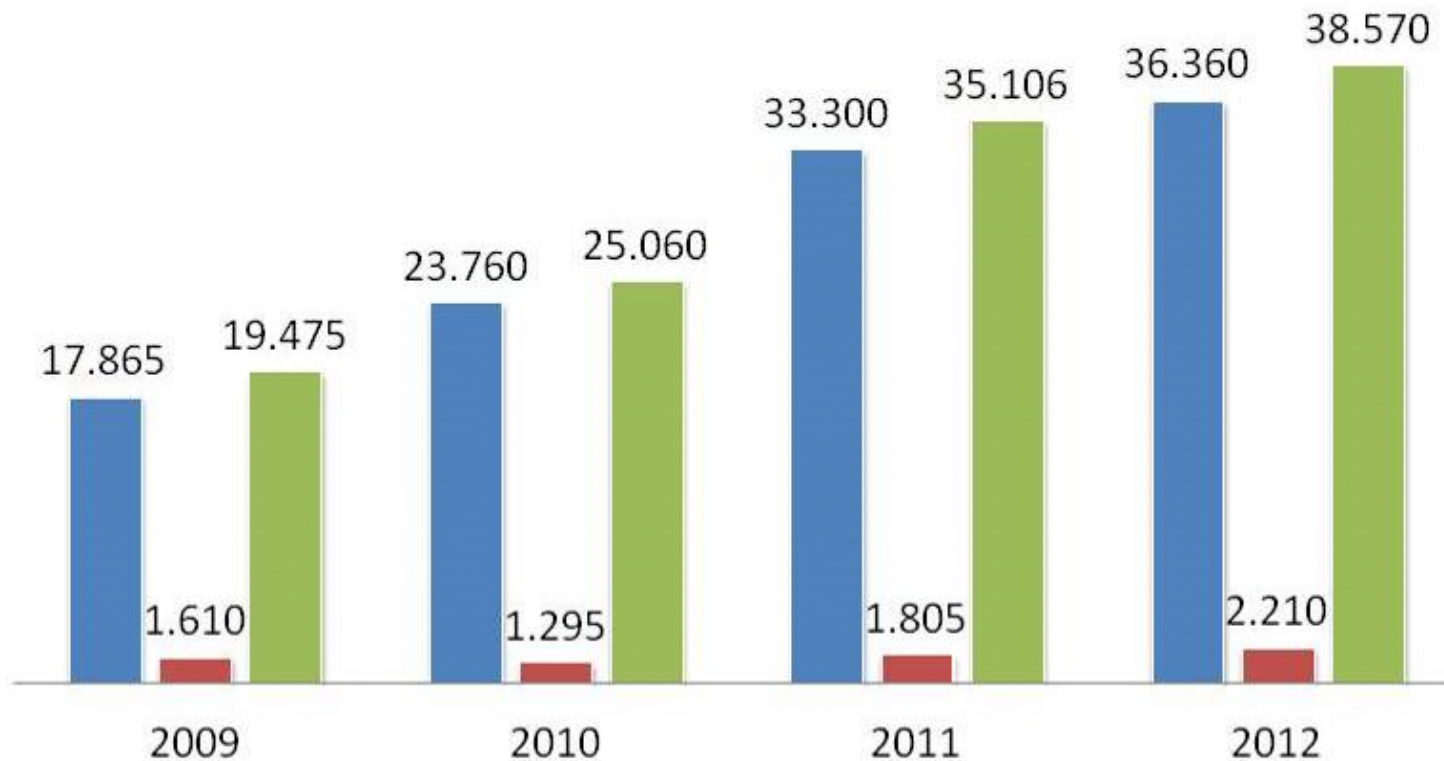
Abschätzung UCB-Studie 2010

63,5 %
Nicht-Wohngebäude

36,5 %
Wohngebäude

Inlandsmarkt für Wohnungslüftung: 2009-2012

■ Zentral mit WRG ■ Zentral mit WRG, kombiniert mit WP ■ Gesamt



Energieeffizienz von RLT-Anlagen Wohnungslüftung

	2009	2010	2011	2012	
Geräte	24.344	31.319	43.881	48.213	Stck
Luftmengen	6.085.938	7.829.688	10.970.313	12.053.125	m³/h
Wärme	111.372.656	143.283.281	200.756.719	220.572.188	kWh/a
WRG Anteil	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
ETA WRG	75,0%	75,0%	75,0%	75,0%	
WRG Wärme	83.529.492	107.462.461	150.567.539	165.429.141	kWh/a
CO ₂ -Emissionen	28.400	36.537	51.193	56.246	to/a

Energieeffizienz von RLT-Anlagen Nicht-Wohngebäude

	2009	2010	2011	2012	
Geräte	45.271	48.635	62.083	72.036	Stck
Luftmengen	529.977.420	562.481.135	582.312.544	588.416.789	m³/h
Wärme	4.451.810	4.724.842	4.891.425	4.942.701	MWh/a
WRG Anteil	44,6%	54,3%	56,7%	67,0%	
ETA WRG	64,8%	67,2%	68,4%	69,5%	
WRG Wärme	1.287.030	1.722.729	1.896.48	2.301.569	MWh/a
CO ₂ -Emissionen	437.590	585.728	644.804	782.533	to/a



Potenzial in der RLT

Einsparung Wohngebäude (2012) in D	165 GWh/a	(7 %)
Einsparung Nicht-Wohngebäude (2012) in D	2.302 GWh/a	(93 %)
Einsparung Wohngebäude (2025) in der EU	448 PJ	(15 %)
Einsparung Nicht-Wohngebäude (2025) in der EU	2.630 PJ	(85 %)

Die **Rückgewinnung** von Wärme aus dem Fortluftstrom von Gebäuden ist eine wichtige **Maßnahme** zur **Senkung** des **Endenergiebedarfs** für die Raumwärmebereitstellung.

Es ist unplausibel, dass **Abwärme** auf einem höheren Temperatur- und damit Exergieniveau als **Ersatzmaßnahme** und nicht als erneuerbare Energie gemäß EEWärmeG betrachtet wird, während **dieselbe Wärme**, „**nach außen gelüftet**“ und durch den Mischprozess mit kühlerer Außenluft abgekühlt, als „**Umweltwärme**“ und damit als **erneuerbare Energie** gilt, obwohl letztere unter Aufwand von Energie (z. B. Strom für elektrische Wärmepumpen) auf das Temperaturniveau der Gebäude gehoben werden muss.

Man kann daher die Ansicht vertreten, dass **Abwärme** als **regenerativ** im eigentlichen Sinne zu betrachten ist.

Durch die Lüftung mit **WRG** ergeben sich **erhebliche Einsparungen des Endenergiebedarfs**.

