

**Zusammenstellung: 5 Prüfmethode für WRG-Geräte** (Stand 22.06.2011)

Dipl.-Ing. Eberhard Paul, Paul Wärmerückgewinnung GmbH, August-Horch-Str. 7, 08141 Reinsdorf, Tel.: 037601 303505-0, E-Mail: info@paul-lueftung.de, Internet: www.paul-lueftung.net

Prüfmethode	1	2	3	4	5									
1. Quelle	DIN EN 13141-7:2004-09	DIN EN 308	DIN V 18599-6:2007-02	DIN 4719:2009-07	Passivhaus Institut Darmstadt									
2. Querverweise auf	DIN EN 308 (siehe DIN EN 13141-7, S. 6, 10 und 14)	./.	für die Anwendung der DIN V 18599-6 ist die DIN EN 13141-7 (siehe Spalte 1) erforderlich	DIN EN 13141-7 (siehe DIN 4719, S. 22)	./.									
3. Gleichung zur Ermittlung des Wärmebereitstellungsgrades bzw. des Temperaturverhältnisses	<table border="1"> <tr> <td>Temperaturverhältnis</td> <td>ohne Kondensation</td> <td>mit Kondensation</td> </tr> <tr> <td>a) Zuluft</td> <td><math>\eta_{11} = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}}</math></td> <td><math>\eta_{13} = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}}</math></td> </tr> <tr> <td>b) Abluft</td> <td><math>\eta_{12} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo}}{t_{Ab} - t_{Au}}</math></td> <td><math>\eta_{14} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo}}{t_{Ab} - t_{Au}}</math></td> </tr> </table> <p>1. Es dürfen keine Korrekturen des Temperaturverhältnisses um die Leistungsaufnahme der Ventilatoren oder anderer Bauteile vorgenommen werden (Pkt. 6.3.1). Anmerkungen E. Paul:</p> <p>2. Es gibt den normativen Verweis auf DIN EN 308 (S. 10): „Die Temperaturverhältnisse sind nach DIN EN 308 zu bestimmen.“ → Diese DIN EN 308 fordert (S. 7) allerdings die Berücksichtigung der Leistungsaufnahme des Gebläses bei der Berechnung des Temperaturänderungsgrades.</p> <p>3. Bei Passivhaus-zertifizierten Geräten wird die Abwärme elektrischer Komponenten mit beachtet (wie es auch DIN V 18599-6 vorschreibt).</p> <p>4. Ein „Temperatur“-Verhältnis für Abluft mit Kondensation ist unrealistisch – es stellt nicht die gewonnene Latentwärme dar. Deshalb ist hier nur ein enthalpischer Wirkungsgrad sinnvoll.</p>	Temperaturverhältnis	ohne Kondensation	mit Kondensation	a) Zuluft	$\eta_{11} = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}}$	$\eta_{13} = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}}$	b) Abluft	$\eta_{12} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo}}{t_{Ab} - t_{Au}}$	$\eta_{14} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo}}{t_{Ab} - t_{Au}}$	<p>Temperaturänderungsgrad (nach Definition in DIN EN 308, Pkt. 4.3, S. 3):</p> $\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$ <p><math>t_{22}</math> – Zuluft-Temperatur <math>t_{21}</math> – Außenluft-Temperatur <math>t_{11}</math> – Abluft-Temperatur <math>t_{12}</math> – Fortluft-Temperatur</p> <p>1. Es wird freigestellt, bei Bedarf den Temperaturänderungsgrad auch auf der Abluftseite zu bestimmen (DIN EN 308, Pkt 4.3). dementsprechend lautet die o. g. Gleichung</p> $\eta_{t,Ab} = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11} - t_{21}}$ <p>2. Die Leistungsaufnahme des Gebläses ist bei der Berechnung des Temperaturänderungsgrades zu berücksichtigen (DIN EN 308, Pkt. 6.4, S. 7). Im Prüfbericht ist anzugeben, wie die Berechnung vorgenommen wurde.