



## Fachverband Gebäude-Klima e. V.

Veranstaltung „Ecodesign-Richtlinie in der Raumluftechnik –  
Energetische Anforderungen und Bewertung“

### **Energetische Potenziale von RLT-Zentralgeräten**

Prof. Dr.-Ing. **Christoph Kaup**

**HOWATHERM** Klimatechnik GmbH / **Umwelt-Campus Birkenfeld**

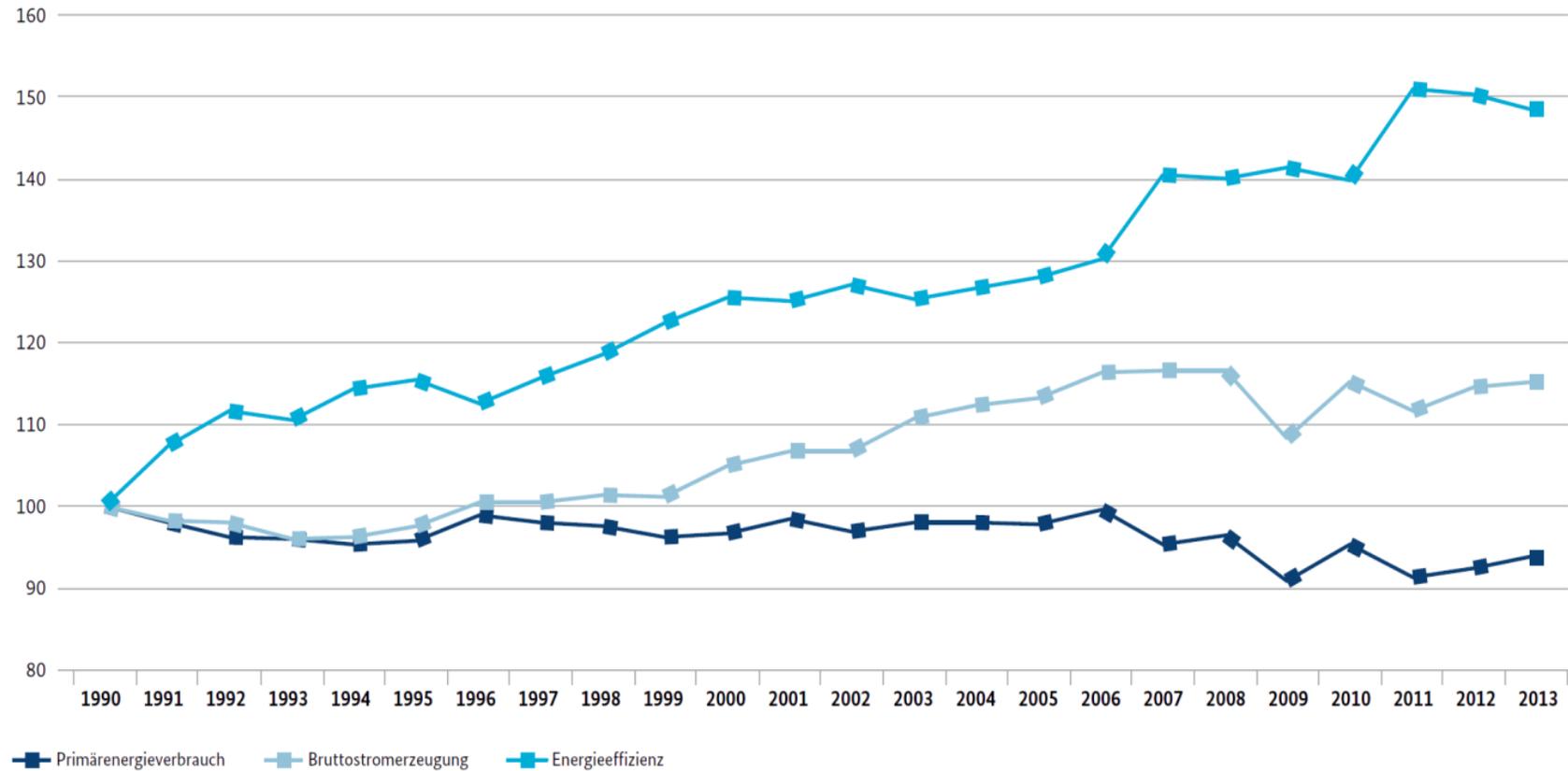
**Berliner 2015**  
**ENERGIETAGE**  
Energieeffizienz in Deutschland

**Berlin, 29. April 2015**

# Energien in Deutschland

## 11. Entwicklung von Primärenergieverbrauch, Stromerzeugung und Energieeffizienz

Index 1990 = 100

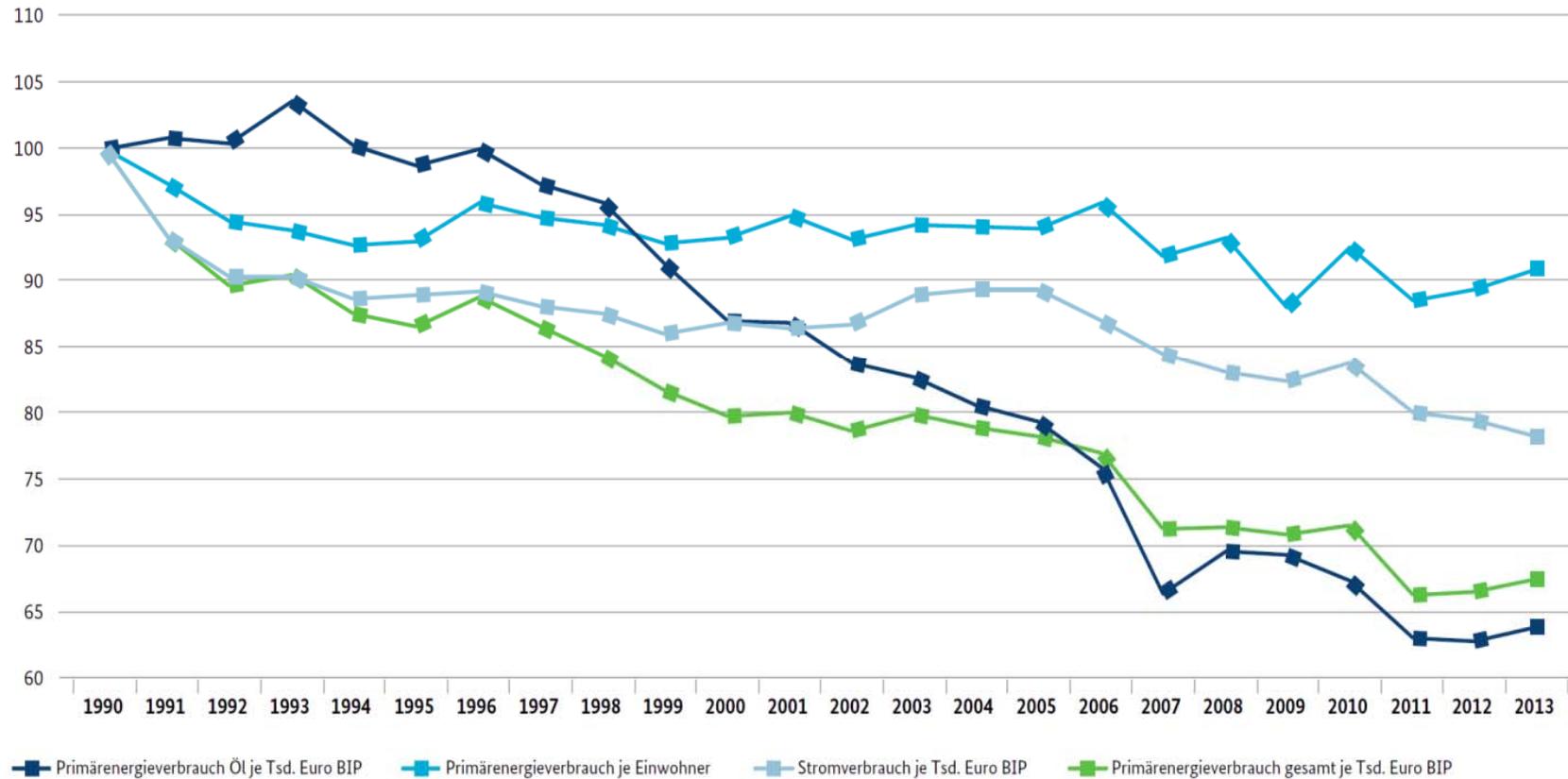


Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Statistisches Bundesamt (StBa)