Kommen erneuerbare Heizungen zum Einsatz, so dient die WRG einer wesentlich effizienteren Nutzung der erneuerbaren Wärme, denn in Kombination mit erneuerbarer Energie fungiert WRG wie eine „**Effizienzmaßnahme**“ der Heizung und Kühlung (analog zur Brennwertnutzung bei Biomassekesseln).

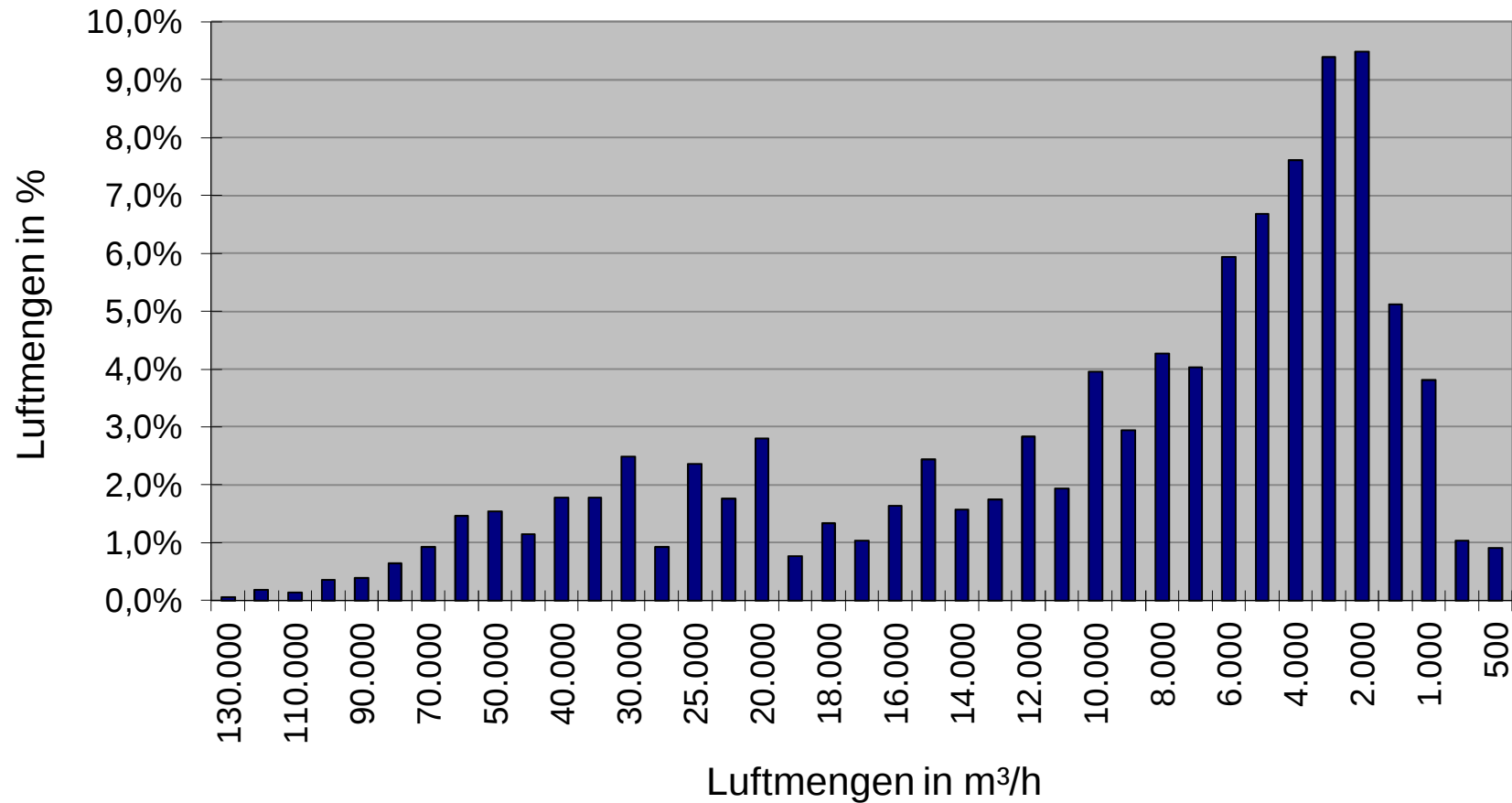
Dies steigert die Rechtfertigung, WRG zu fördern, da dann der eingesetzte erneuerbare Brennstoff (oder Solarenergie) einen größeren Nutzen erzielt.

Fördert man WRG in Kombination mit erneuerbaren Energien, wäre es widersinnig, diese nicht auch in Verbindung mit fossilen Energien zu fördern, da in diesen Einsatzfällen fossile Brennstoffe und CO₂-Emissionen in erheblichem Umfang eingespart werden.

Die Maßnahme Einbau einer **WRG senkt** den **Heizwärmebedarf** und damit den Brennstoffbedarf **erheblich**.

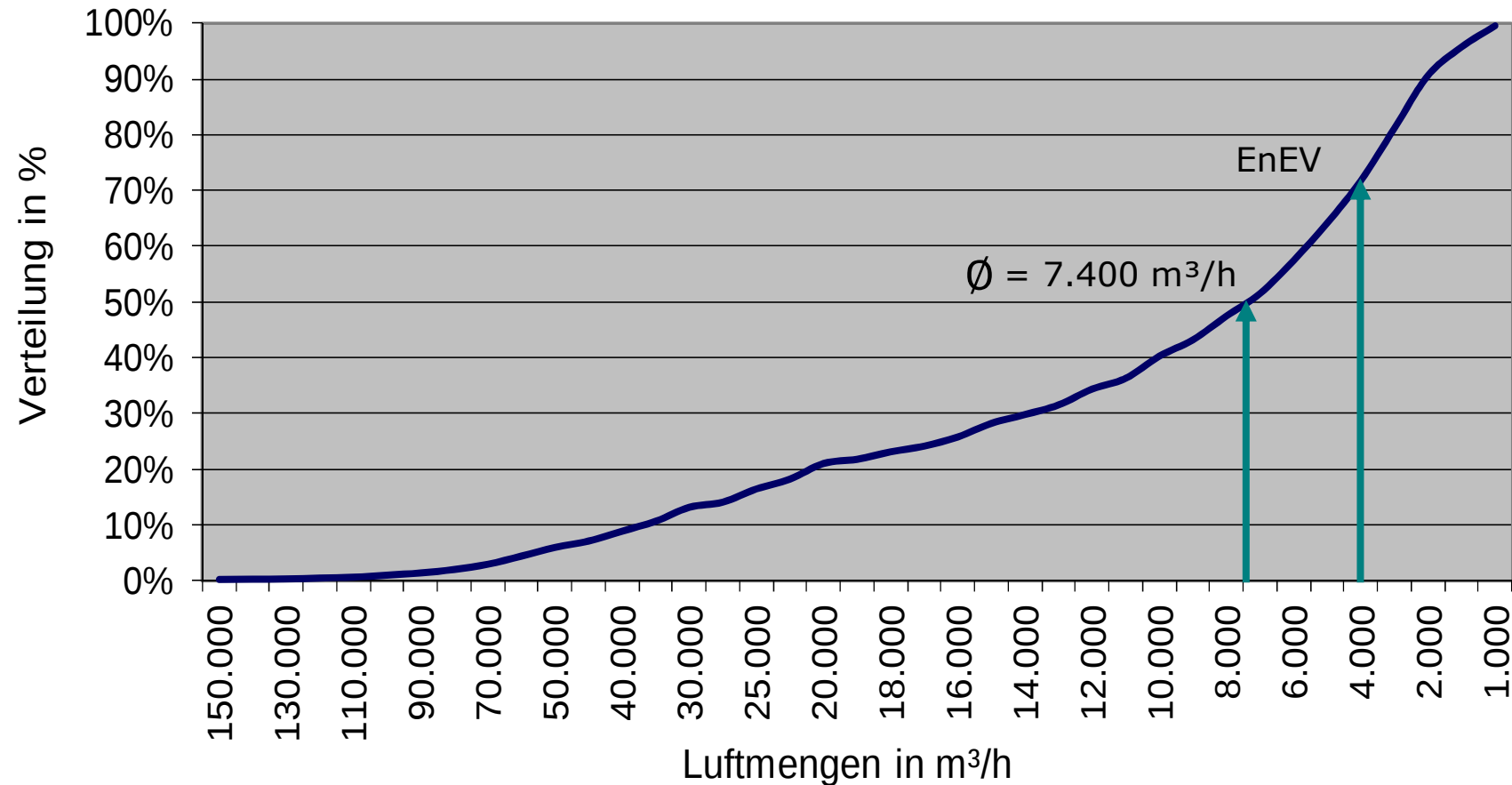
Eine solche Maßnahme ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer zukunftsfähigen technischen Gebäudeausrüstung.