</p> <p>Anmerkung E. Paul: Dementsprechend muss die o. g. Gleichung erweitert werden:</p> $\eta_{t,P} = \frac{t_{22} - t_{21} \left( 1 + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p} \right)}{t_{11} - t_{21}}$ bzw. $\eta_{t,Ab,P} = \frac{t_{11} - t_{12} \left( 1 + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p} \right)}{t_{11} - t_{21}}$ <p>Diese letztere Form verwendet auch das Passivhaus Institut</p>	<p>Wärmebereitstellungsgrad:</p> $\eta'_{WRG} = \frac{t_{Zu} - t_{Au} \left( 1 + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p} \right)}{t_{Ab} - t_{Au}}$ <p>1. In den Wärmebereitstellungsgrad geht auch die Abwärme von elektrischen Komponenten (Ventilatoren, Regelung) ein. Ob diese Berücksichtigung <math>\left( \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p} \right)</math> wie beim Passivhaus Institut (Spalte 5) erfolgen soll, ist nicht eindeutig gesagt. Evtl. wird man hier nicht nur die Zulufttemperatur-Erhöhung durch den Zuluftventilator gemeint haben, denn im Normtext steht „Ventilatoren“ → Plural! Die gesamte Elektroenergie wird durch Reibung in Wärme umgesetzt und dem Hause „bereitgestellt“.</p> <p>2. Der Gesamtnutzungsgrad der Wärmerückgewinnung wird berechnet: <math>\eta_{WUT,mh} = \eta'_{WRG} \cdot (1 - f_{V,WUT,Frost} - f_{V,WUT,Wärme} - f_{V,WUT,Dicht})</math> Diese Korrekturfaktoren <math>f_v</math> sind nur dann einzusetzen, wenn diese Aspekte bei der Geräteprüfung (z. B. nach DIN EN 13141-7 → Temperaturverhältnis zuluftseitig) nicht beachtet wurden.</p> <p>3. Anmerkung von E. Paul: Das Temperaturverhältnis für Abluft (<math>\eta_{12}</math>) ohne Kondensation nach DIN EN 13141-7 beachtet diese Aspekte <u>realistisch</u>, d. h. durch <u>Messungen</u> wird der Einfluss – der Wärmeübertragung am Gerätegehäuse und – der internen und externen Leckage <u>ermittelt!</u> In DIN V 18599-6, S. 32, Tab. 4 werden <u>pauschale</u> Korrekturfaktoren <math>f_{V,WUT,Frost}</math> angegeben für</p> <p>a) Abschaltung Zuluftventilator Anmerkung E. Paul: dies ist laut der gleichen Norm, S. 31 unten aber verboten; Ab- und Zuluftvolumenstrom dürfen nur <math>\pm 10\%</math> voneinander abweichen</p> <p>b) Erd-Wärmeübertrager Wirkungsgraderhöhung um 4 % ist unrealistisch und darf nicht pauschalisiert werden. Der EWT wird (lt. E. Paul) realistischer bewertet mit:</p> $f_{V,WUT,Frost} = \frac{-7,5 \cdot 10^8}{(\eta_{WRG} \cdot 100\%)^{5,35}}$ <p>c) E. Paul empfiehlt daher die Verwendung von realen Messergebnissen nach DIN EN 13141-7 (<math>\eta_{12}</math>) statt die Umrechnung mit pauschalen, unrealistischen und z. T. verbotenen Korrekturfaktoren <math>f_v</math></p>	<p>Wärmebereitstellungsgrad: <math>\eta_{WBG}</math> (siehe S. 10, 22, 51) gemäß DIN 4719, Pkt. 3.21:</p> $\eta_{WBG} = \frac{H_{Zu} - H_{Au} \left( 1 + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p} \right)}{H_{Ab} - H_{Au}}$ <p>1. Anmerkung E. Paul: <math>H_{Ab} \rightarrow</math> unüblich, da häufig (TZWL, DIBt) statt <math>H_{Ab} \rightarrow H^*_{Ab}</math> gesetzt wird; <math>H^*_{Ab}</math> – Enthalpie der Abluft bei <u>Außenluftfeuchte</u> [kg/K] ABER: Der Normtext DIN 4719 (S. 10) besagt, dass die Enthalpien „der beiden massengleichen Fluidströme bei <u>Eintrittszustand</u> in ein Gerät“ zu verwenden sind, d. h. <math>H_{Ab}</math> (nicht <math>H^*_{Ab}</math>). Dieser „Enthalpiewirkungsgrad“ ist aber in der Praxis nie verwendet worden (dieser liegt ca. 20-30 % unter den üblichen angegebenen Werten). Streng genommen wird also die in Deutschland übliche Vorschrift (DIBt) und Prüfpraxis (Prüfberichte von TZWL und TÜV) nicht durch die DIN 4719:2009-05 (und auch sonst durch <u>keine</u> Norm) untermauert.</p> <p>2. Der Hinweis, dass die Fluidströme im „Eintrittszustand“ in das Gerät zu vermessen sind, lässt den Schluss der Vermessung <u>mit Kondensation</u> zu.</p> <p>3. Einen speziellen Hinweis gibt es nicht, ob die Abwärme elektrischer Komponenten beachtet werden muss. Bei der Erläuterung des Begriffes „Wärmebereitstellungsgrad“ heißt es (S. 10): Verhältnis der vom Lüftungsgerät zur Nutzung bereitgestellten Enthalpie ...