# Energien in Deutschland

## 12. Entwicklung der Energieintensität

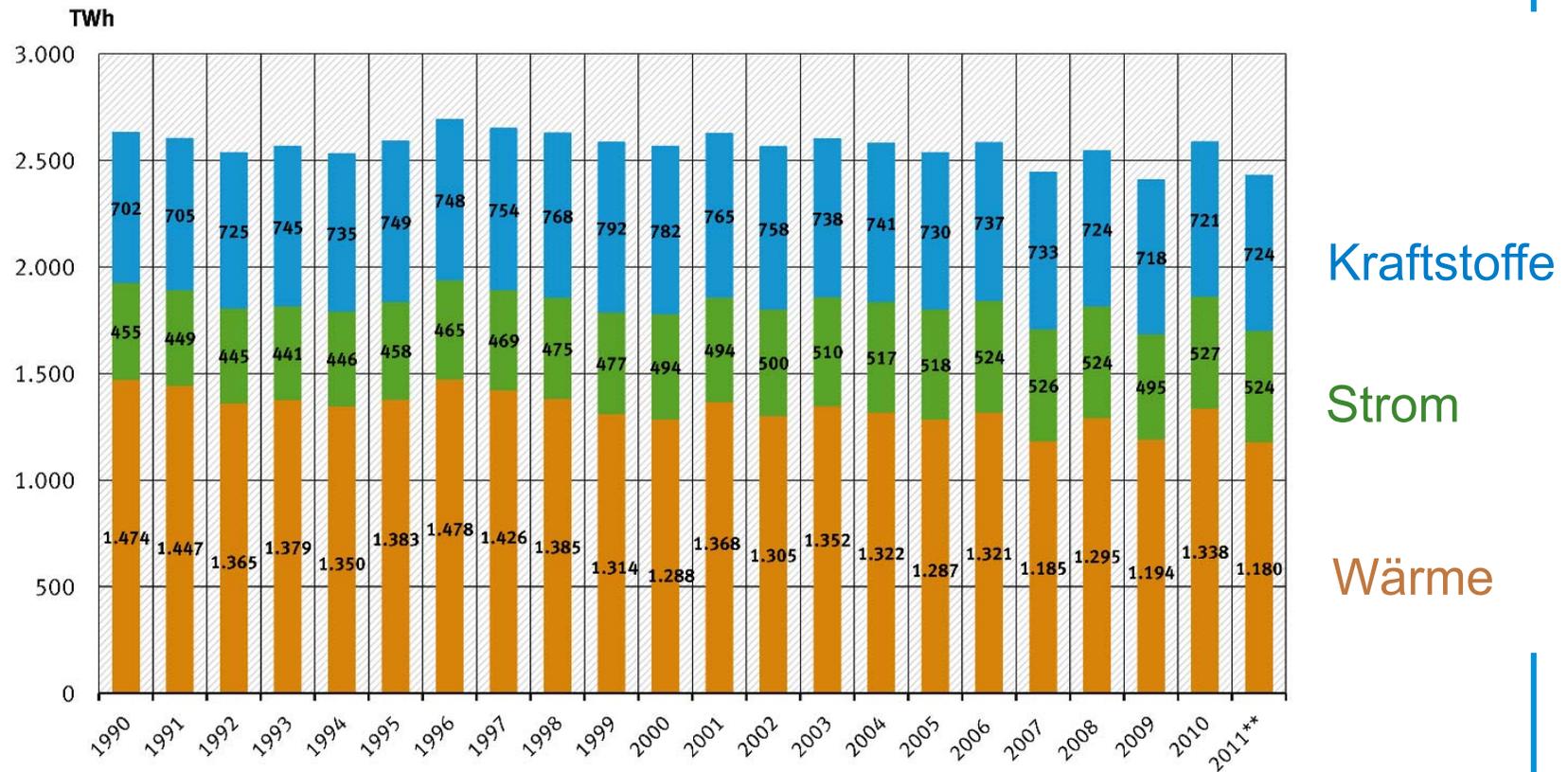
Index 1990 = 100



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

# Energien in Deutschland

## Anteile von Strom, Wärme, Kraftstoffe am Endenergieverbrauch



\* nur fossile und biogene Kraftstoffe

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2011, Stand 09/2012

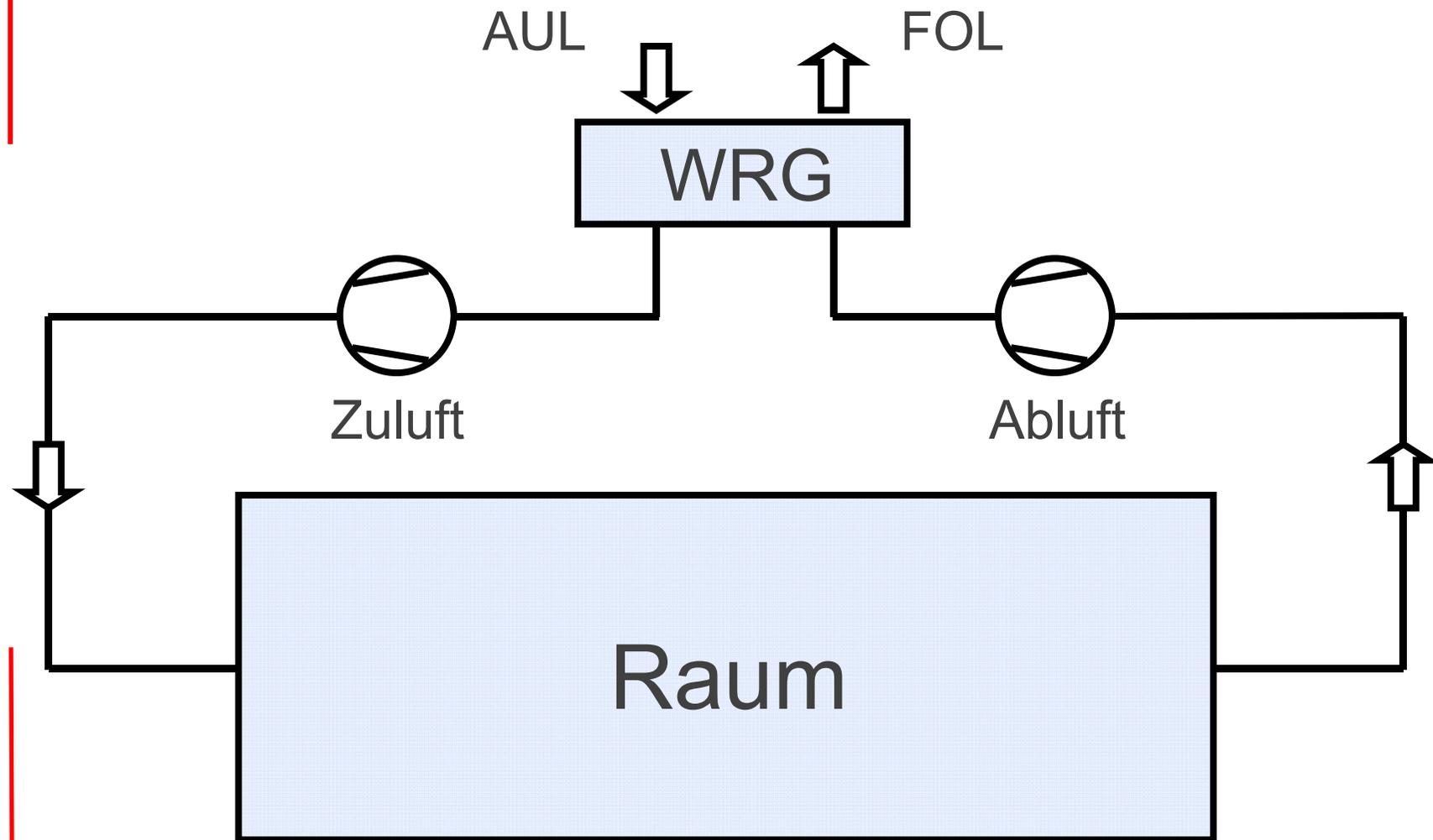
# Gebäudewärme

Transmissionswärme  
(Dämmen der **Gebäudehülle**)

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



# Raumlufttechnik



# Wärmerückgewinnung

**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**).

## Wärmerückgewinnung

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**.

