

Im Jahr 2013 konnten in Deutschland durch Wärmerückgewinnungssysteme in rund 22.800 neu installierten RLT-Geräten 1.884 GWh Wärmeenergie eingespart werden. Bei einem gleichzeitigen elektrischen Energiemehrverbrauch von 103 GWh, der sich durch den Betrieb der Wärmerückgewinnungen ergibt, folgt für die Wärmerückgewinnung eine phantastische Jahresarbeitszahl von durchschnittlich 18,3.

So bedeutend ist die RLT-WRG

Neue Studie zur Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen

Im Auftrag des Fachverbands Gebäude-Klima (FGK) und des Herstellerverbands RLT-Geräte, Bietheim-Bissingen, hat der Umwelt-Campus Birkenfeld unter Leitung von Dr.-Ing. Christoph Kaup auf Basis eigener Studien und Marktbefragungen die „Studie zur Entwicklung des Energiebedarfs von RLT-Anlagen in Nichtwohngebäuden“ erstellt, die Ende Juni veröffentlicht wurde. Die Redaktion von cci Zeitung hat nachfolgend wichtige Ergebnisse dieser Studie zusammengefasst.

tige Ergebnisse dieser Studie zusammengefasst.

Entwicklung der Wärmerückgewinnung

Das primäre Ziel einer Wärmerückgewinnung (WRG) in einer RLT-Anlage besteht darin, den Energiebedarf zu verringern, der zur Temperierung der Außenluft auf die gewünschte Zulufttemperatur benötigt wird. Da in RLT-Anlagen beim

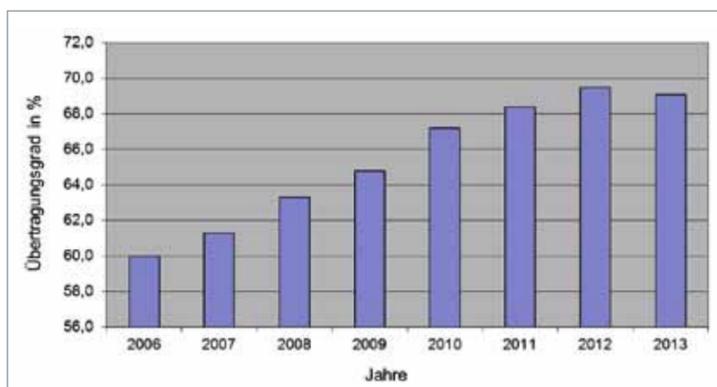


Abbildung 1: Entwicklung der Wärmeübertragungsgrade φ von WRG-Systemen in RLT-Geräten in Deutschland von 2006 bis 2013

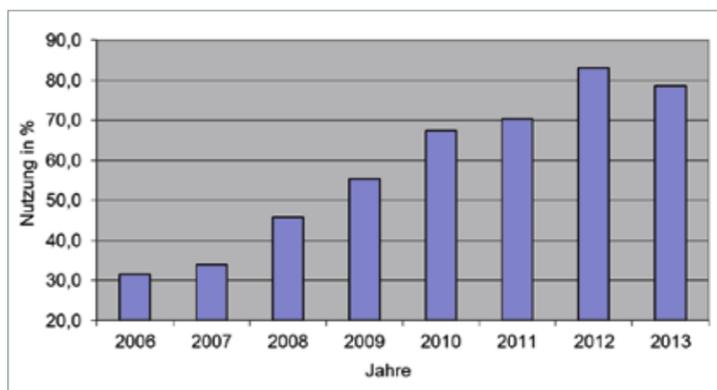


Abbildung 2: Entwicklung der Nutzung (Verwendung) von WRG-Systemen in RLT-Geräten in Deutschland von 2006 bis 2013. 2013 waren knapp 80 % aller möglichen kombinierten Zuluft-Abluft-Geräte mit WRG-Systemen ausgestattet.