RLT Luftmengen in NWG



Luftmengenverteilung in NWG

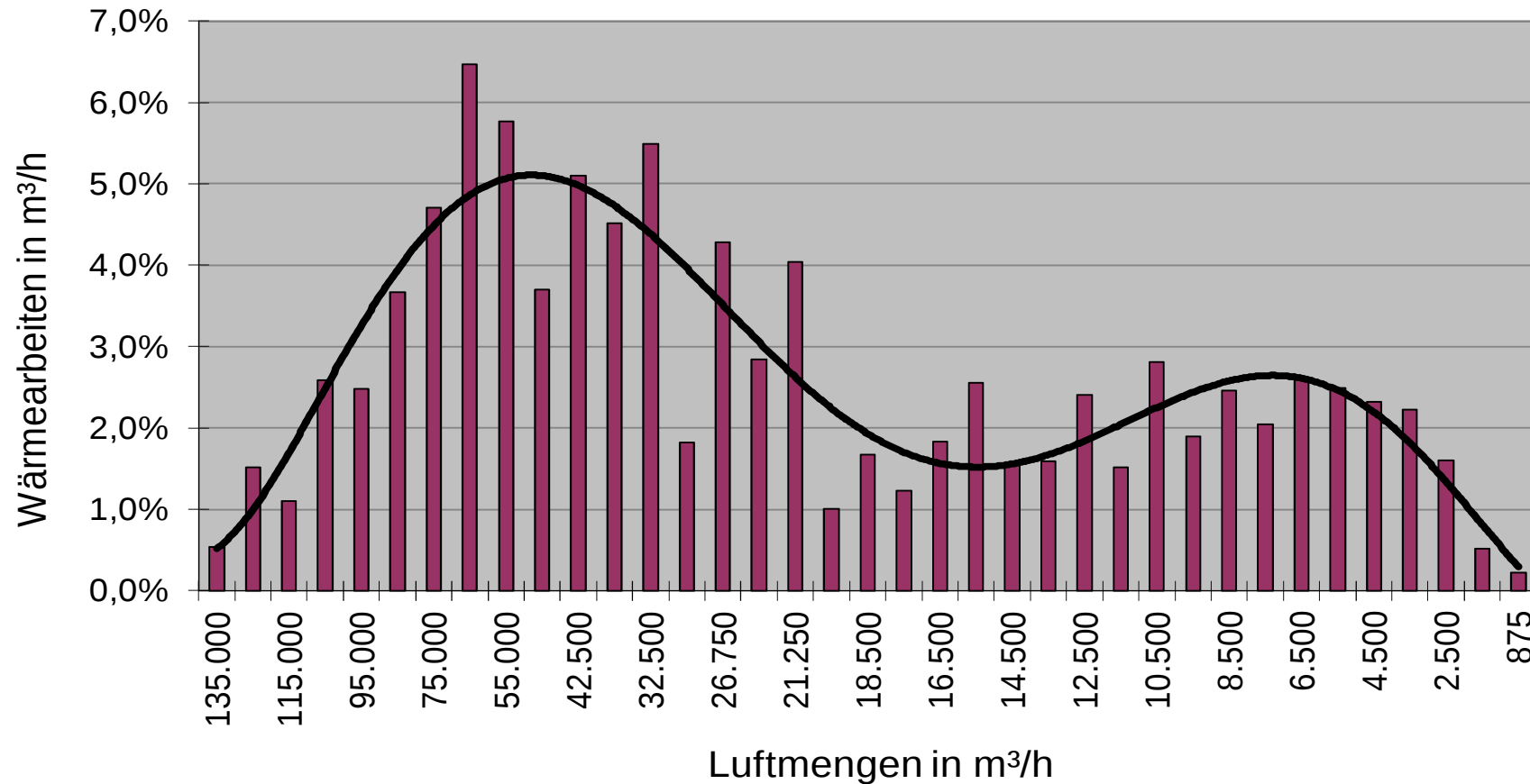
RLT Luftmengen in NWG



Luftmengenverteilung in NWG

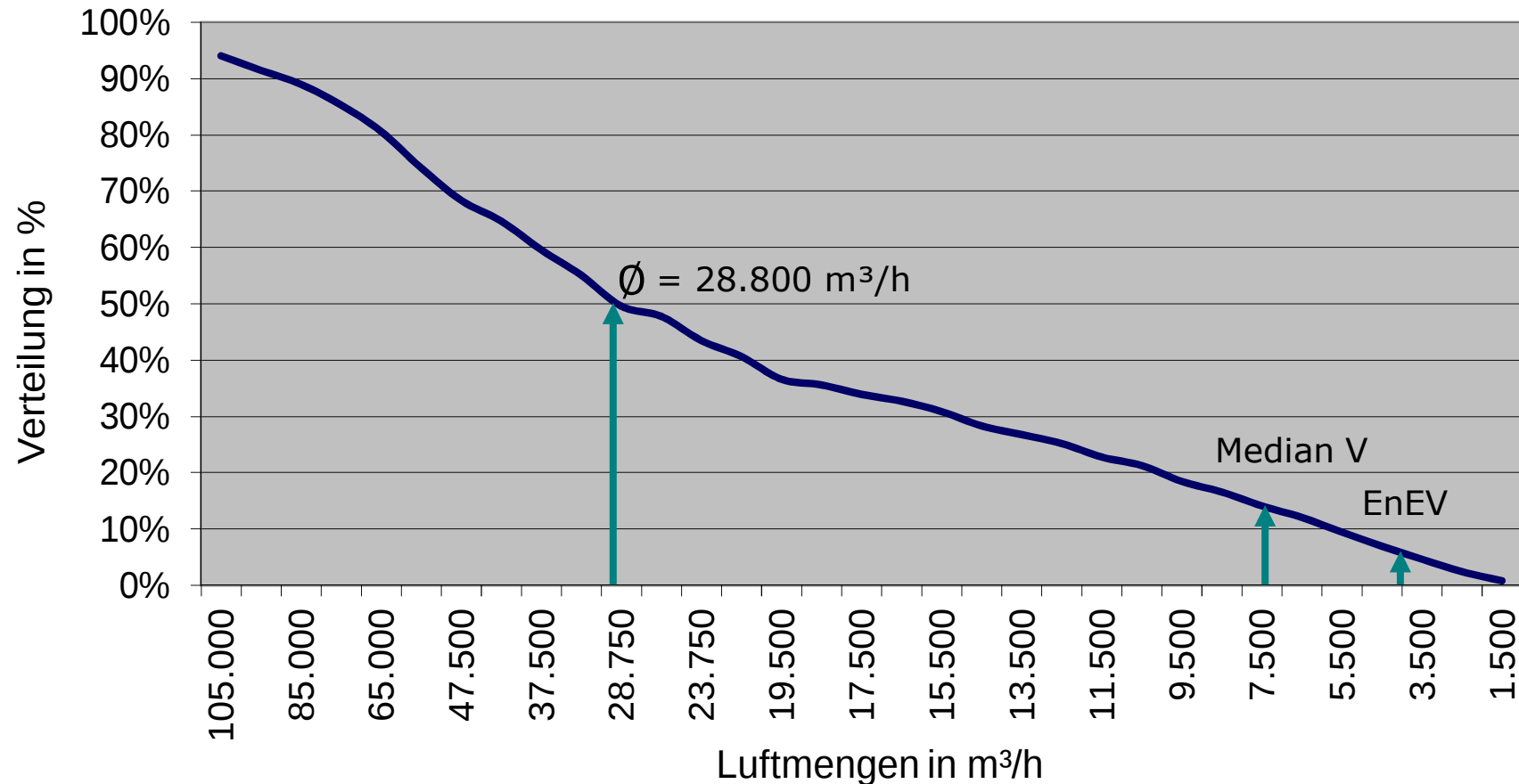
RLT Luftmengen in NWG

$$y = 4E-09x^6 - 5E-07x^5 + 2E-05x^4 - 0,0004x^3 + 0,0031x^2 - 0,002x + 0,0045$$



Wärmearbeiten in NWG

RLT Luftmengen in NWG



Summenhäufigkeiten der Wärmearbeiten in NWG

Luftmengen und Potenzial in der RLT in NWG

Median der Luftmengen	ca. 7.400 m ³ /h
Mittlere Luftmenge eines RLT-Gerätes	ca. 14.400 m ³ /h