# Wärmerückgewinnung

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

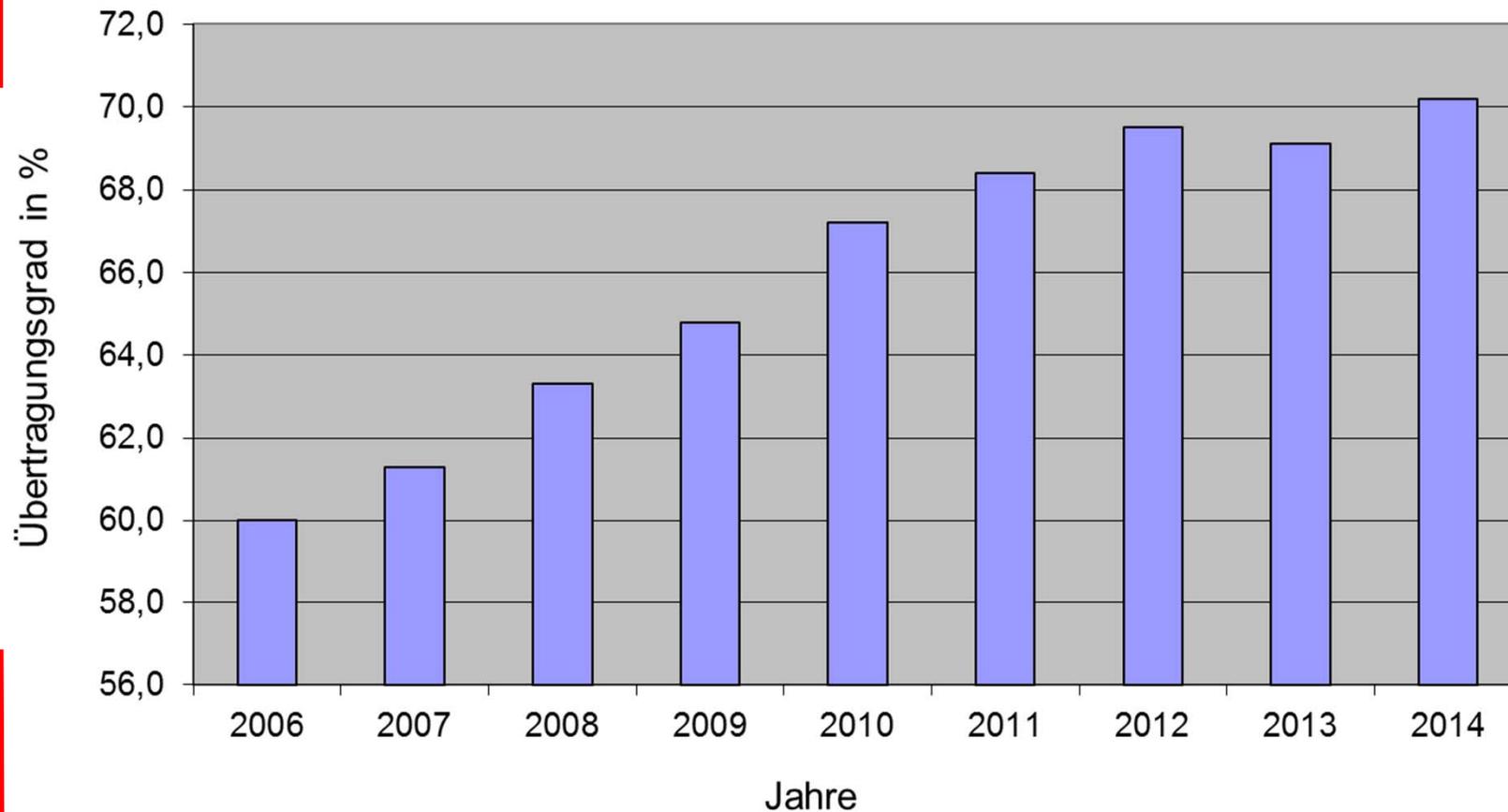
**DIN EN 13053**



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

# WRG in NWG in Deutschland

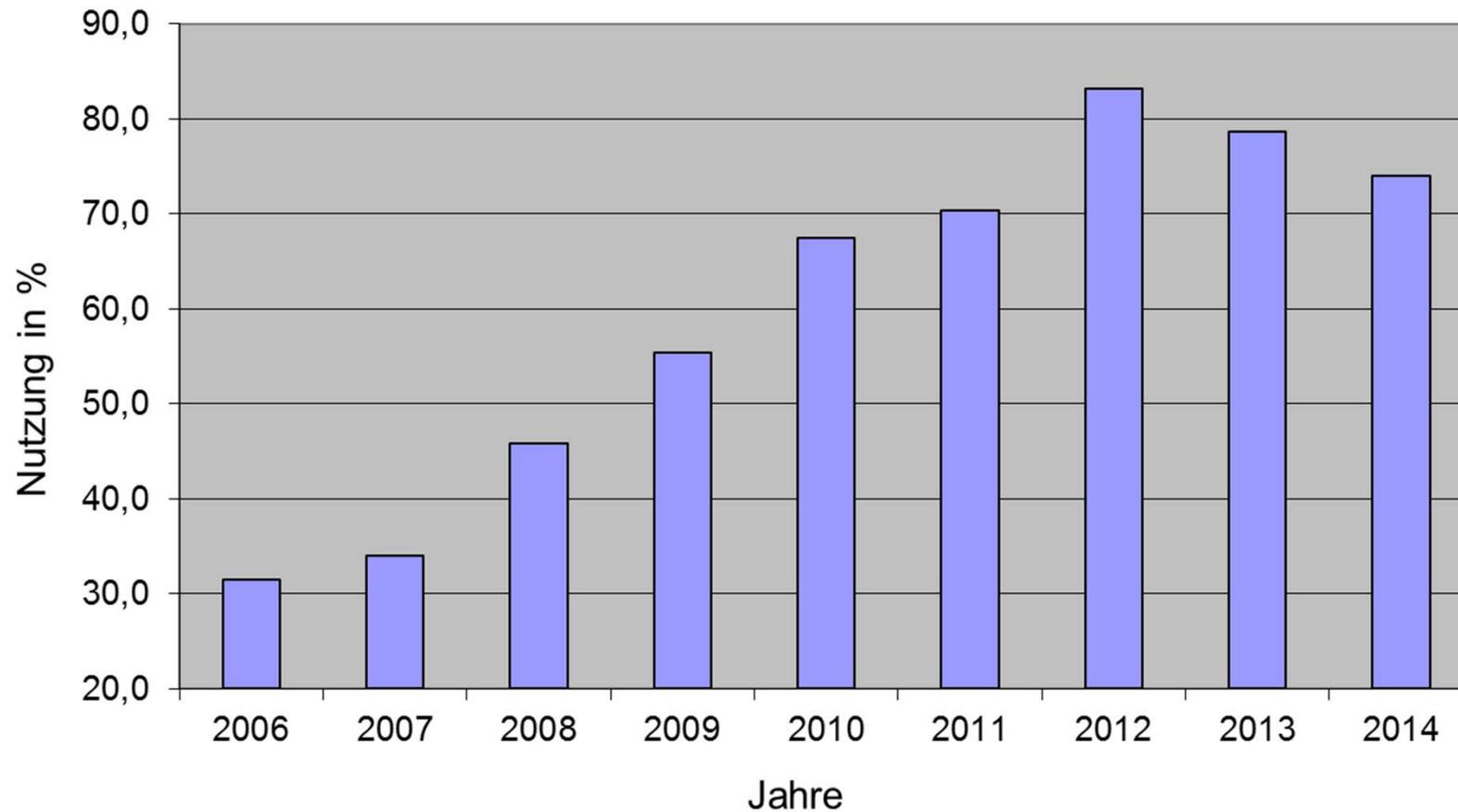
UCB-Studie 2014 für



Entwicklung des Temperaturübertragungsgrades von WRG-Systemen

# WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für  



Entwicklung der Verwendung von WRG-Systemen (mögliche Geräte)

# WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für



Jahr	Geräte	WRG-Nutzung	$\Phi$ WRG	$\Delta P$ WRG	V ZUL	Anteil RLT	V <sub>D</sub> ZUL
	Anzahl	%	%	Pa	m <sup>3</sup> /h	% Markt	Mio. m <sup>3</sup> /h/a
Basis 13,4 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 2014 für



- 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/(m<sup>3</sup>/h)/a. Damit bei durchschnittliche **Laufzeit** der Anlagen mit **2.350 h/a** folgt ein **Wärmebedarf von 8,4 kWh/(m<sup>3</sup>/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**

# WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für

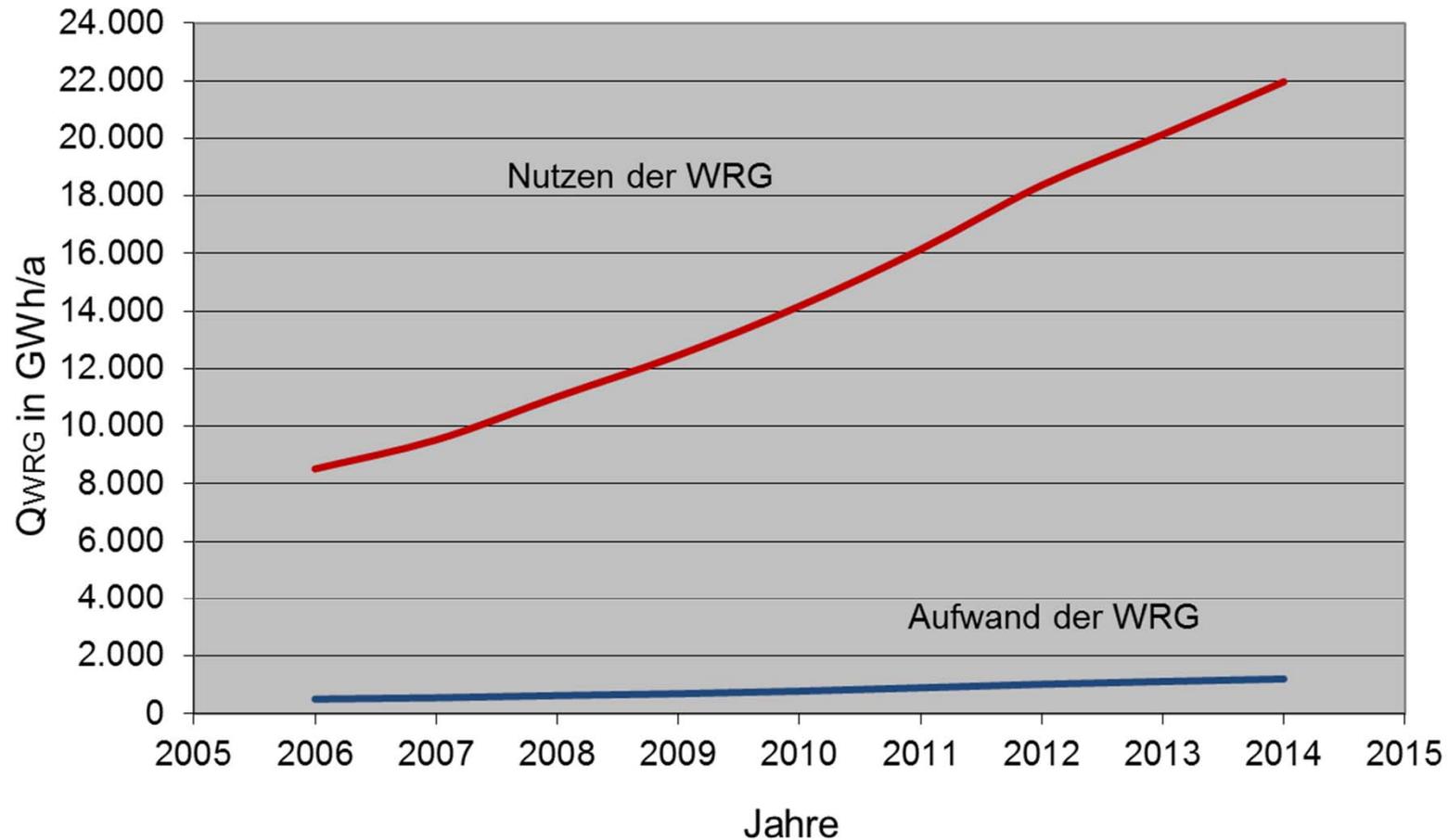


Jahr	Bedarf Wärme GWh/a	Nutzen WRG GWh/a	Aufwand WRG <sub>el</sub> GWh/a	Nutzen WRG <sub>sum.</sub> GWh/a	Aufwand WRG <sub>el sum.</sub> GWh/a	Netto WRG GWh/a
1993 bis 2005	3.653	573	34,6	<b>7.674</b>	<b>463</b>	7.237
2006	4.801	907	48,4	<b>8.523</b>	<b>508</b>	8.053
2007	5.153	1.074	51,4	<b>9.528</b>	<b>556</b>	9.034
2008	5.526	1.602	79,5	<b>11.028</b>	<b>631</b>	10.490
2009	4.295	1.542	69,3	<b>12.471</b>	<b>696</b>	11.909
2010	4.017	1.820	93,3	<b>14.174</b>	<b>783</b>	13.555
2011	4.376	2.107	124,2	<b>16.146</b>	<b>899</b>	15.422
2012	4.121	2.383	130,7	<b>18.376</b>	<b>1.022</b>	17.558
2013	3.468	1.884	102,9	<b>20.140</b>	<b>1.118</b>	19.247
2014	3.767	1.956	94,4	<b>21.970</b>	<b>1.206</b>	21.030