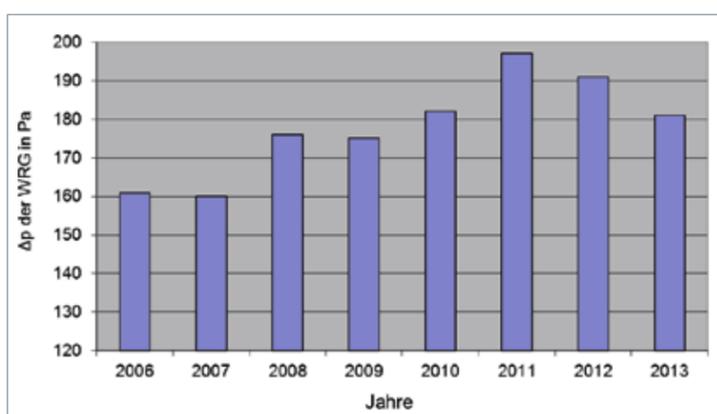
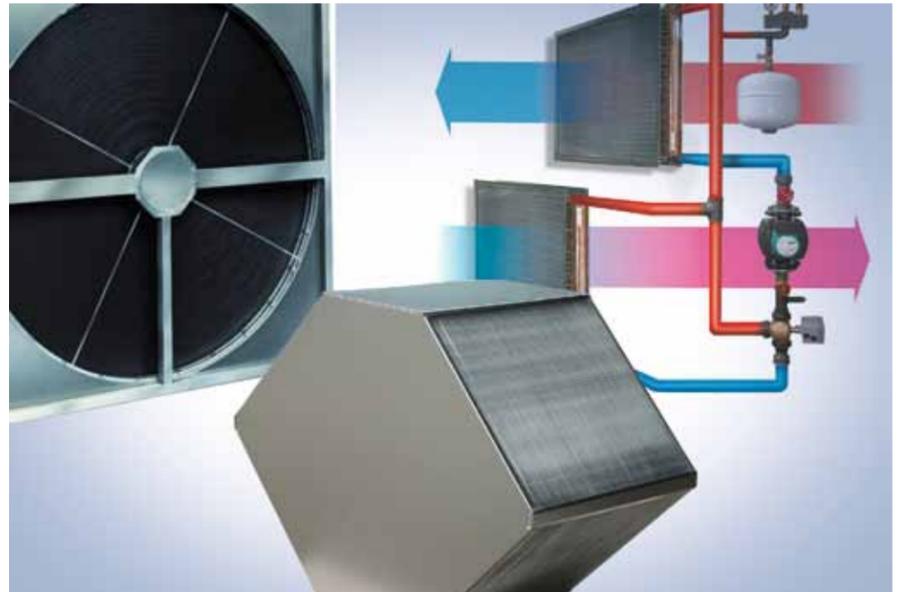


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren Differenzdrücke ΔP von WRG-Systemen in zentralen RLT-Geräten von 2006 bis 2013



Die Studie betrachtet gesamtheitlich alle verschiedenen Arten der Wärmerückgewinnung in RLT-Geräten, also Rotoren, Plattenwärmerückgewinner und Kreislaufverbundsysteme. (Abb. Klingenburg/Wolf GmbH)

WRG-Prozess der Abluft Abwärme (Enthalpie) als Nutzwärme oder Nutzkälte zum Temperieren der Außenluft entzogen wird, ist die Wärmerückgewinnung ein regenerativer Prozess, der auch im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) als Ersatzmaßnahme anerkannt wird. Zur Wärmerückgewinnung werden meist Regeneratoren (Wärmeräder), Rekuperatoren (Plattenwärmerückgewinner) oder Kreislaufverbundsysteme (KVS) eingesetzt. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der mittleren Temperaturübertragungsgrade φ der WRG-Systeme unabhängig von der Bauart in den letzten acht Jahren in Deutschland.

Wie Abbildung 1 zeigt, stieg der mittlere WRG-Übertragungsgrad φ von 2006 mit 60 % bis 2012 kontinuierlich auf 69,5 %. 2013 gab es erstmals eine Stagnation auf φ = 69,1 %. Diese Entwicklung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Aspekte der Wirtschaftlichkeit zurückzuführen. Offensichtlich ist heute bei einem Temperaturübertragungsgrad φ von rund 70 % das wirtschaftliche Optimum erreicht. Auch die Nutzung von WRG-Systemen in RLT-Anlagen hat sich von 2006 bis 2012 deutlich erhöht. Da etwa 13,3 % der RLT-Geräte reine Zuluftgeräte und weitere 5,9 % reine Abluftgeräte sind, können somit theoretisch sowieso nur maximal 80,8 % aller RLT-Geräte mit WRG-Systemen ausgestattet werden, da nur bei diesen gleichzeitig Abluft und Zuluft gefördert werden. Wie in Abbildung 2 dargestellt ist, wurden im Jahr 2013 78,6 % (2012: 83,2 %) dieser möglichen RLT-Geräte mit WRG-Systemen ausgestattet.