Median bezogen auf Energiemengen	ca. 28.800 m ³ /h

Der „Faktor Zwei x Zwei“ der Energierelevanz



DIN EN 13779



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Lüftung von Nichtwohngebäuden
Allgemeine Grundlagen und Aufgaben
für Lüftungs- und Klimaanlage

Spezifische Ventilatorleistung = Specific Fan Power (SFP)

$$P_{\text{SFP}} = \frac{P_{\text{Input}}}{q_v} = \frac{\Delta p_{\text{fan}}}{\eta_{\text{total}}}$$

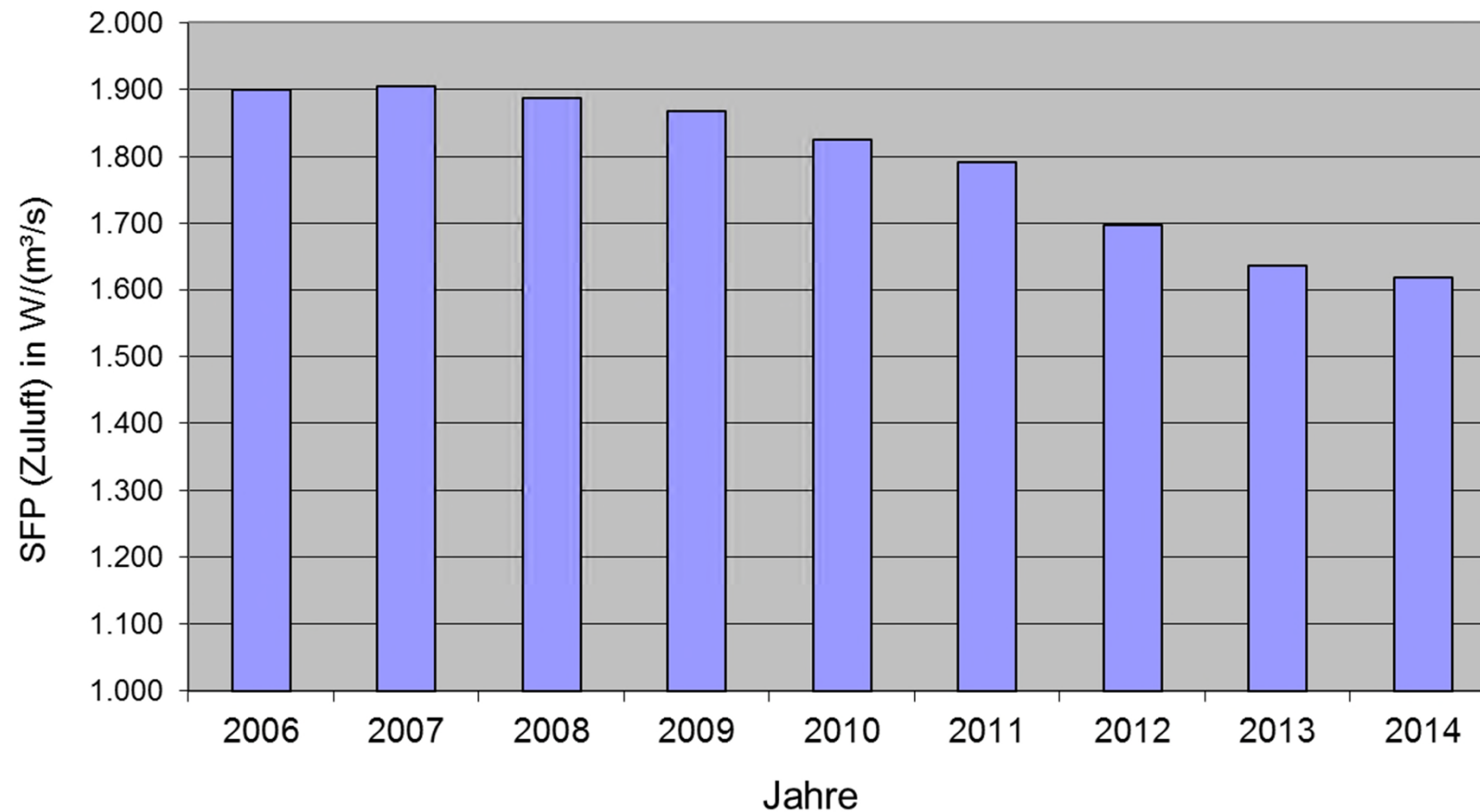
P_{SFP} Spezifische Ventilatorleistung [W/(m³/s)]

