

# Studie zur Entwicklung des Energiebedarfs zentraler Raumlufttechnischer Anlagen in Nicht-Wohngebäuden in Deutschland



Dr.-Ing. Christoph Kaup Lehrbeauftragter für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung

Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis Prodekan Fachbereich Umweltplanung / Umwelttechnik





Bestellung beim Fachverband Gebäude-Klima e. V. und Herstellerverband RLT-Geräte e. V.

mit Best.-Nr. 242 · 6/2014

Danziger Str. 20 74321 Bietigheim-Bissingen Tel.: +49 7142 78 88 99 0

Fax: +49 7142 78 88 99 19

E-Mail: info@fgk.de Internet: www.fgk.de

### 1 Ziel der Studie

Der Fachverband Gebäude-Klima e. V. (FGK) und der Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e. V. (RLT) nutzen für ihre Öffentlichkeitsarbeit eine Abschätzung der Entwicklung des Energiebedarfs und des Energieeinsparpotenzials von zentralen Raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) in Nicht-Wohngebäuden (NWG) in Deutschland. Hierzu hat der Umwelt-Campus Birkenfeld, Hochschule Trier, unter Leitung von Dr.-Ing. Christoph Kaup die vorliegende wissenschaftliche Studie erstellt, die im Wesentlichen auf eigenen Untersuchungen und Marktbefragungen des Herstellerverbandes RLT e. V. beruht.

## 2 Entwicklung der Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnungssysteme werden seit Jahren zur Verringerung des benötigten thermischen Primärenergiebedarfs in RLT-Geräten und -Anlagen in NWG eingesetzt. Diese Effizienzmaßnahme gehört spätestens seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009<sup>1</sup> zum Stand der Raumlufttechnik in Nicht-Wohngebäuden der Bundesrepublik Deutschland.

Bild 1 zeigt die Entwicklung des mittleren Temperaturübertragungsgrades (Φ) der Wärmerückgewinnung innerhalb der letzten acht Jahre für Deutschland.

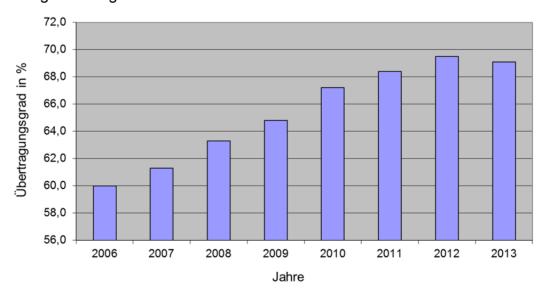


Bild 1: Entwicklung des Temperaturübertragungsgrades von WRG-Systemen<sup>2 3</sup>

<sup>2</sup> Erweiterung der Studie zur Energieeffizienz von raumlufttechnischen Geräten, Springer-VDI Verlag, HLH 01/2012 und ergänzende Analysen bis 2014

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Energieeinsparverordnung, 2009-10

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Es wurden insgesamt 19.301 RLT-Geräte und deren Auslegungsdaten analysiert. Dabei handelte es sich um marktbezogene und reale Geräteauslegungen eines Herstellers aus den Jahren 2003 bis 2013. Es wurden bewusst Auslegungen im Angebotsstadium und nicht ausgeführte Geräte zur Auswertung herangezogen, um unternehmensspezifische Einflüsse zu eliminieren.

Der mittlere Temperaturübertragungsgrad stieg von 60 % in 2006 auf 69,5 % in 2012. Man erkennt im Jahre 2013 erstmals eine Stagnation des Wertes, der in 2013 bei  $\Phi$  = 69,1 % lag.

Auch die Verwendung von WRG-Systemen in Anlagen für Nicht-Wohngebäude hat sich bis 2012 deutlich erhöht. Allerdings kann für 2013 ebenfalls eine Stagnation der Verwendung von Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung festgestellt werden.