“. Die bereitgestellte <u>Enthalpie</u> schließt (per thermodynamischer Definition) auch die geleistete Verdrängungsarbeit (<math>\Delta p \cdot v</math>) mit ein, also <math>p_{el}</math> [kW/(kg/s)]. Der Querverweis auf DIN EN 13141-7 deutet allerdings darauf hin, dass die elektrischen Komponenten nicht beachtet werden sollen. ABER: Die DIN EN 13141-7 verweist auf DIN EN 308 → dort wird (S. 7) die Berücksichtigung der Leistungsaufnahme des Gebläses bei der Berechnung des Temperaturänderungsgrades gefordert.</p> <p>4. Es gibt den Hinweis auf Minderung des Wärmebereitstellungsgrades „z. B. durch Frostschutz-/Abtauvorrichtung“ – Durch den Querverweis auf DIN V 18599-6 kann man folgern, dass auch hier die Korrekturfaktoren angewendet werden können:</p> $\eta_{WRG,korr} = \eta_{WBG} \cdot (1 - f_{V,WUT,Frost} - f_{V,WUT,Wärme} - f_{V,WUT,Dicht})$ <p>Allerdings sind auch hier die kritischen Anmerkungen von E. Paul (siehe Spalte 3, Pkt. 3) zu den Korrekturfaktoren zu beachten</p>	<p>effektiver Wärmebereitstellungsgrad</p> <p>bei manueller Massestrom-Balance</p> $\eta_{WRG,t,eff} = \frac{\dot{Q}_{Ab} - \dot{Q}_{Fo} + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p}}{\dot{Q}_{Ab} - \dot{Q}_{Au}}$ <p>Geräte mit volumenstrom-konstanten Ventilatoren</p> $\eta_{WRG,t,eff} = \frac{\dot{Q}_{Ab} - \dot{Q}_{Fo,korr} + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p}}{\dot{Q}_{Ab} - \dot{Q}_{Au}}$ $\dot{Q}_{Fo,korr} = \frac{\dot{m}_{Dis} \cdot \dot{Q}_{Ab} + \dot{m}_{Fo} \cdot \dot{Q}_{Fo}}{\dot{m}_{Au}}$ $\dot{m}_{Dis} = \dot{m}_{Au} - \dot{m}_{Fo}$ <p>maximale Disbalance 10 %</p> <p>– Notabschaltung des Zuluftventilators bei Vereisungsgefahr in einem hydraulischen Zuluftheizregister in der Zuluft bei <math>t_{Zu} &lt; 5^\circ C</math> mit Fehlermeldung am Bedienteil</p> <p>– Eine Frostschutzeinrichtung ist im Versuchsaufbau zu integrieren (im Prüfglement seit 9/2009)</p> <p>– Es wird ein F7-Zuluftfilter vorgeschrieben (im Prüfglement seit 9/2009)</p> <p>– externe und interne Leckage bei 100 Pa: Mittelwert aus Unter- und Überdruckmessung: <math>\leq 3\%</math></p>
Temperaturverhältnis	ohne Kondensation	mit Kondensation												
a) Zuluft	$\eta_{11} = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}}$	$\eta_{13} = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}}$												
b) Abluft	$\eta_{12} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo}}{t_{Ab} - t_{Au}}$	$\eta_{14} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo}}{t_{Ab} - t_{Au}}$												
4. Randbedingungen	<p>1. Querverweis (auf S. 6 und 14) zur DIN EN 308</p> <p>2. Umgebungstemperatur <math>22 \pm 3^\circ C</math> bei der Geräteprüfung</p>	<p>1. innere Abluftleckage wird bei 100 Pa bestimmt</p> <p>2. <math>\Delta p = 0 \dots 20</math> Pa zwischen den Stutzen Zu – Ab wobei: <math>P_{Ab} &lt; P_{Zu}</math></p> <p>3. Bei Geräten mit <math>\dot{V} &lt; 1,5 \text{ m}^3/\text{s} \hat{=} 5.400 \text{ m}^3/\text{h}</math> muss vor der Versuchsdurchführung das Gerätegehäuse gegen die Umgebungsluft mit <math>\geq 1 \text{ m}^2\text{K/W}</math> wärmedämmt werden (<math>\hat{=} \text{ca. } 50 \text{ mm}</math> Wärmedämmdicke). Anmerkung E. Paul: Nach dieser Versuchsvorschrift ist m. E. sehr selten (oder nie) ein Wärmerückgewinnungsgerät getestet worden. ABER: Diese Maßnahme beschönigt den Wirkungsgrad gegenüber dem realen abluftseitigen Wirkungsgrad.