P_{Input} elektrische Leistungsaufnahme [W]

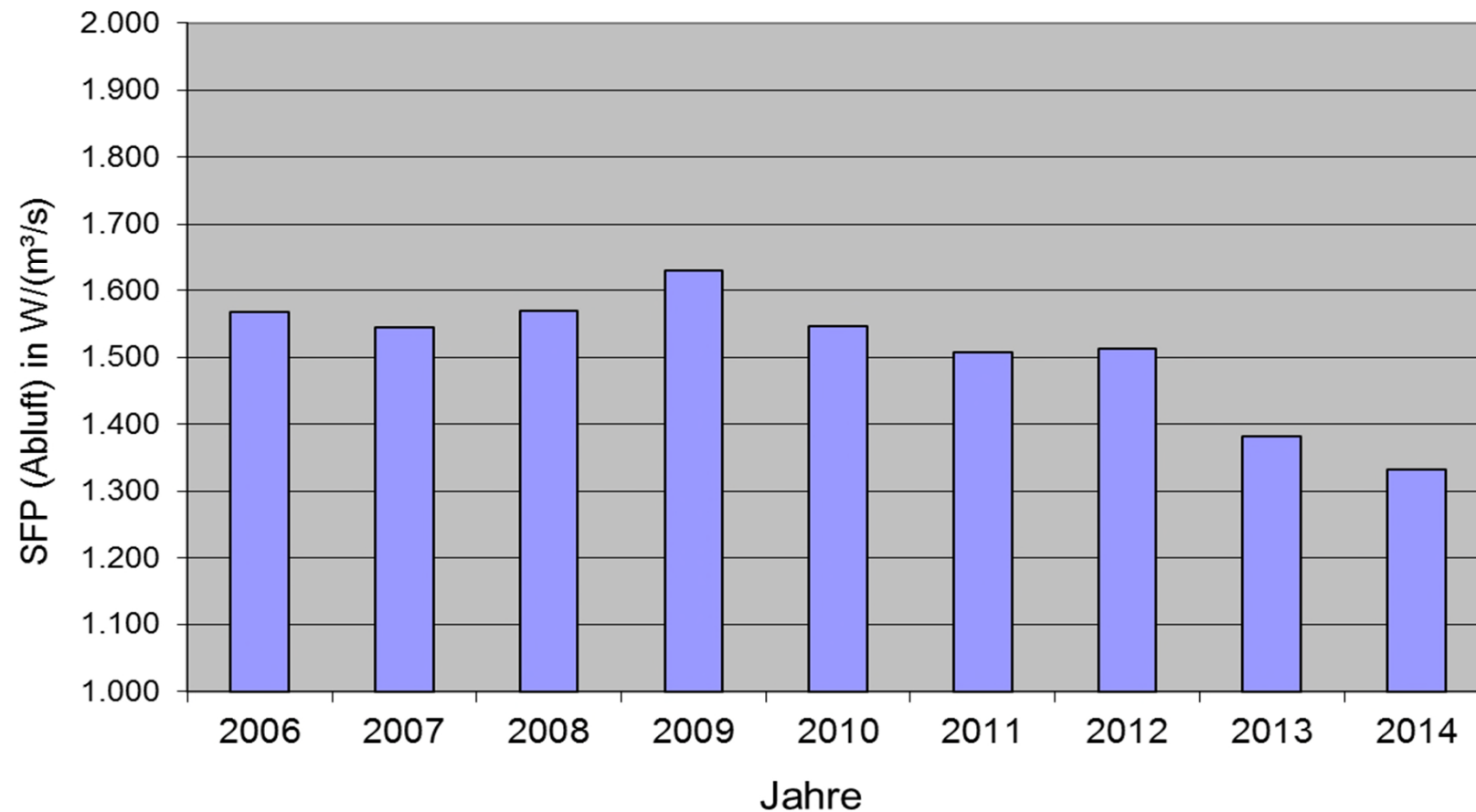
q_v Nennluftvolumenstrom [m³/s]

Δp_{fan} Gesamtdruckerhöhung [Pa]

η_{total} Systemwirkungsgrad Antrieb [-]