Wärmebedarf und WRG (NWG) in Deutschland

# WRG in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für



Nutzen und Aufwand der Wärmerückgewinnung als Energiemengen

# Regenerative Wärme in Deutschland

## Regenerative Wärmebereitstellung 2013

Wärmepumpen	8,5 TWh/a	Quelle BWP 2013
Solarthermie	6,8 TWh/a	Quelle ZSW AGEE-Stat. 2014
Geothermie	9,5 TWh/a	Quelle ZSW AGEE-Stat. 2014
Summe	<b>24,8 TWh/a</b>	

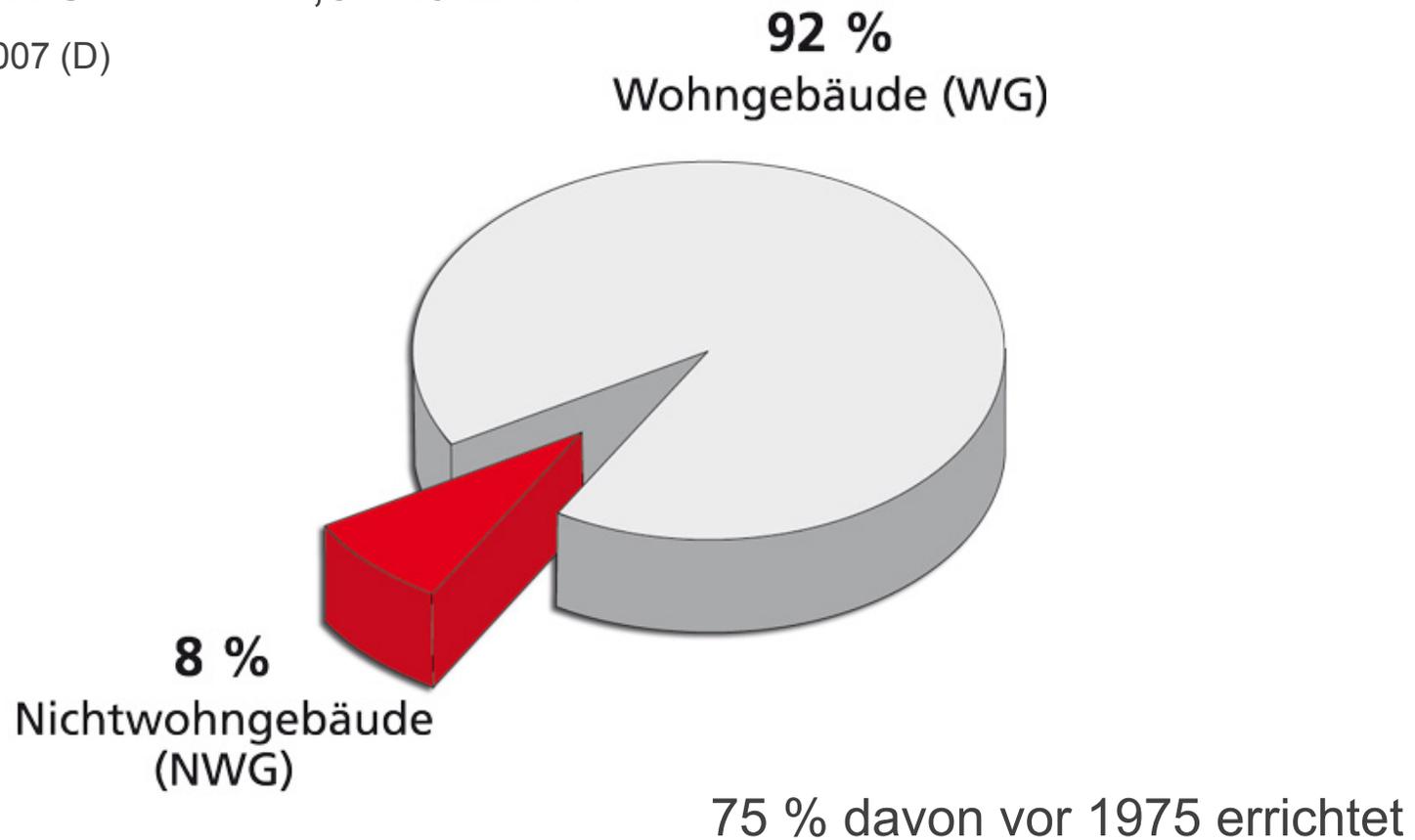
Wärmerückgewinnung NWG	<b>20,1 TWh/a</b>
Prognose 2020	<b>33,2 TWh/a</b>

# Gebäudebestand in Deutschland

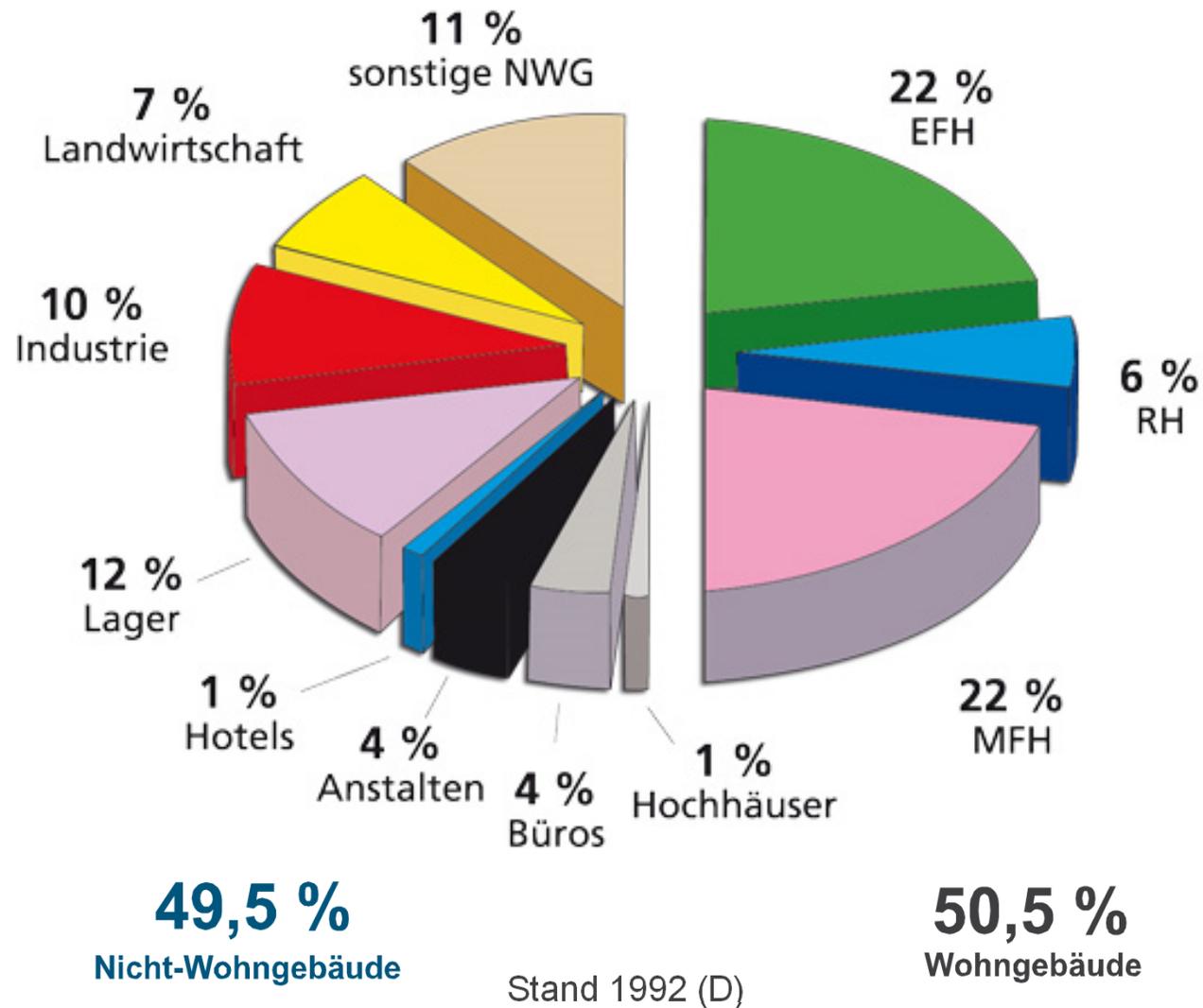
Wohngebäude 17,3 Mio Einh.

Nicht-WG 1,5 Mio Einh.

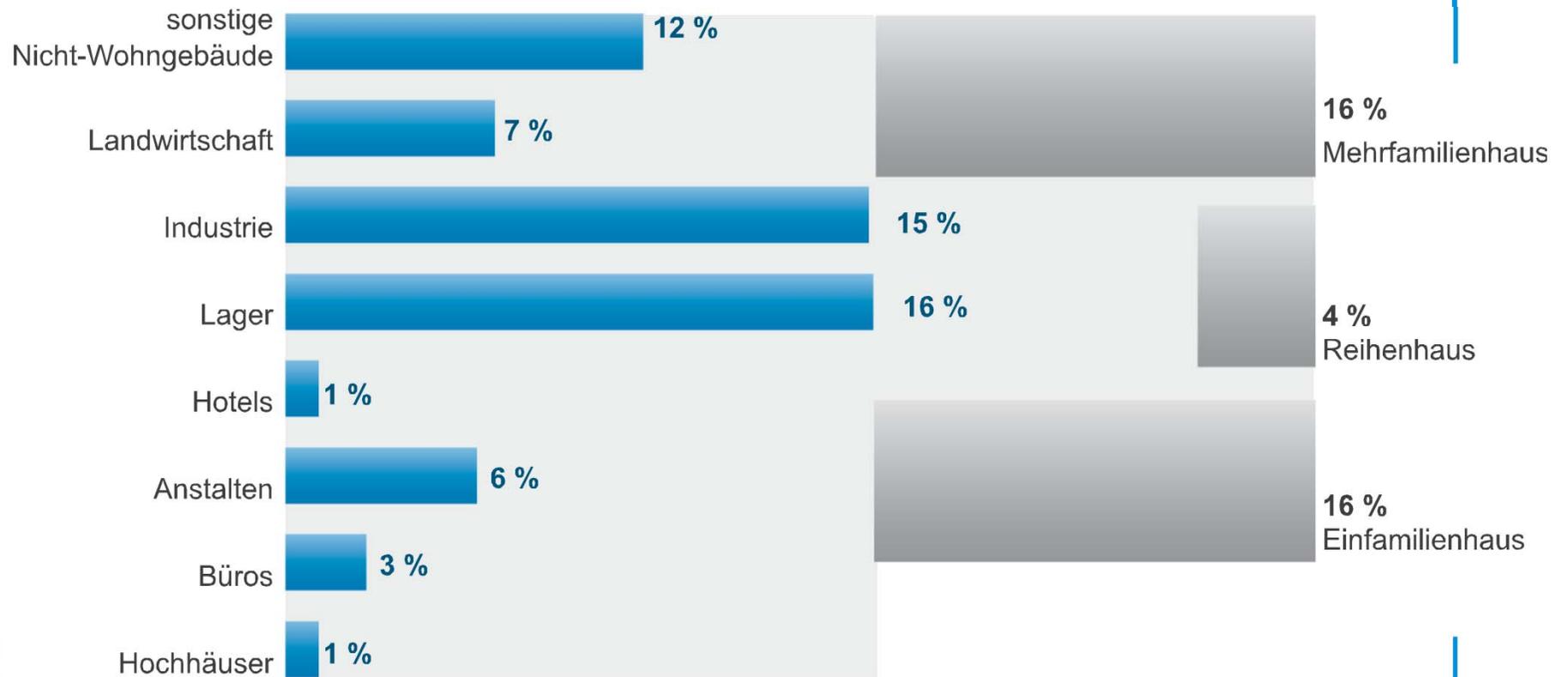
Stand 2007 (D)