Da laut Studie des Umwelt-Campus Birkenfeld von 2009<sup>4</sup> 13,3 % der RLT-Geräte reine Zuluftgeräte und 5,9 % reine Abluftgeräte sind, können somit maximal 80,8 %<sup>5</sup> der RLT-Geräte überhaupt mit WRG-Systemen ausgestattet werden, weil nur in diesen Fällen dem Abluftstrom ein korrespondierender Zuluftstrom gegenübersteht.

Mittlerweile werden 78,6 % (2012: 83,2 %) dieser möglichen RLT-Geräte (80,8% sämtlicher Geräte) tatsächlich mit WRG-Systemen ausgestattet (Bild 2).

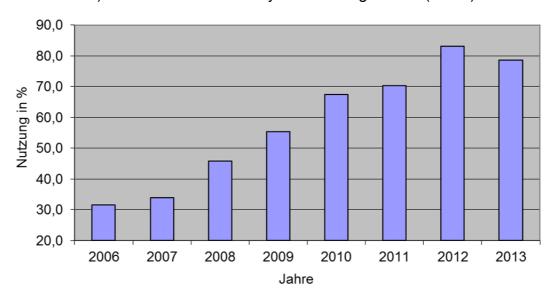


Bild 2: Entwicklung der Verwendung von WRG-Systemen, bezogen auf mögliche Geräte<sup>6</sup>

Die Stagnation der Verwendung der WRG in 2013 kann u. E. auch auf Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zurückgeführt werden, da die Nutzung von WRG-Systemen klar durch ökonomische Rahmenbedingungen beeinflusst wird. Offensichtlich ist das wirtschaftliche Optimum heute bei einem Temperaturübertragungsgrad von  $\Phi \approx 70$  % erreicht.

-

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Potenzial der Wärmerückgewinnung, Gentner Verlag, TGA Fachplaner 12/2009

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Laut Beck (Beck, E.: Dissertation: Energieverbrauch, -einsparpotential und -grenzwerte von Lüftungsanlagen, Universität und Gesamthochschule Kassel, 2000) beläuft sich dieser Wert auf 79 %.

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Marktdaten der jährlichen Mitgliederbefragung des Herstellerverbands Raumlufttechnische Geräte e. V. 2006 bis 2013

Neben dem Nutzen der Wärmerückgewinnung muss der elektrische Aufwand zum Betrieb der WRG betrachtet werden. Dieser Aufwand wird im Wesentlichen durch den Druckabfall der WRG-Systeme hervorgerufen, aus dem sich ein höherer Ventilatorleistungsbedarf ergibt. Die Entwicklung des mittleren Differenzdruckes Δp von WRG-Systemen stellt Bild 3 dar. Die mittleren Differenzdrücke haben sich unterproportional zur Entwicklung des Temperaturübertragungsgrades entwickelt. Insbesondere in den Jahren 2012 und 2013 haben sich die mittleren Differenzdrücke trotz hoher Temperaturübertragungsgrade verringert.

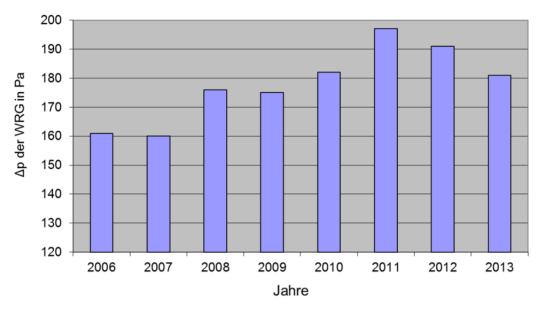


Bild 3: Entwicklung der mittleren Differenzdrücke Δp von WRG-Systemen<sup>7</sup>

Damit kann festgehalten werden, dass sich das Verhältnis des elektrischen Aufwandes zum Nutzen der WRG sogar verbessert hat. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) liegt im Mittel der letzten drei Jahre bei 17,8. In 2013 lag sie bei 18,3 (siehe auch Bild 4).