Entwicklung der spezifischen Zuluft-Ventilatorleistung SFP



Entwicklung der spezifischen Abluft-Ventilatorleistung SFP

RLT P_{el} in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für

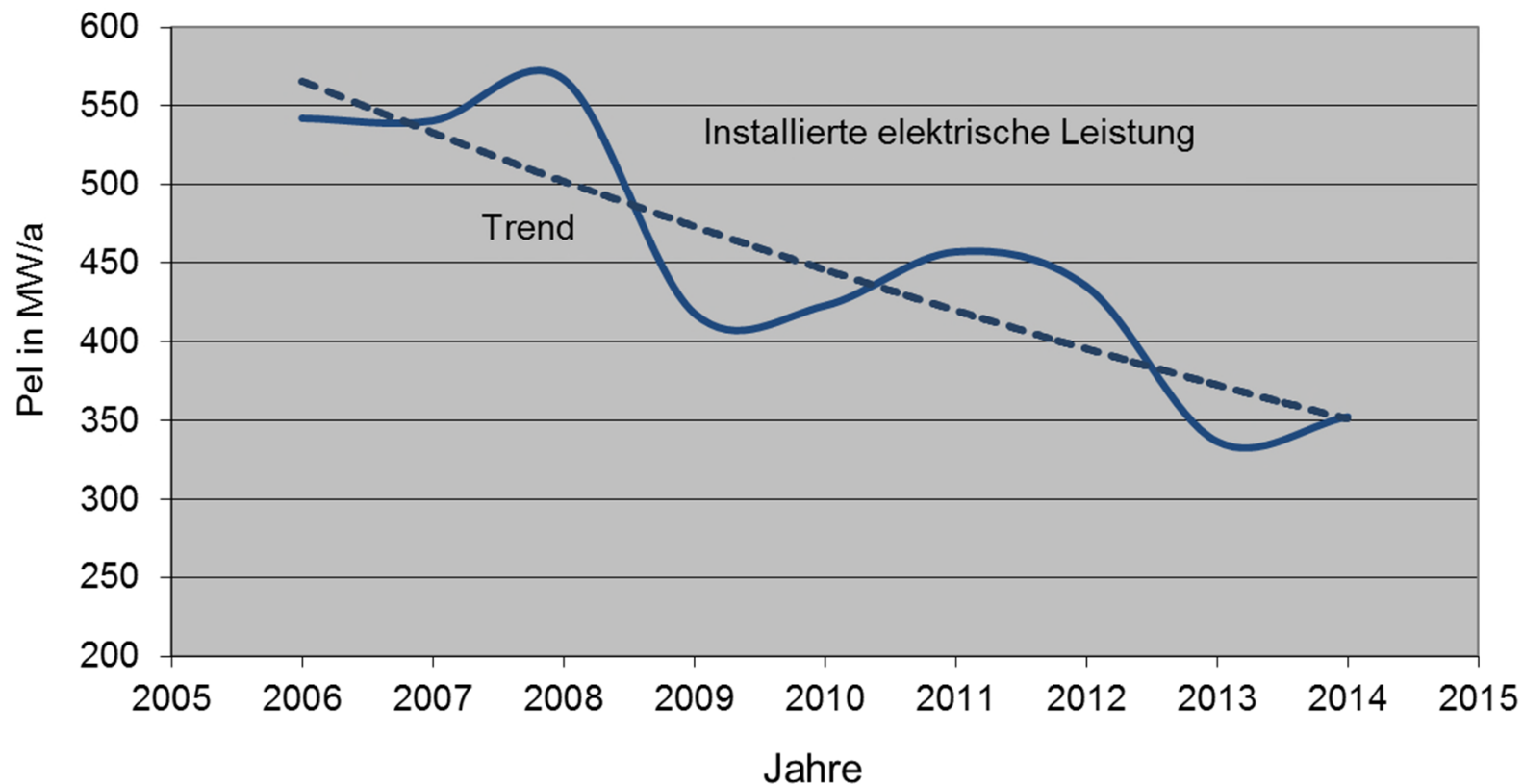


	SFP ZUL	SFP ABL	V ABL	V ZUL	Geräte	RLT	V_D ABL	P_{el} ABL	V_D ZUL	P_{el} ZUL	Gesamt
	W/(m ³ /s)	W/(m ³ /s)	m ³ /h	m ³ /h	Anzahl	%	Mio. m ³ /h	MW/a	Mio. m ³ /h	MW/a	MW/a
2006	1.900	1.567	14.106	13.426	31.857	70,5	552,6	240,6	571,5	301,6	542,2
2007	1.905	1.545	13.212	14.834	30.952	70,5	502,9	215,9	613,5	324,7	540,6
2008	1.887	1.569	13.196	15.667	31.424	70,5	510,0	222,2	657,8	344,9	567,1
2009	1.867	1.630	10.847	15.127	25.295	70,5	337,4	152,7	511,3	265,2	417,9
2010	1.826	1.547	12.704	13.332	26.846	70,5	419,4	180,2	478,2	242,5	422,7
2011	1.791	1.507	13.820	14.028	29.567	75,0	472,4	197,7	520,9	259,2	456,9
2012	1.697	1.513	14.037	13.073	27.885	70,0	484,8	203,8	490,6	231,2	435,0
2013	1.636	1.382	14.732	14.422	22.793	75,0	388,2	149,0	412,9	187,6	336,6
2014	1.618	1.332	14.606	14.796	22.686	70,5	407,5	150,8	448,5	201,6	352,3

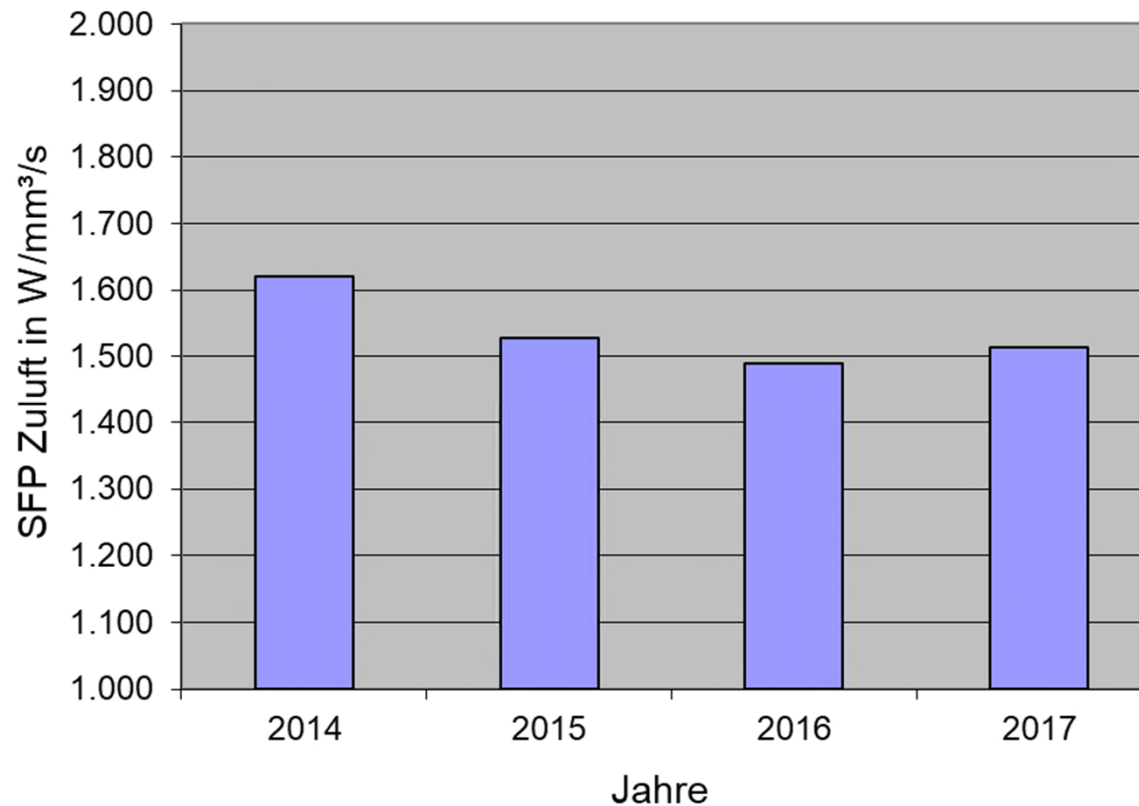
Installierte elektrische Leistung von RLT-Geräten in NWG