# Flächenanteile Gebäude



# Volumenanteile Gebäude



Abschätzung UCB-Studie 2010

**63,5 %**  
Nicht-Wohngebäude

**36,5 %**  
Wohngebäude

# Potenzial der WRG

UCB-Studie 2013 für



## Einsparpotenzial in der RLT

**Wohngebäude (2012) in D** **165 GWh/a ( 7 %)**

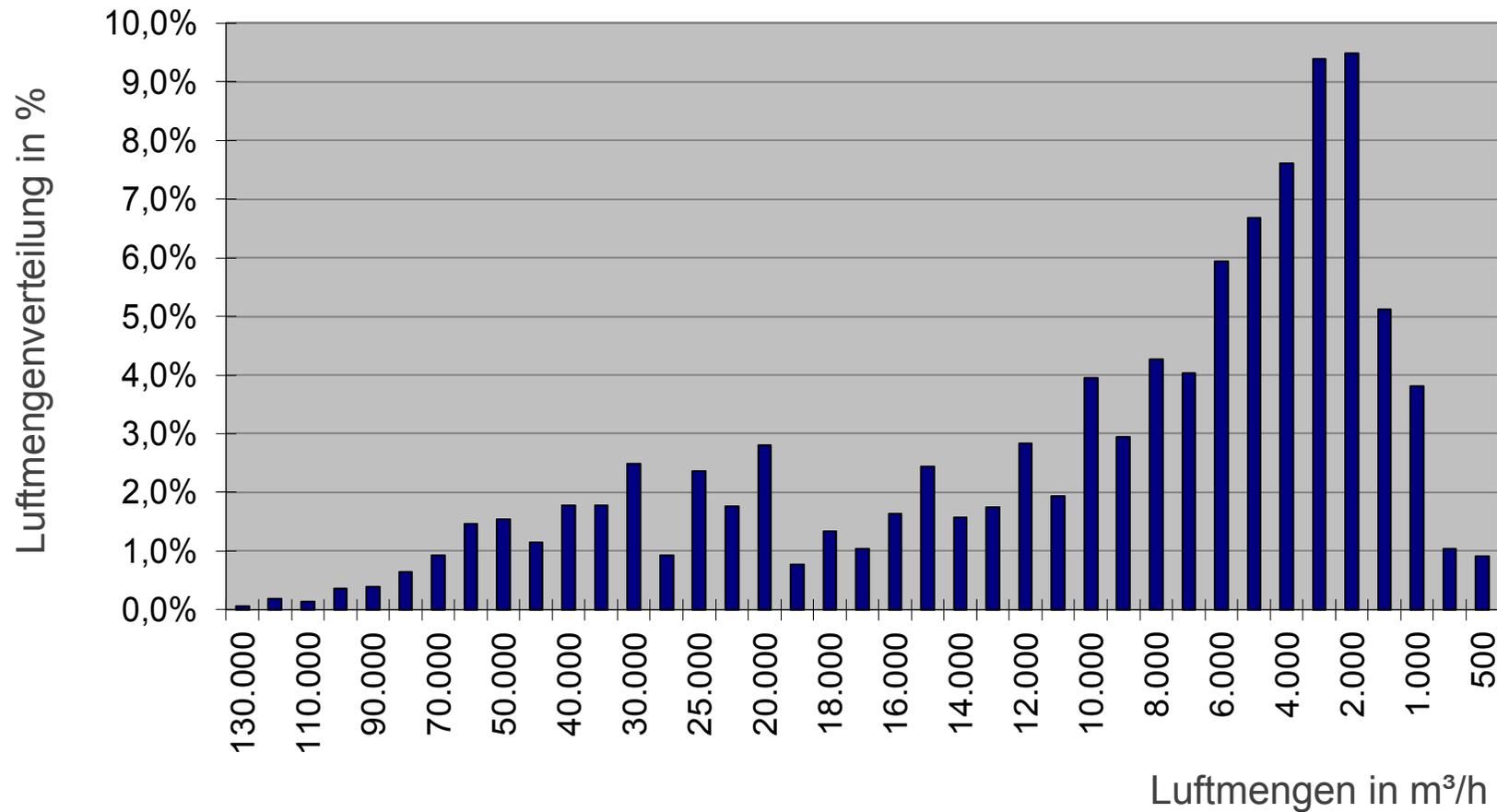
**Nicht-Wohngebäude (2012) in D** **2.302 GWh/a (93 %)**

**Wohngebäude (2025) in der EU** **448 PJ (15 %)**

**Nicht-Wohngebäude (2025) in der EU** **2.630 PJ (85 %)**

# RLT-Luftmengen in NWG

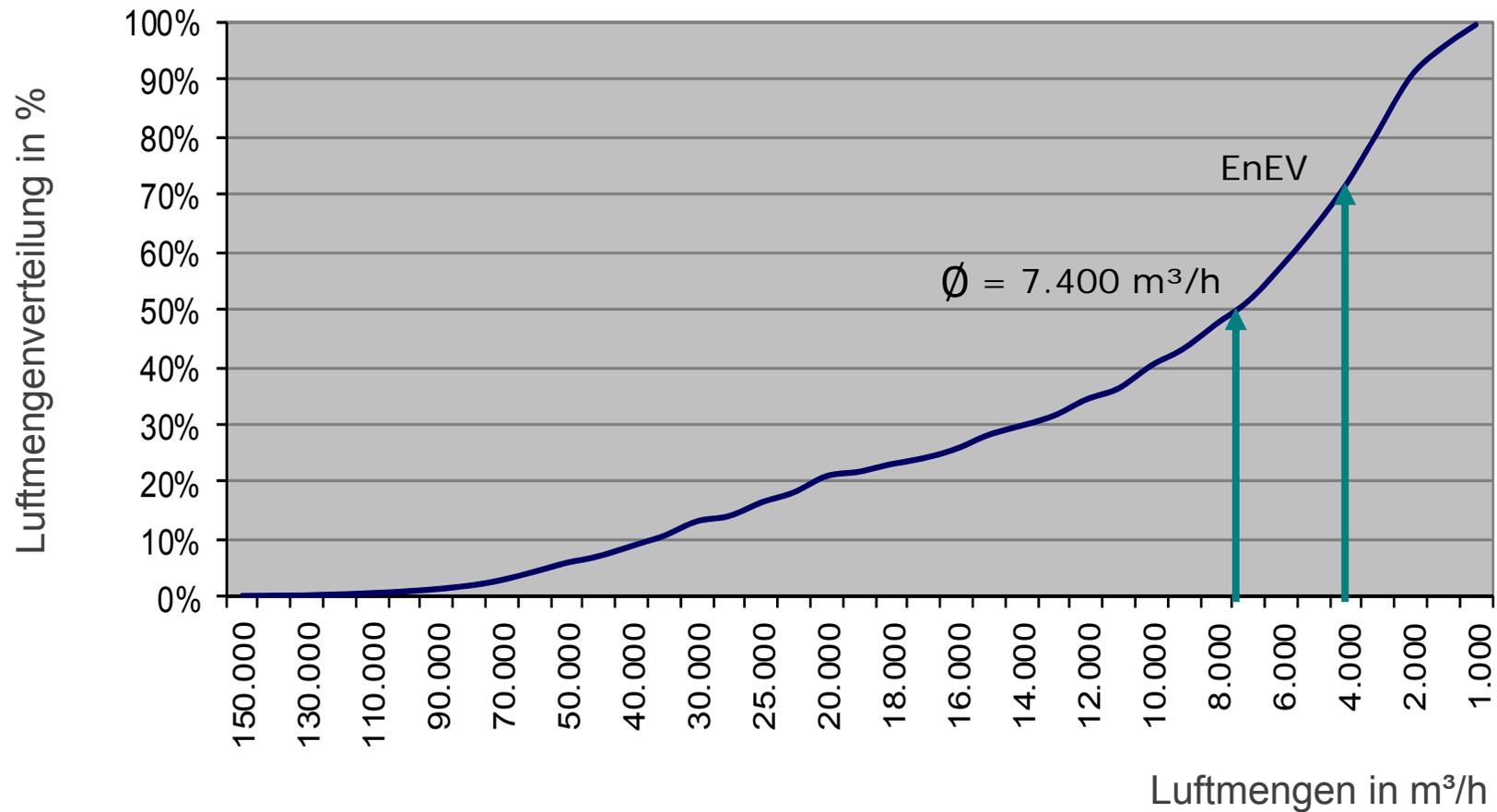
UCB-Studie 2010 für  EVIA  
European Ventilation Industry Association