Aus den erhobenen Marktdaten des Herstellerverbands Raumlufttechnische Geräte e. V. ergibt sich die in Tabelle 1 dargestellte Situation für Deutschland.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Analysen von jeweils mind. 1.300 Geräteauslegungen pro Analysejahr im Rahmen einer Studie des Umwelt-Campus Birkenfeld, Dr.-Ing. Christoph Kaup, 2006 bis 2013

Tabelle 1: Marktdaten für im Inland (D) verkaufte RLT-Geräte<sup>8</sup>

Jahr	Geräte	WRG-Nutzung	Φ WRG	ΔP WRG	V ZUL	Anteil RLT	$V_DZUL$
	Anzahl	%	%	Pa	m³/h	% Markt	Mio. m³/h/a
Basis 13,4 Jahre	25.000	27,5	57,0	165	14.000	70,5	467,7
1993 bis 2005	(Mittelwerte abgeschätzt) <sup>9</sup>						
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

Insgesamt wurde demnach in Deutschland in Nicht-Wohngebäuden im Jahr 2013 ein Zuluftvolumenstrom (V D ZUL<sup>10</sup>) von rund 413 Mio. m³/h installiert. Berücksichtigt man nun den spezifischen Wärmebedarf zur Zulufterwärmung von 8,4 kWh/(m³/h)/a bei einer durchschnittlichen Laufzeit der Anlagen von 2.350 h/a<sup>11</sup>, so ergeben sich unter Berücksichtigung einer Sanierungsquote (Austausch von Altgeräten) von 6,4 %<sup>12</sup> die in Tabelle 2 dargestellten Energiemengen.

Tabelle 2: Wärmebedarf und WRG (NWG) in Deutschland

Jahr	Bedarf Wärme	Nutzen WRG	Aufwand WRG el	Nutzen WRG <sub>sum.</sub>	Aufwand WRG <sub>el sum.</sub>	Netto WRG	
	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	
Basis 13,4 Jahre <sup>13</sup>	3.653	573	34,6	7.674	463	7.237	
2006	4.801	907	48,4	8.523	508	8.053	
2007	5.153	1.074	51,4	9.528	556	9.034	
2008	5.526	1.602	79,5	11.028	631	10.490	
2009	4.295	1.542	69,3	12.471	696	11.909	
2010	4.017	1.820	93,3	14.174	783	13.555	
2011	4.376	2.107	124,2	16.146	899	15.422	
2012	4.121	2.383	130,7	18.376	1.022	17.558	
2013	3.468	1.884	102,9	20.140	1.118	19.247	

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Marktdaten der jährlichen Mitgliederbefragung des Herstellerverbands Raumlufttechnische Geräte e. V. 2006 bis 2013 und Analysen des Umwelt-Campus Birkenfeld, Dr.-Ing. Christoph Kaup, 2009 bis 2014

© Umwelt-Campus Birkenfeld 2014

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Werte bis einschließlich 2003 durch Analysen gesichert. Werte von 1993 bis 2002 wurden interpoliert.

Unter Berücksichtigung von 80,8 % kombinierter Zu- und Abluftgeräte und von 13,3, % reiner Zuluftgeräte.

11 Der Wärmebedarf im 24-h-Dauerbetrieb (8.760 h/a) der Anlagen liegt laut Beck bei 31,33 kWh/(m³/h)/a. Da RLT-Anlagen jedoch nicht im Dauerbetrieb, sondern meist im Einschichtbetrieb genutzt werden, wurde die durchschnittliche Laufzeit der Anlagen mit 2.350 h/a festgelegt. Dafür ergibt sich ein Wärmebedarf von 8,4 kWh/(m³/h)/a.

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> Sanierungsquote von 6,4 % (Standardabweichung 2,5 %) ermittelt durch Expertenbefragung (n = 10) in 2014.

<sup>13</sup> Multiplikationsfaktor von 13,4 (20 Jahre Lebensdauer mit 2 % abgezinst und 2 % Änderungssrate)

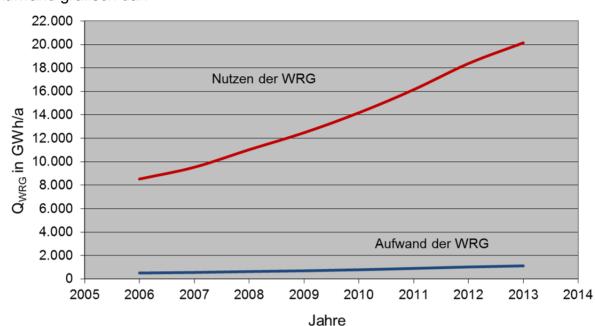


Bild 4 stellt den Nutzen der Wärmerückgewinnung im Verhältnis zum energetischen Aufwand grafisch dar.