men in RLT-Anlagen hat sich von 2006 bis 2012 deutlich erhöht. Da etwa 13,3 % der RLT-Geräte reine Zuluftgeräte und weitere 5,9 % reine Abluftgeräte sind, können somit theoretisch sowieso nur maximal 80,8 % aller RLT-Geräte mit WRG-Systemen ausgestattet werden, da nur bei diesen gleichzeitig Abluft und Zuluft gefördert werden. Wie in Abbildung 2 dargestellt ist, wurden im Jahr 2013 78,6 % (2012: 83,2 %) dieser möglichen RLT-Geräte mit WRG-Systemen ausgestattet.

Sinkende Druckverluste

Der Nutzen der Wärmerückgewinnung (in kWh_{th}) wird durch den elektrischen Aufwand zum Betrieb der WRG (in kWh_{el}) verringert. Dieser Aufwand wird durch die Druckverluste der WRG-Systeme ΔP hervorgerufen, aus denen sich ein höherer Leistungsbedarf für die Ventilatoren ergibt. Die Entwicklung der mittleren Differenzdrücke ΔP von WRG-Systemen zeigt Abbildung 3. Vergleicht man die Aussagen von Abbildung 1 und Abbildung 3, ergibt sich besonders seit

2011 folgende Tendenz: Obwohl der mittlere Temperaturübertragungsgrad φ gestiegen ist, sind gleichzeitig die mittleren Differenzdrücke ΔP der WRG-Systeme geringer geworden.

Aus den jährlich vom Herstellerverband RLT-Geräte erhobenen Marktdaten ergibt sich folgende Situation für Deutschland, die in Tabelle 1 dargestellt ist.

In Tabelle 1 ist abzulesen, dass 2013 in Deutschland durch die 22.793 verkauften RLT-Geräte ein Zuluftvolumenstrom (V_{ZUL}) von rund 413 Mio. m³/h installiert wurde. Berücksichtigt man den spezifischen Wärmebedarf zur Zulufterwärmung von 8,4 kWh/(m³/h)/a, eine durchschnittliche Laufzeit der Anlagen von 2.350 h/a und eine Sanierungsquote von 6,4 % (Austausch von Altgeräten), ergeben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Energiemengen.

Die Quote an Neugeräten, die Altgeräte ersetzen, liegt nach Expertenmeinung bei 6,4 %. Dies ist der Mittelwert von zehn Angaben von RLT-Geräteherstellern bezogen auf das Jahr 2013 (die Antworten

Jahr	Geräte (Stück)	Nutzung	φ WRG	ΔP WRG	V _{ZUL,d} (m ³ /h)	Anteil RLT	V _{ZUL} (Mio m ³ /h)
2006	31.857	31,5 %	60,0 %	161 Pa	13.426	0,705 %	571,5
2008	31.424	45,8 %	63,3 %	176 Pa	15.667	0,705 %	657,8
2010	26.846	67,4 %	67,2 %	182 Pa	13.332	0,705 %	478,2
2012	27.885	83,2 %	69,5 %	191 Pa	13.073	0,750 %	490,6
2013	22.793	78,6 %	69,1 %	181 Pa	14.422	0,750 %	412,9

Tabelle 1: Jährlich in Deutschland seit 2006 verkaufte RLT-Geräte und deren Ausstattung mit WRG-Systemen. Angegeben sind auch die mittleren Temperaturübertragungsgrade φ, die mittleren Druckverluste ΔP der WRG-Systeme, die mittleren Luftvolumenströme pro Gerät [V_{ZUL}] und die Gesamtluftvolumenströme V_{ZUL,d}. Der „Anteil RLT“ entspricht dem Anteil der von den Mitgliedsunternehmen im RLT-Verband verkauften RLT-Geräte im Vergleich zum Gesamtmarkt in Deutschland.