Luftmengenverteilung in NWG

# RLT-Luftmengen in NWG

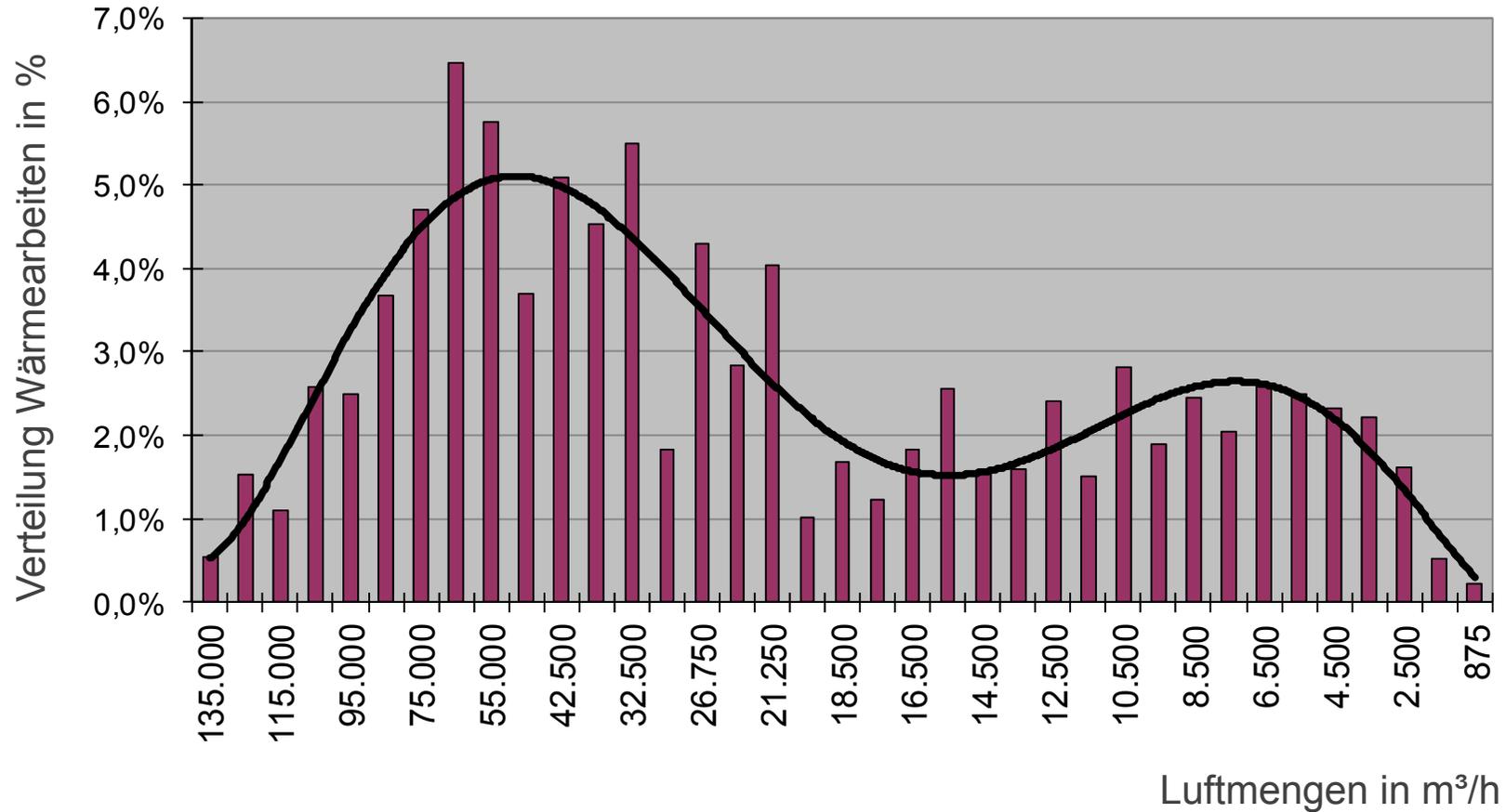
UCB-Studie 2010 für  EVIA  
European Ventilation Industry Association



# RLT-Luftmengen in NWG

UCB-Studie 2010 für  EVIA  
European Ventilation Industry Association

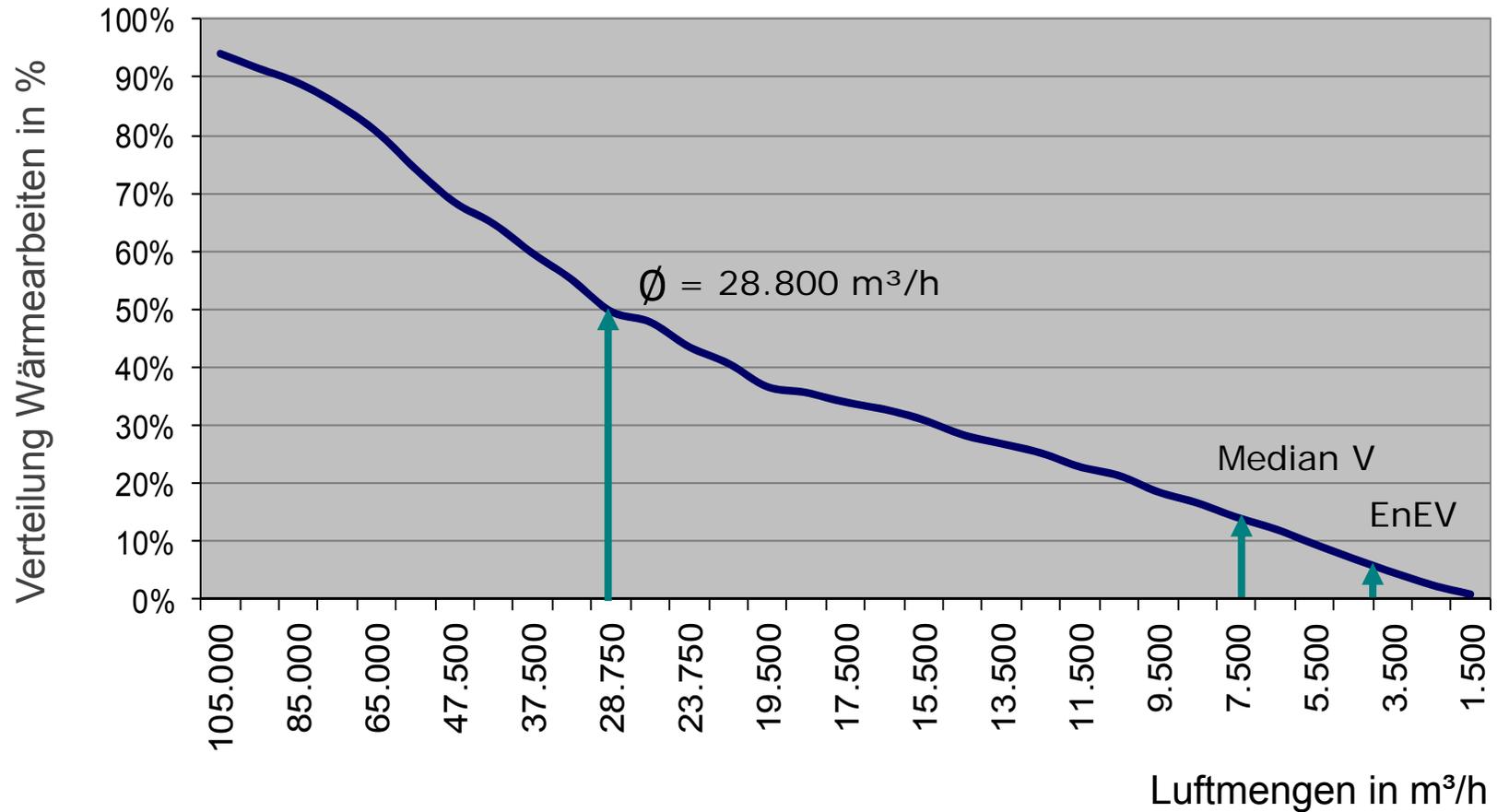
$$y = 4E-09x^6 - 5E-07x^5 + 2E-05x^4 - 0,0004x^3 + 0,0031x^2 - 0,002x + 0,0045$$