Bild 4: Nutzen und Aufwand der Wärmerückgewinnung als Energiemengen  $Q_{WRG}$  in NWG

Es ist zu erkennen, dass sich das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand der Wärmerückgewinnung sehr positiv entwickelt hat. Mittlerweile liegt die zurückgewonnene Wärmemenge in Deutschland bei 20,1 TWh/a (siehe Bild 4). Der dafür notwendige elektrische Aufwand liegt demgegenüber lediglich bei 1,1 TWh/a. Legt man für die Erzeugung der elektrischen Leistung einen Primärenergiefaktor von 2,6 und für die Wärmeerzeugung (Heizöl oder Gas) einen Primärenergiefaktor von 1,1<sup>14</sup> zugrunde, ergibt sich eine zurückgewonnene Primärenergiemenge von 19,2 TWh/a netto. Die sich hieraus ergebende CO<sub>2</sub>-Einsparung zeigt Bild 5.

In 2013 wurde eine CO<sub>2</sub>-Reduktion von 5.831.770 Tonnen pro Jahr erreicht, die sich seit dem Jahr 2007 verdoppelt hat (siehe Bild 5).

Berücksichtigt man für die zukünftige Entwicklung in den Jahren 2014 bis 2020 als Effizienzkriterium der WRG die Mittelwerte der letzten drei Jahre 2011 bis 2013, so kann mit einem mittleren Temperaturübertragungsgrad von 69 % und einer mittleren WRG-Nutzung von 77,4 % eine zurückgewonnene Wärmemenge von 33,2 TWh/a (brutto), oder 31,7 TWh/a (netto unter Berücksichtigung des elektrischen Aufwands) für das Jahr 2020 abgeschätzt werden, wenn dabei pro Jahr eine Anzahl von installierten RLT-

\_

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> Primärenergiefaktor 2,6 für Strom, sowie 1,1 für Öl oder Gas, EnEV 2009

Geräten mit 25.000 Stück (RLT-Verband) oder 34.100 Stück (Deutschland gesamt) zugrunde gelegt wird. Die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes würde unter diesen Voraussetzungen im Jahr 2020 bei rund 9.608.000 t/a liegen.

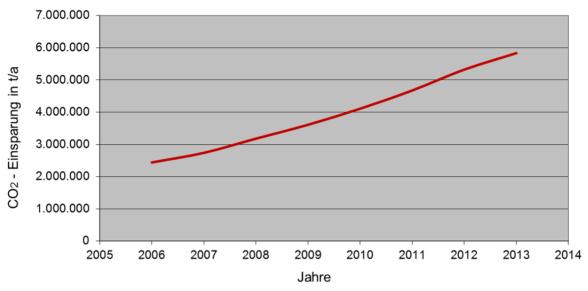


Bild 5: Netto-CO<sub>2</sub>-Reduktion durch WRG<sup>15</sup>

# 3 Entwicklung des Elektroenergiebedarfs

Der Elektroenergiebedarf ist neben dem Lüftungswärmebedarf der zweite wesentliche Energiebedarf von RLT-Anlagen, der zur Förderung der Ab- und Zuluftvolumenströme benötigt wird. Festzustellen ist, dass sich der spezifische elektrische Leistungsbedarf der Anlagen insbesondere in den letzten Jahren verringert hat (Bild 6 und 7).