RLT P_{el} in NWG in Deutschland

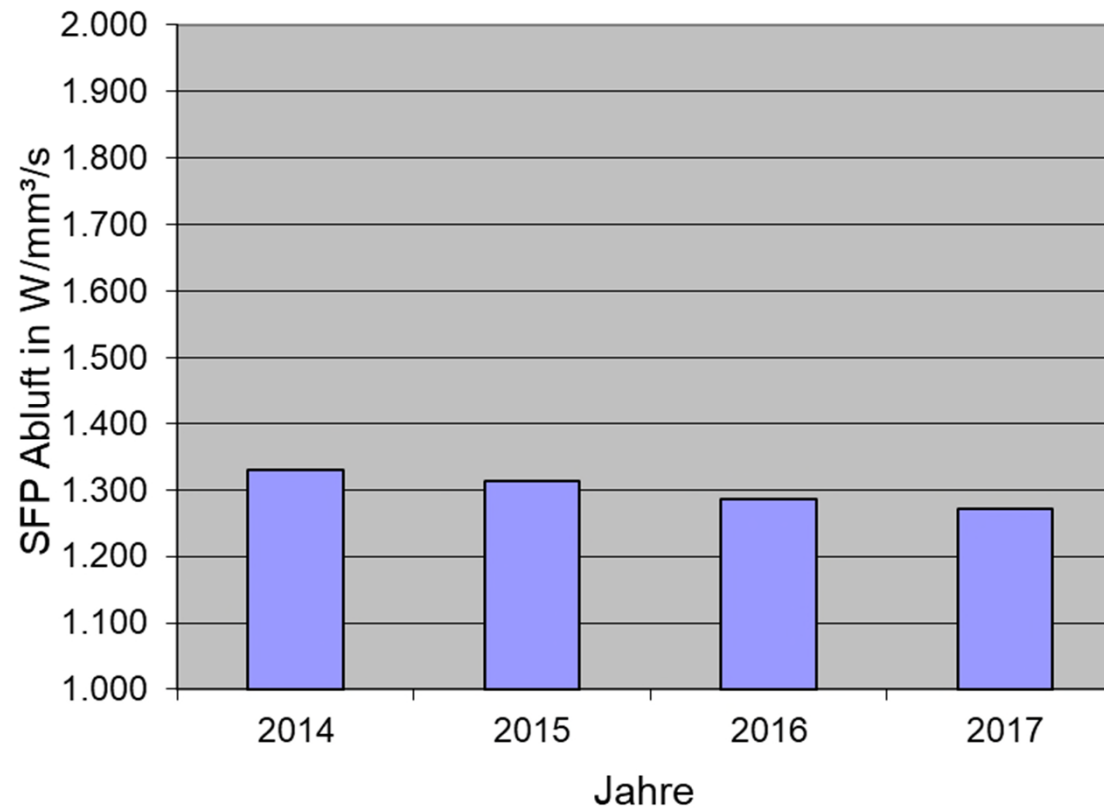
UCB-Studie 2014 für



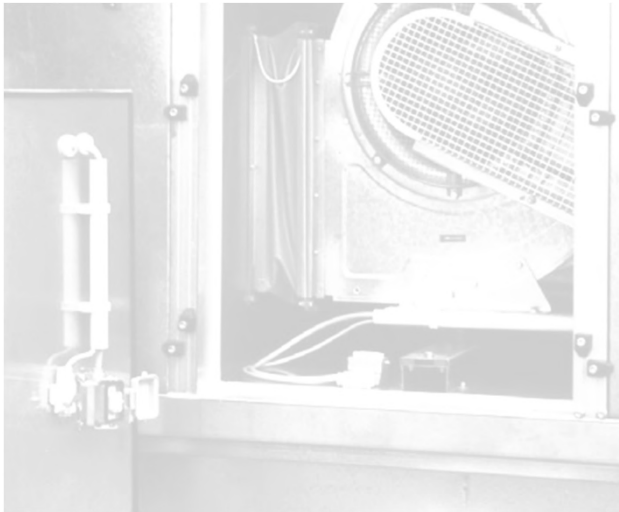
Entwicklung der neu installierten elektrischen RLT-Leistung P_{el} in NWG



Entwicklung der spezifischen Zuluft-Ventilatorleistung SFP



Entwicklung der spezifischen Abluft-Ventilatorleistung SFP



DIN EN 16798



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Lüftung von Nichtwohngebäuden
Allgemeine Grundlagen und
Aufgaben für Lüftungs- und
Klimaanlagen

**Interne Spezifische Ventilatorleistung = internal Specific
Fan Power**

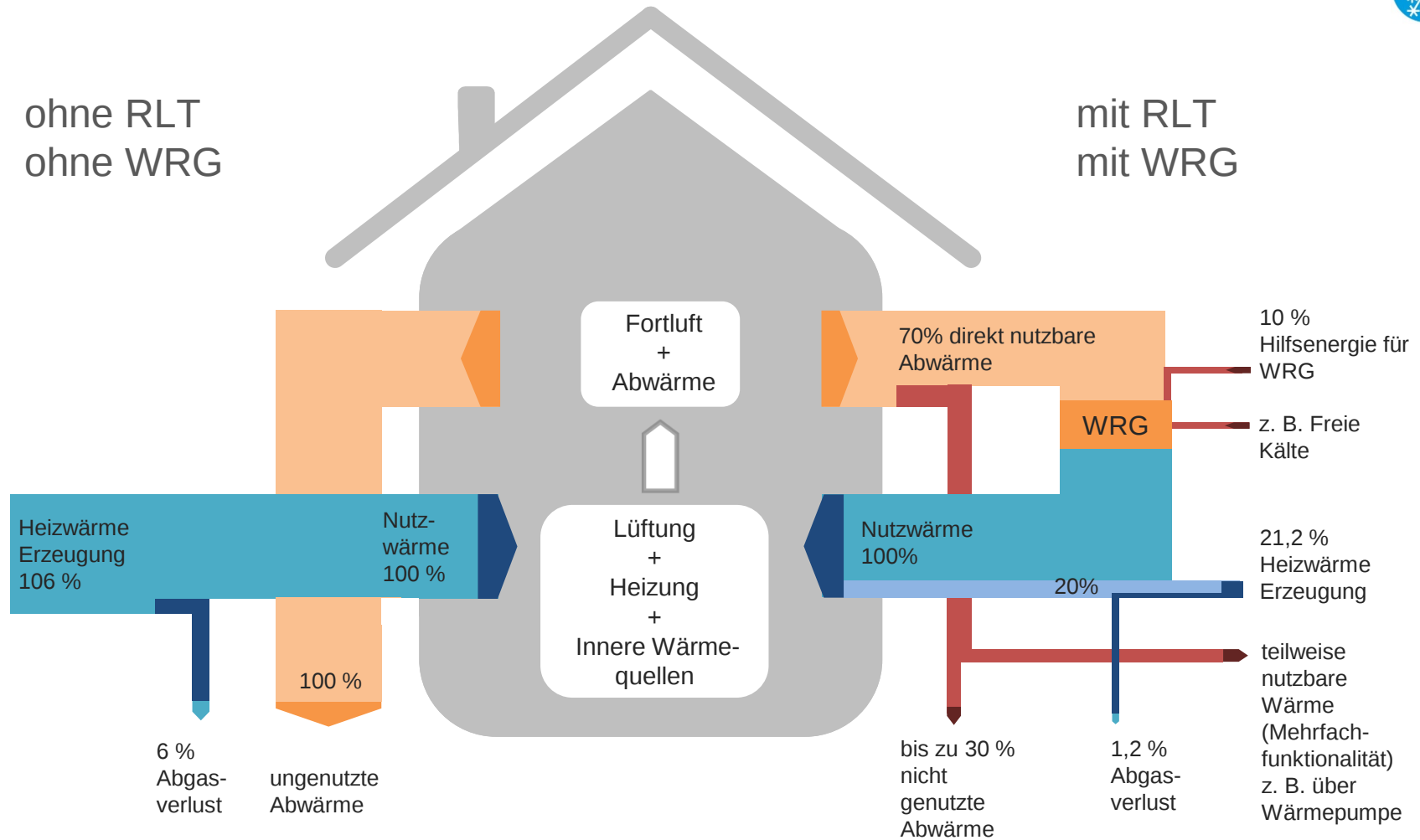
$$P_{SFP} = P_{SFP \text{ int.}} + P_{SFP \text{ add.}} + P_{SFP \text{ ext.}}$$