Wärmearbeiten in NWG

# RLT-Luftmengen in NWG

UCB-Studie 2010 für  EVIA  
European Ventilation Industry Association



Summenhäufigkeiten der Wärmearbeiten in NWG

## RLT-Luftmengen in NWG

Luftmengen und Potenzial in der RLT in NWG

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

**Der „Faktor Zwei x Zwei“ der Energierelevanz  
in der Raumluftechnik von NWG**

# Raumlufttechnik mit WRG

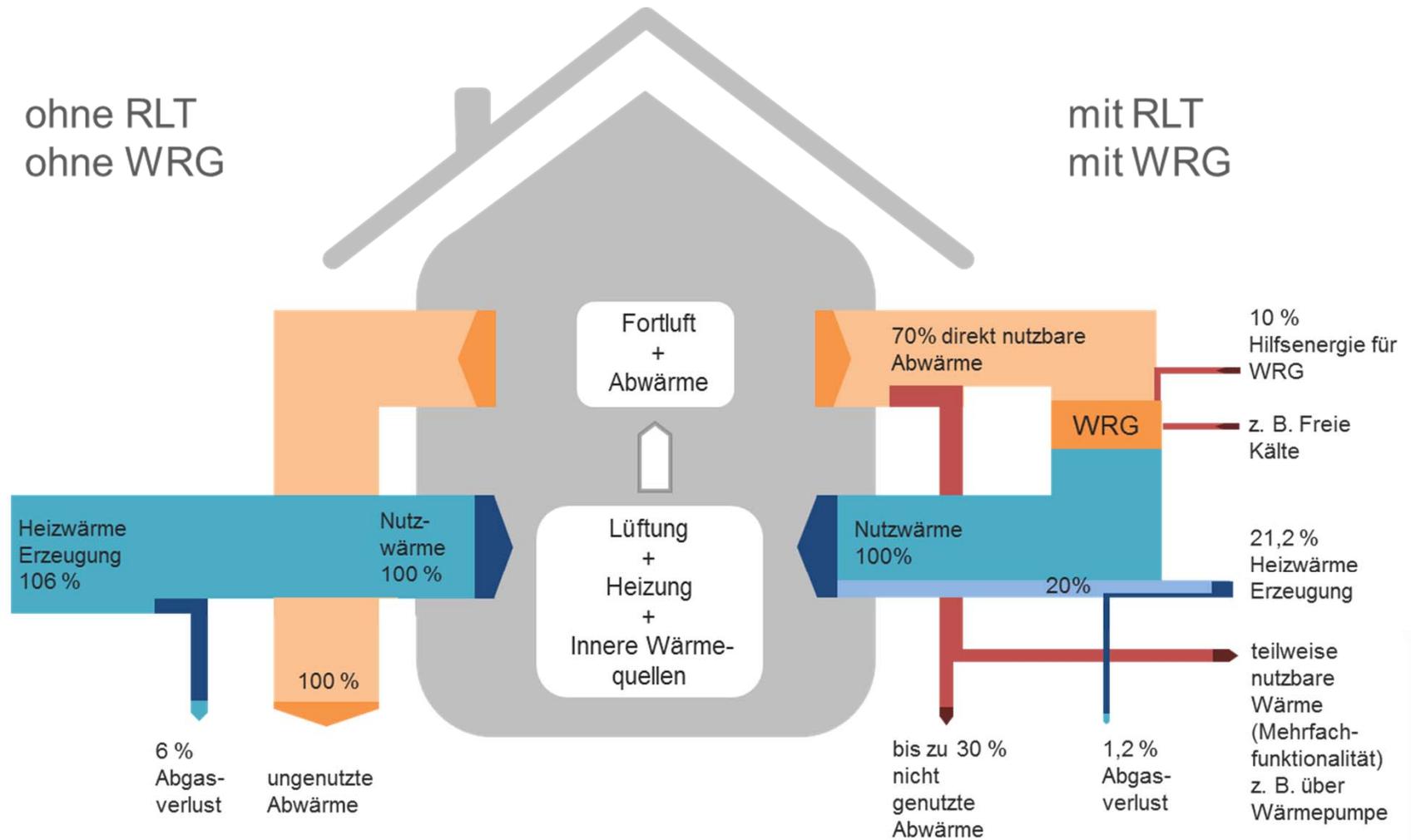
Quelle: HOWATHERM



# Raumlufttechnik mit WRG

ohne RLT  
ohne WRG

mit RLT  
mit WRG



Quelle: Prof. Pfeiffenberger

# Elektrische Effizienz



**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)**

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

$P_{\text{SFP}}$  Spezifische Ventilatorleistung [W/(m<sup>3</sup>/s)]

$P_{\text{Input}}$  elektrische Leistungsaufnahme [W]

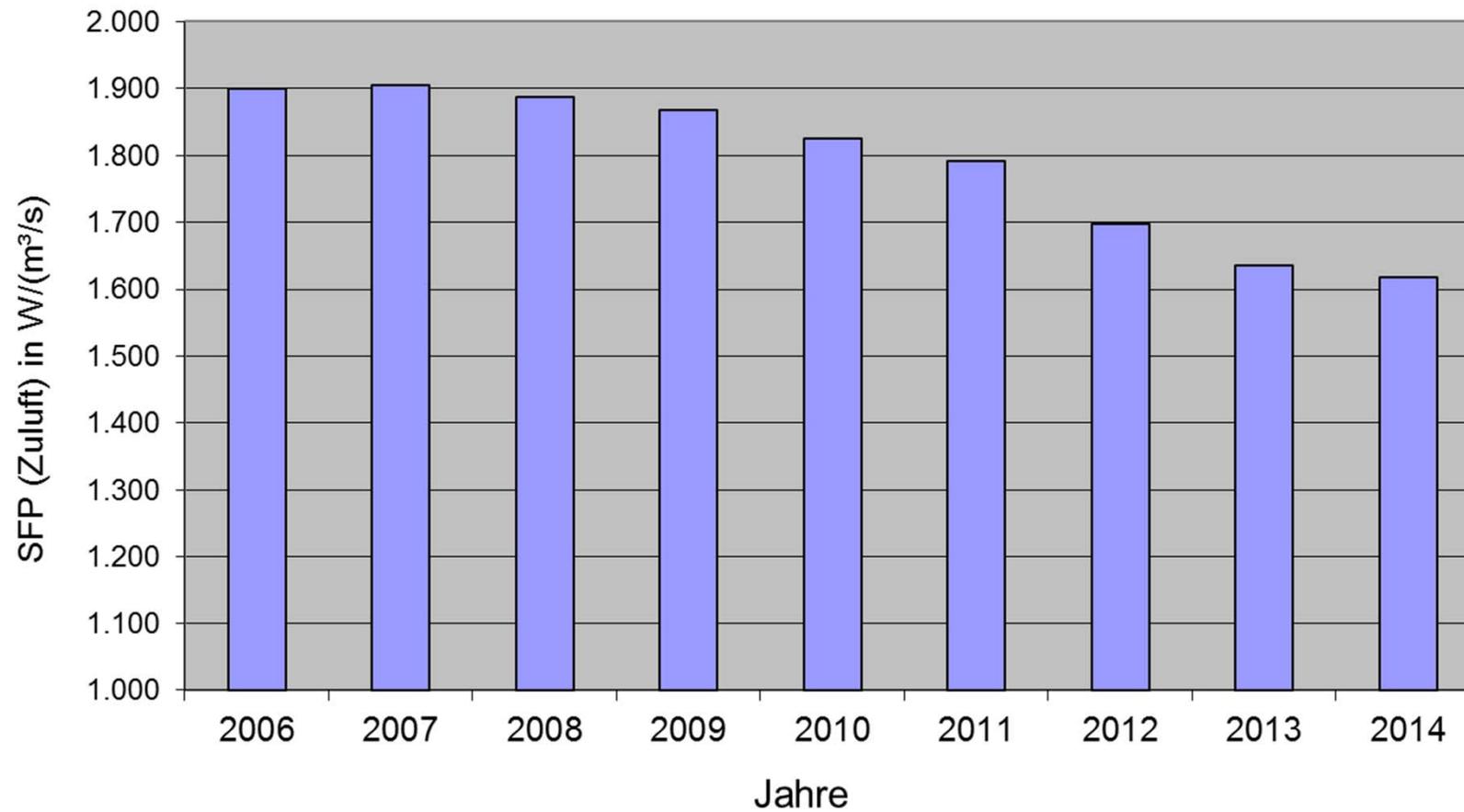
$q_v$  Nennluftvolumenstrom [m<sup>3</sup>/s]

$\Delta p_{\text{fan}}$  Gesamtdruckerhöhung [Pa]

$\eta_{\text{total}}$  Systemwirkungsgrad Antrieb [-]