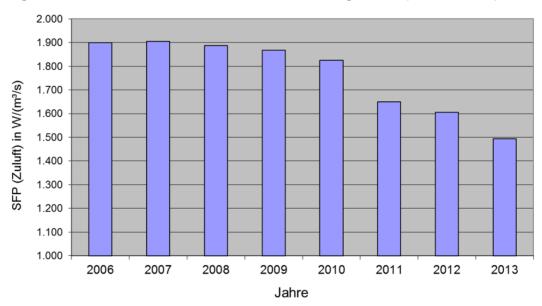


Bild 6: Entwicklung der spezifischen Zuluft-Ventilatorleistung SFP<sup>16</sup>

© Umwelt-Campus Birkenfeld 2014

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> Basis von 303 t CO<sub>2</sub>/GWh (Mittelwert aus 340 t/GWh Heizöl und 265 t/GWh Erdgas, Quelle VDI 3803 Blatt 5 2013)

Laut Bild 6 ist die mittlere spezifische Ventilatorleistung SFP (specific fan power) der Zuluftgeräte, bezogen auf das Jahr 2006, von 1.900 W/(m³/s) um 21,4 % auf 1.493 W/(m³/s) in 2013 gesunken [(2012: 1.605 W/(m³/s)].

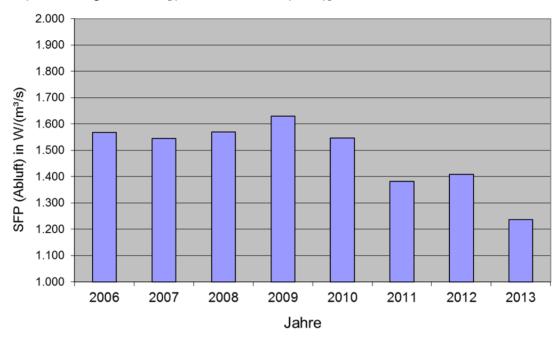


Bild 7: Entwicklung der spezifischen Abluft-Ventilatorleistung SFP<sup>16</sup>

Wie Bild 7 zeigt, sank dieser Wert auf der Abluftseite von 1.567 W/(m³/s) in 2006 um 21,1 % auf 1.236 W/(m³/s) in 2013 (2012: 1.409 W/(m³/s)). Diese positive Entwicklung ist offensichtlich darauf zurückzuführen, dass sich die Wirkungsgrade der Antriebskomponenten, insbesondere der elektrischen Motoren, verbessert haben (z. B. IE3-Antriebe).

Die benötigte und installierte jährliche elektrische Leistung für RLT-Anlagen in NWG in Deutschland ergibt sich aus der in Tabelle 3 und Bild 7 dargestellten Werte. Es kann festgestellt werden, dass sich die installierten elektrischen Leistungen in Deutschland in 2013 ebenfalls reduziert haben. Die neu installierten Leistungen sanken von 542 MW/a im Jahr 2006 auf 305 MW/a in 2013 (2012: 409 MW/a).

© Umwelt-Campus Birkenfeld 2014

 $<sup>^{16}</sup>$  Analysen von jeweils ca. 1.300 Geräteauslegungen pro Jahr im Rahmen einer Studie des Umwelt-Campus Birkenfeld, Dr.-Ing. Christoph Kaup, 2006 bis 2013

Tabelle 3: Installierte elektrische Leistung von RLT-Geräten in NWG

	SFP ZUL	SFP ABL	V ABL	V ZUL	Geräte	RLT	$V_{\scriptscriptstyle D}$ ABL	$P_{\text{el}}$ ABL	$V_D ZUL$	$P_{\text{el}}$ ZUL	Gesamt
	W/(m³/s)	W/(m³/s)	m³/h	m³/h	Anzahl	% Markt	Mio. m³/h	MW/a	Mio. m³/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	1.650	1.382	13.820	14.028	29.567	75,0	472,4	181,4	520,9	238,7	420,1
2012	1.605	1.409	14.037	13.073	27.885	70,0	484,8	189,7	490,6	218,7	408,5
2013	1.493	1.236	14.732	14.422	22.793	75,0	388,2	133,3	412,9	171,2	304,5