Jahr	Wärmebedarf (in GWh _{th} /a)	Nutzen WRG (in GWh _{th} /a)	Aufwand WRG (in GWh _{el} /a)	Σ Nutzen WRG (in GWh _{th} /a)	Σ Aufwand WRG (in GWh _{el} /a)	Netto WRG (in GWh/a)
bis 2006	4.801	907	48,4	8.523	508	8.053
2008	5.526	1.602	79,5	11.028	631	10.490
2010	4.017	1.820	93,3	14.174	783	13.555
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

Tabelle 2: Berechnung des Nettonutzens der Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen basierend auf dem Wärmebedarf zur Lufterwärmung sowie dem Nutzen der Wärmerückgewinnung abzüglich des Aufwands (Strommehrbedarf, Primärenergiefaktor 2,6) und einer Sanierungsquote (Austausch von Altgeräten) von 6,4 %.

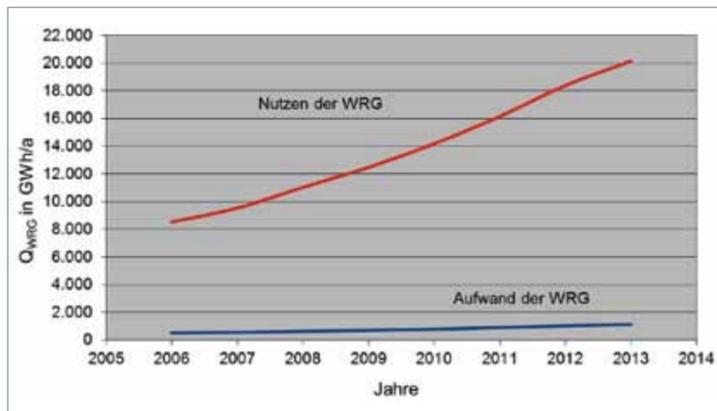


Abbildung 4: Nutzen der Wärmerückgewinnung (in GWh_{th}/a) im Vergleich zum Aufwand (zusätzliche elektrische Arbeit der Ventilatoren in GWh_{el}/a)

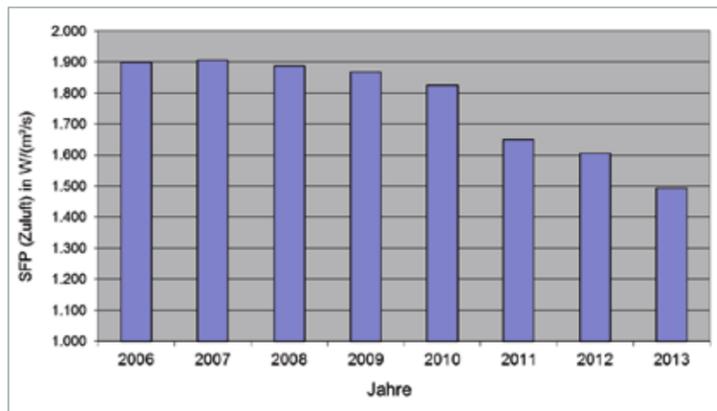


Abbildung 5: Entwicklung der spezifischen Zuluft-Ventilatorleistung von zentralen RLT-Geräten von 2006 bis 2013

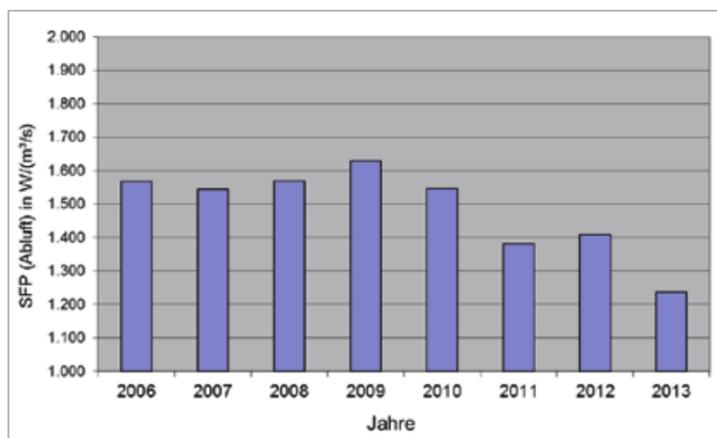


Abbildung 6: Entwicklung der spezifischen Abluft-Ventilatorleistung von zentralen RLT-Geräten von 2006 bis 2013

streuten von 3 bis 10 %). Eine Umrechnung auf die Effizienz der WRG erfolgte nicht.