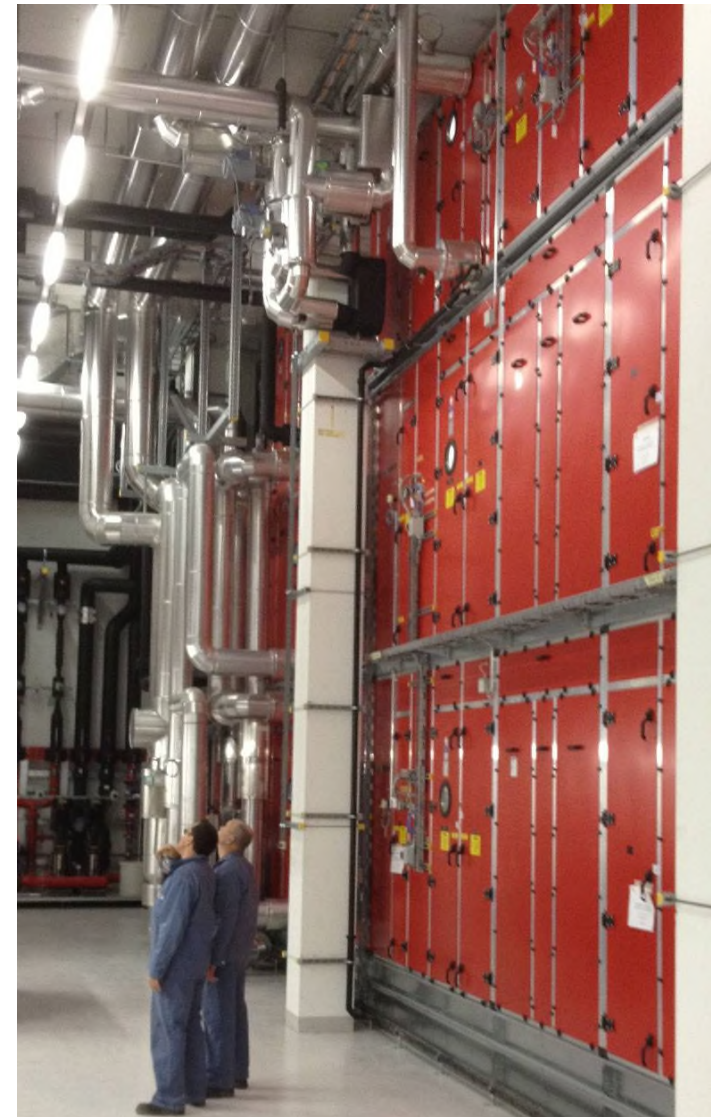
$$P_{SFP} = \frac{P_{\text{int.}}}{q_V} + \frac{P_{\text{add.}}}{q_V} + \frac{P_{\text{ext.}}}{q_V} = \frac{\Delta p_{\text{int.}}}{\eta_{\text{total}}} + \frac{\Delta p_{\text{add.}}}{\eta_{\text{total}}} + \frac{\Delta p_{\text{ext.}}}{\eta_{\text{total}}}$$

Internal = Lüftungskomponenten (WRG und Filter zum Schutz der Anlage)

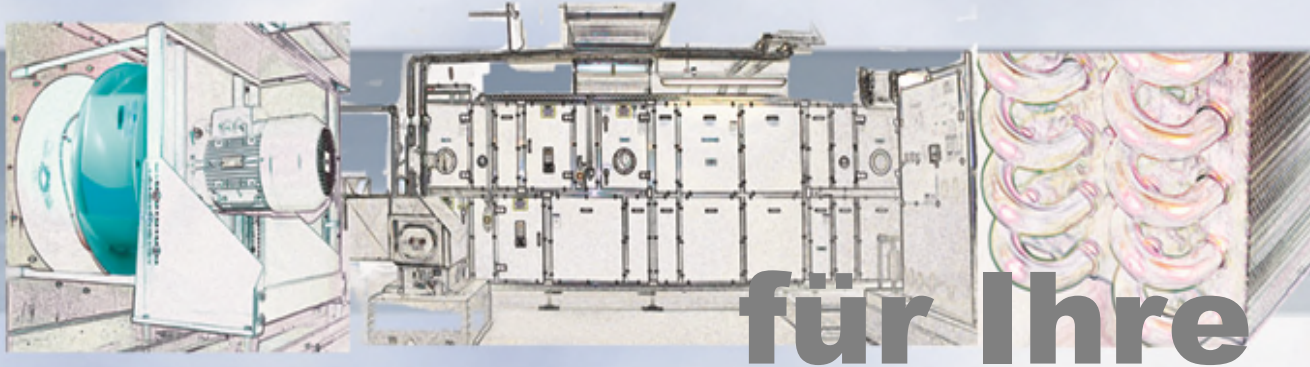


ohne RLT
ohne WRG





Herzlichen Dank



für Ihre Aufmerksamkeit

Die Bedeutung der Energieeffizienz und der Gebäudetechnik im Kontext der Energiewende

Prof. Dr.-Ing. Dr. Christoph Kaup
c.kaup@umwelt-campus.de



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R