# RLT $P_{el}$ in NWG in Deutschland

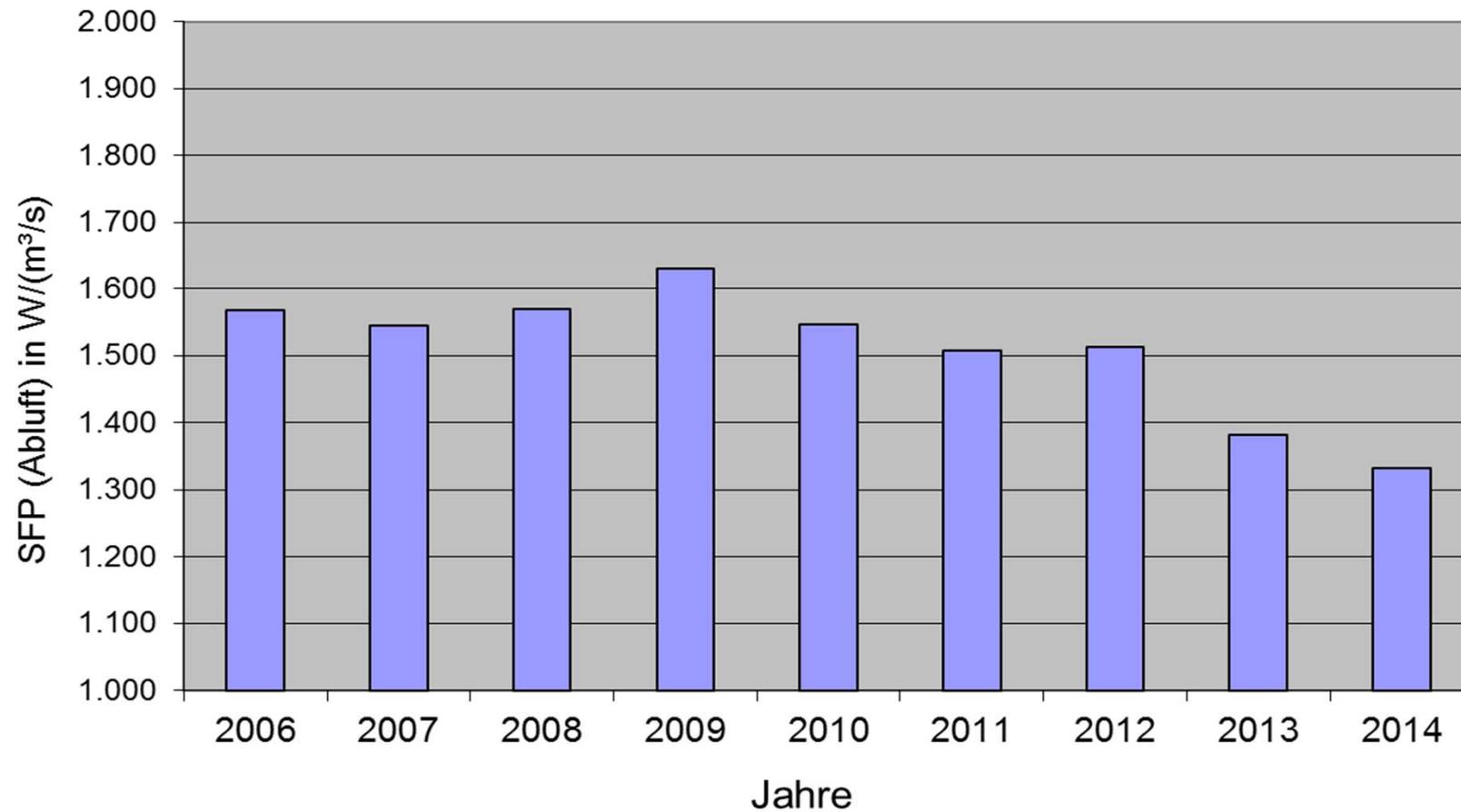
UCB-Studie 2014 für



Entwicklung der spezifischen Zuluft-Ventilatorleistung SFP

# RLT $P_{el}$ in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für



Entwicklung der spezifischen Abluft-Ventilatorleistung SFP

# RLT $P_{el}$ in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für

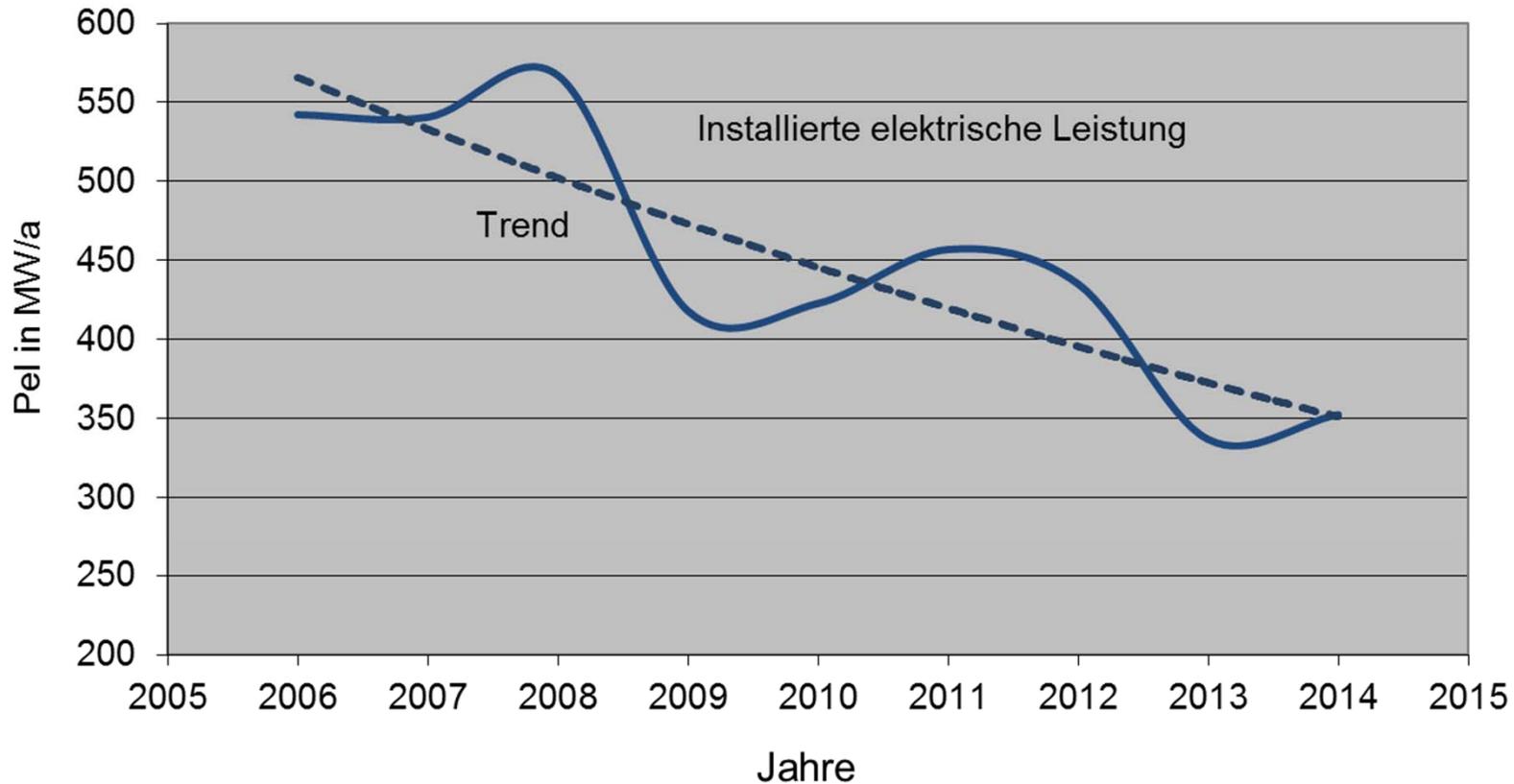


	SFP ZUL	SFP ABL	V ABL	V ZUL	Geräte	RLT	$V_D$ ABL	$P_{el}$ ABL	$V_D$ ZUL	$P_{el}$ ZUL	Gesamt
	W/(m <sup>3</sup> /s)	W/(m <sup>3</sup> /s)	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	Anzahl	%	Mio. m <sup>3</sup> /h	MW/a	Mio. m <sup>3</sup> /h	MW/a	MW/a
2006	1.900	1.567	14.106	13.426	31.857	70,5	552,6	240,6	571,5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

Installierte elektrische Leistung von RLT-Geräten in NWG

# RLT $P_{el}$ in NWG in Deutschland

UCB-Studie 2014 für



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

# Elektrische Effizienz



**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 Klimaanlage

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

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

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

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



EUROPÄISCHE KOMMISSION  
GENERALDIREKTION UNTERNEHMEN UND INDUSTRIE

Nachhaltiges Wachstum und EU 2020  
Nachhaltige Industriepolitik und Baugewerbe  
Referatsleiter

130114

Brüssel, den  
ENTR/B1/TB/jl ARES (2014) 56911

Hochschule Trier  
z. Hd. Herrn Dr.-Ing. Christoph  
Kaup  
Lehrbeauftragter am Umwelt-  
Campus Birkenfeld  
Schneidershof  
54208 Trier

#### Entwicklung einer Ökodesign-Verordnung mit Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen

Sehr geehrter Herr Dr. Kaup,

die Generaldirektion Industrie und Unternehmen der Europäischen Kommission bereitet eine Ökodesign-Verordnung zur Festsetzung von Minimumanforderungen an Raumluftechnische Produkte vor, über die im Dezember 2013 im den Ökodesign-Verwaltungsausschuss positiv abgestimmt wurde.

Sie und Ihre Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, haben aktiv zu den vorbereitenden Arbeiten zu der geplanten EU Verordnung beigetragen. Zum Beispiel sind die neu entwickelten und von uns verwendeten Effizienzkriterien für Nichtwohnraumlüftungsanlagen maßgeblich von Ihnen geschaffen worden, und viele Ihrer Veröffentlichungen sind in unseren vorbereitenden Studien zitiert worden. Auch im unseren Konsultationsverfahren haben Sie sowohl durch direkte Beiträge als auch über den europäischen Verband EVIA aktiv mitgewirkt. Außer den Beiträgen des Umweltcampus Birkenfeld hat europaweit keine andere Hochschule vergleichbare Informationen geliefert. Daher möchte ich mich für ihr ehrenamtliches Engagement und das Ihrer Hochschule ausdrücklich bedanken.

Unsere Arbeiten haben nicht nur sehr signifikante Energieeinsparpotentiale, sondern auch einen enormen Handlungsbedarf zur Verbesserung der wissenschaftlich-technischen Grundlagen in der Lüftungstechnik festgestellt. Die geplante Ökodesign-Verordnung soll zur Verbesserung der Situation beitragen. Dennoch werden auch bei der bevorstehenden Umsetzung und zukünftigen Überarbeitung, unter anderem in Bezug auf Leckagen, noch viele technische Fragen offen bleiben, die eine Hochschule wissenschaftlich beantworten könnte.

Es wäre daher zu begrüßen, wenn Ihre Hochschule ihr Engagement im Bereich der Raumluftechnik weiter auszubauen könnte, und so durch Forschung und weiterführend Entwicklung zur Verbesserung der Lüftungstechnik beisteuern könnte. Dies würde auch zur Stärkung dieses wichtigen Industriesektors in Europa beitragen.

Mit freundlichen Grüßen

Marzena Rogalska

Commission européenne/Europese Commissie, 1049 Bruxelles/Brussel, BELGIQUE/BELGIË - Tel. +32 22991111  
Büro: BREY 7/06 - Tel. Durchwahl +32 229-51497 - E-mail : marzena.rogalska@ec.europa.eu

Sehr geehrter Herr Dr. Kaup,

die Generaldirektion Industrie und Unternehmen der Europäischen Kommission bereitet eine Ökodesign-Verordnung zur Festsetzung von Minimumanforderungen an Raumluftechnische Produkte vor, über die im Dezember 2013 im den Ökodesign-Verwaltungsausschuss positiv abgestimmt wurde.

Sie und Ihre Hochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, haben aktiv zu den vorbereitenden Arbeiten zu der geplanten EU Verordnung beigetragen. Zum Beispiel sind die neu entwickelten und von uns verwendeten Effizienzkriterien für Nichtwohnraumlüftungsanlagen maßgeblich von Ihnen geschaffen worden, und viele Ihrer Veröffentlichungen sind in unseren vorbereitenden Studien zitiert worden. Auch im unseren Konsultationsverfahren haben Sie sowohl durch direkte Beiträge als auch über den europäischen Verband EVIA aktiv mitgewirkt. Außer den Beiträgen des Umweltcampus Birkenfeld hat europaweit keine andere Hochschule vergleichbare Informationen geliefert. Daher möchte ich mich für ihr ehrenamtliches Engagement und das Ihrer Hochschule ausdrücklich bedanken.

Unsere Arbeiten haben nicht nur sehr signifikante Energieeinsparpotentiale, sondern auch einen enormen Handlungsbedarf zur Verbesserung der wissenschaftlich-technischen Grundlagen in der Lüftungstechnik festgestellt. Die geplante Ökodesign-Verordnung soll



**Fachverband Gebäude-Klima e. V.**

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

**Energetische Potenziale von RLT-Zentralgeräten**

Prof. Dr.-Ing. **Christoph Kaup**

**HOWATHERM** Klimatechnik GmbH / **Umwelt-Campus Birkenfeld**

**Berliner 2015**

**ENERGIETAGE**

**Energieeffizienz in Deutschland**

**Berlin, 29. April 2015**