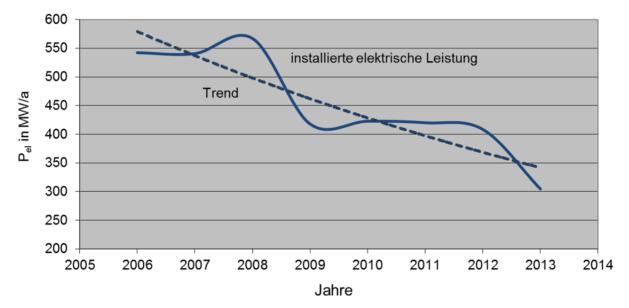


Bild 7: Entwicklung der neu installierten elektrischen RLT-Leistung P<sub>el</sub> in NWG in Deutschland

Dies ist, wie zuvor erläutert, sowohl auf die Verringerung der mittleren spezifischen Ventilatorleistungen (Bild 6 und 7) als auch auf die Reduzierung der in Deutschland neu benötigten Volumenströme (Tabelle 1) zurückzuführen. Die mittleren Volumenströme pro RLT-Gerät haben sich dabei sogar von 13.555 m³/h (Mittelwert aus Zuund Abluft) in 2012 auf 14.577 m³/h in 2013 erhöht. Allerdings ergab sich durch die geringere Anzahl an installierten Geräten (27.855 in 2012 und 22.793 in 2013, vom Herstellerverband RLT e. V. ermittelte Zahlen) eine geringere installierte Luftmenge in Deutschland, die im Mittel (berechnet aus V<sub>D</sub> ZUL und V<sub>D</sub> ABL in Tabelle 3) in 2013 bei 401 Mio. m³/h lag (2012: 488 Mio. m³/h).

# 4 Schlussfolgerung

Es bleibt festzuhalten, dass sich die Wärmerückgewinnung in Deutschland positiv entwickelt und sehr erfolgreich etabliert hat. Trotz der seit 2013 erstmals stagnierenden Leistungskennzahlen (Temperaturübertragungsgrad und Nutzung der WRG) steigt die zurückgewonnene Wärmemenge signifikant an und hat in 2013 erstmals einen Wert von 20,1 TWh/a erreicht.

Damit hat sich die durch Wärmerückgewinnung zurückgewonnene Wärmemenge seit 2007 etwa verdoppelt. Dies gilt auch für den Betrag der CO<sub>2</sub>-Einsparung, der sich von 2007 von 2,74 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Reduktion bis 2013 auf 5,83 Mio. t/a ebenfalls mehr als verdoppelt hat.

In den nächsten Jahren wird sich diese Entwicklung mit großer Wahrscheinlichkeit fortsetzen, da alte und weniger effiziente Anlagen durch neue und effizientere Anlagen ersetzt werden. Unter Berücksichtigung des heute erreichten Standes der Technik kann der Anteil an zurückgewonnener Wärme, die mit WRG aus NWG zurückgewonnen wird, für das Jahr 2020 mit rund 33,2 TWh/a abgeschätzt werden. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung wird dann bei etwa 9,61 Mio. t/a liegen.

Sehr positiv ist auch die Entwicklung der elektrischen Leistungen zu beurteilen. Die spezifischen Ventilatorleistungen, sowohl der Zuluft als auch der Abluft, haben sich in 2013 um rund 21 % gegenüber dem Jahr 2006 reduziert. Aufgrund der zusätzlich geringeren installierten Luftmengen wurde zugleich die installierte elektrische Leistung in Deutschland sogar um 43,8 % gegenüber 2006 (VJ 24,7 %) verringert.

Birkenfeld, 15.06.2014

Prof. Dr.-Ing. Percy Kampeis Prodekan Fachbereich Umweltplanung / Umwelttechnik Dr.-Ing/Christoph Kaup Lehrbeauftragter für Energieeffizienz

und Wärmerückgewinnung

Die Studie umfasst 10 Seiten

Umwelt-Campus Birkenfeld Hochschule Trier, Standort Birkenfeld Hochschule für Wirtschaft, Technik und Gestaltung

Postfach 13 80 D-55761 Birkenfeld

Telefon: +49 6782 17-18 19
Telefax: +49 6782 17-13 17
E-Mail: info@umwelt-campus.de

www.umwelt-campus.de