In Ergänzung zu Tabelle 2 zeigt die Abbildung 4 den Nutzen der Wärmerückgewinnung im Vergleich zum energetischen Aufwand.

In Abbildung 4 ist zu erkennen, dass sich die Wärmerückgewinnung sehr positiv entwickelt hat. Mittlerweile liegt die zurückgewonnene Wärmemenge in Deutschland bei 20,1 TWh_{th}/a. Der dafür notwendige elektrische Aufwand beträgt demgegenüber nur 1,1 TWh_{el}/a. Daraus ergibt sich für WRG-Systeme eine mittlere Jahresarbeitszahl JAZ von 18,3. Zum Vergleich: Gute Wärmepumpen erreichen Jahresarbeitszahlen von etwa 4,5 bis 5,5.

Legt man für die Erzeugung der elektrischen (Ventilator-)Leistung einen Primärenergiefaktor von 2,6 und zur Erzeugung von Wärme einen Primärenergiefaktor von 1,1 zugrunde, ergibt sich für 2013 eine durch Wärmerückgewinnung zurückgewonnene Nettoenergie-menge von 19,2 TWh/a. Dies entspricht einer Verringerung der CO₂-Emissionen von rund 5,8 Mio. t/a.

Entwicklung des Elektroenergiebedarfs

Neben dem Lüftungswärmebedarf ist der Elektroenergiebedarf zur Förderung der Ab- und Zuluftvolumenströme der zweite wesentliche Energiebedarf von RLT-Anlagen. Wie die Abbildungen 5 und 6 zeigen, gibt es hierbei eine erfreuliche Entwicklung: Sowohl auf der Zuluft- als auch auf der Abluftseite konnte der spezifische elektrische Leistungsbedarf der Anlagen deutlich verringert werden.

Laut Abbildung 5 ist die mittlere spezifische Ventilatorleistung zur Zuluftförderung von 2006 mit 1.900 W/(m³/s) bis 2013 um 21,4 % auf 1.493 W/(m³/s) gesunken. Ebenfalls um rund 21 % sank auch die mittlere spezifische Ventilatorleistung zur Abluftförderung von 1.567 W/(m³/s) in 2006 auf 1.236 W/(m³/s) im Jahr 2013 (Abb. 6). Diese positive Entwicklung ist stark darauf zurückzuführen, dass sich die Wirkungsgrade der Antriebskomponenten, besonders der elektrischen Motoren, verbessert haben.

Die benötigte und installierte jähr-

liche elektrische Leistung für RLT-Geräte in Nichtwohngebäuden in Deutschland zeigt Abbildung 7.

In Abbildung 7 ist zu erkennen, dass die installierten elektrischen Leistungen in Deutschland im Jahr 2013 weiter gesunken sind (2006: 542 MW/a, 2013: 305 MW/a). Dies ist, wie zuvor erläutert, sowohl auf die Verringerung der mittleren spezifischen Ventilatorleistungen (Abbildungen 5 und 6) als auch auf die Verringerung der Luftvolumenströme (Tabelle 1) zurückzuführen. Dabei haben sich die mittleren Volumenströme pro RLT-Gerät (Mittelwerte aus Zu- und Abluft) sogar von 13.555 m³/h im Jahr 2012 auf 14.577 m³/h im Jahr 2013 erhöht. Allerdings ergab sich durch die geringere Anzahl der in Deutschland neu installierten RLT-Geräte (2012: 27.855, 2013: 22.793) eine geringere installierte Gesamtluftmenge, die 2013 etwa 401 Mio. m³/h betrug (488 Mio. m³/h im Jahr 2012).

Blick in die Zukunft

Die Wärmerückgewinnung in RLT-Geräten hat sich in Deutschland positiv entwickelt und als Effizienzmaßnahme etabliert. 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. Berücksichtigt man für einen Ausblick bis ins Jahr 2020 die

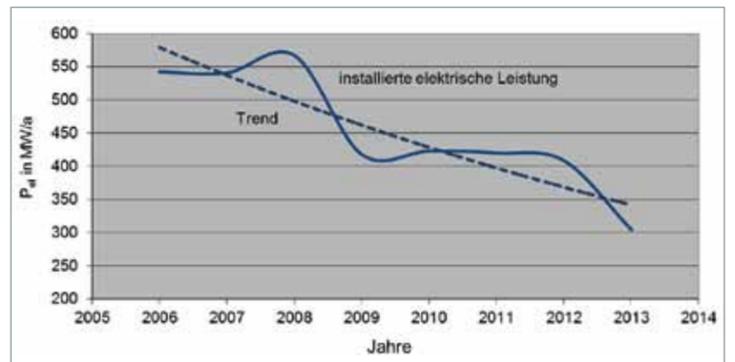


Abbildung 7: Entwicklung der für RLT-Geräte neu installierten elektrischen Leistung von 2006 (542 MW) bis 2013 (305 MW). (Alle Abb. Umweltcampus Birkenfeld/Kaup)

WRG-Mittelwerte der Jahre 2011 bis 2013 ($\varphi = 69\%$), eine mittlere WRG-Nutzung in den RLT-Geräten von 77,4 % und jährlich 25.000 in Deutschland verkaufte RLT-Geräte, ergibt sich bis zum Jahr 2020 eine zurückgewonnene Wärmemenge

von etwa 33,2 TWh/a (brutto) beziehungsweise von 31,7 TWh/a (netto abzüglich des elektrischen Aufwands). Diese Wärmemenge entspricht einer Verringerung des CO₂-Ausstoßes von rund 9,6 Mio. t/a. (MS)

Seit mehreren Jahren erstellt Dr. Christoph Kaup Studien zur Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen. Mitglieder von cci Wissensportal finden Zusammenfassungen der Beiträge, wenn Sie die genannten Artikelnummern bzw. Suchbegriffe in das Suchfeld auf www.cci-dialog.de eingeben:

- Wärmerückgewinnung aus zentralen RLT-Anlagen in Nichtwohngebäuden ([cci17696](#))
- Energieeffizienz von RLT-Geräten in Deutschland ([cci11490](#))
- Einsparpotenziale bei RLT-Anlagen in der EU ([cci12555](#))
- So wichtig ist die WRG – Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen ([cci_01_2013_seite_09-16](#))

Die Wärmerückgewinnung in der EnEV, im EEWärmeG und in Normen

Ohne Veränderungen gegenüber der bisherigen Fassung von 2009 stellt die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014 bestimmte Anforderungen an die Qualität der Wärmerückgewinnung (WRG) in RLT-Geräten, sobald diese Luftleistungen über 4.000 m³/h oder Kälteleistungen über 12 kW aufweisen. Diese Anforderungen entsprechen den Vorgaben der DIN EN 13053 „Zentrale RLT-Geräte“ aus dem Jahr 2007 und sind in nebenstehender Tabelle zusammengefasst. In Abhängigkeit von der Luftleistung des RLT-Geräts und der Zahl der Betriebsstunden pro Jahr ergeben sich für die WRG-Mindestrückwärmehzahlen die in der Tabelle aufgeführten Werte zwischen 0,40 (kleine Luftleistungen, geringe Betriebszeit) bis 0,68 (große Leistung, lange Betriebszeit).

Bei der Bilanzierung der regenerativen Energien im Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (EEWärmeG) kann die Energie der Wär-

Betriebszeit (h/a)	Luftvolumenstrom (m ³ /h)			
	> 4.000	> 10.000	> 25.000	> 50.000
< 2.000	0,40	0,43	0,50	0,55
2.000 - 4.000	0,43	0,47	0,53	0,58
4.000 - 6.000	0,45	0,50	0,58	0,63
> 6.000	0,50	0,55	0,63	0,68

merückgewinnung als Ersatzmaßnahme einbezogen werden, wenn diese zwei Voraussetzungen erfüllt:

Die trockene Rückwärmehzahl beträgt mehr als 0,7 und die Leistungszahl der WRG ist bes-

ser als 10. Die Leistungszahl ergibt sich aus der thermische Leistung der WRG (bei Δt Abluft/Umluft = 20 K) im Verhältnis zur zusätzlichen Leistung des Ventilators (Überwindung des Druckverlusts der WRG). (MS)



Ausführliche Zusammenfassungen der DIN EN 13053 „Zentrale RLT-Geräte“ (2012) und der VDI 3803 Blatt 5 „Wärmerückgewinnungssysteme“ befinden sich in cci Wissensportal auf www.cci-dialog.de unter den Artikelnummern [cci2539](#) (DIN EN 13053) und [cci22169](#) (VDI 3803). Die Artikelnummern bitte ins Suchfeld eingeben.