</p> <p>4. Messungen sind nur gültig, wenn die Enthalpiestromänderungen <math>P_1</math> (Abluftabkühlung) zu <math>P_2</math> (Zulufterwärmung) sich folgendermaßen verhalten:</p> $0,95 \leq \frac{P_1}{P_2} \leq 1,05$ <p>Jeder gewissenhafte Fachmann, der mit Wirkungsgraden umgeht, sollte an Hand des Prüfberichtes des jeweils interessierenden Gerätes prüfen, ob diese Vorgabe erfüllt ist (... sehr oft nicht!)</p> <p>5. Die Prüfung darf nicht durchgeführt werden, wenn die Außen- und Innenleckageströme 3 % des Nennluftmassenstromes überschreiten.</p> <p>6. Umgebungstemp. bei Geräteprüfung: <math>17 \dots 27^\circ C</math> (<math>25 \dots 35^\circ C</math> bei warmen Klimaten)</p>	<p>1. für den Dauerbetrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>für die Zu- und Abluftvolumenströme ist dauerhaft eine Volumenstrombalance sicherzustellen.</li> <li>Eine Abweichung des Abluftvolumenstromes bis zu <math>\pm 10\%</math> vom Zuluftvolumenstrom ist zulässig</li> </ul> <p>2. Es gibt keinen Hinweis, ob die Messung mit oder ohne Kondensation durchzuführen ist. Durch den Querverweis auf DIN EN 13141-7 wird darauf hingewiesen, dass die Messung mit <u>und</u> ohne Kondensation erfolgen muss. Welcher Wert für die Berechnung von <math>\eta_{WRG}</math> (<math>\eta_{WBG}</math>) zu verwenden ist, lässt der Normungstext offen.</p>	<p>– Notabschaltung des Zuluftventilators bei Vereisungsgefahr in einem hydraulischen Zuluftheizregister in der Zuluft bei <math>t_{Zu} &lt; 5^\circ C</math> mit Fehlermeldung am Bedienteil</p> <p>– Eine Frostschutzeinrichtung ist im Versuchsaufbau zu integrieren (im Prüfglement seit 9/2009)</p> <p>– Es wird ein F7-Zuluftfilter vorgeschrieben (im Prüfglement seit 9/2009)</p> <p>– externe und interne Leckage bei 100 Pa: Mittelwert aus Unter- und Überdruckmessung: <math>\leq 3\%</math></p>										

Prüfmethode	1	2	3	4	5
	DIN EN 13141-7:2004-09	DIN EN 308	DIN V 18599-6:2007-02	DIN 4719:2009-07	Passivhaus Institut Darmstadt
5. Messbedingungen	für kalte Klimate: - Bei $t_{Au} \leq -10$ °C ist eine zusätzliche Prüfung gemäß DIN EN 308 erforderlich. - Das Temperaturverhältnis darf für Zuluft und für Außenluft angegeben werden - Beobachtungen hinsichtlich Frost und Kondensat gemäß DIN EN 308	bei WRG-Geräten für heiztechnische Zwecke  bei kalten Klimaten Abluft $t_{11} = 25$ °C Feuchtkugeltemperatur $t_{W11} = 18$ °C Abluftfeuchte $\hat{=} \varphi_{Ab} \sim 52$ % Außentemperatur $t_{21} = 5$ °C Die Prüfung für kalte Klimate sollte mindestens 8 h dauern; Sichtprüfung bezüglich Eis und Kondensat erforderlich.  - Alle Temperaturen sind über mind. 30 min auf $\pm 0,5$ K einzustellen; 5 gleichmäßig über den Kanalquerschnitt verteilte Messpunkte. - Anmerkung von E. Paul: Es werden keine Angaben gemacht, wie die reguläre Wirkung der Frostschutzeinrichtung bei der Geräteprüfung bei kalten Klimaten einbezogen wird, evtl. deshalb, weil 1997 (bei Erscheinen den DIN EN 308) dazu noch keine allgemeinen Erkenntnisse vorlagen. Diese Frostschutzvorrichtung wird in DIN 4719:2009-07 (S. 21, Zeile 24ff) als Funktionsnachweis gefordert.		- Bei Geräten, die bei $t_{Au} < -3$ °C arbeiten, muss die Funktion der Frostschutz-/Abtauvorrichtung nachgewiesen werden (und auch die des evtl. vorhandenen Bypasses) - Die Lüftungsfunktion ist auch bei $t_{Au} = -12$ °C für mind. 12 h aufrecht zu erhalten - Der Abluftvolumenstrom darf den Zuluftvolumenstrom um max. 10 % überschreiten.	- thermodynamische Prüfung bei $P_{Au} = -50$ Pa, $P_{Zu} = +50$ Pa $\rightarrow \Delta P_{ext} = 100$ Pa $P_{Ab} = -50$ Pa, $P_{Fo} = +50$ Pa $\rightarrow \Delta P_{ext} = 100$ Pa - $t_{Au} \rightarrow$ möglichst tief, jedoch ohne Kondensation in Abluft - $t_{Ab} = 20$ °C Frostschutzüberprüfung: - jederzeit Massenstrom-Balance auf Außen- und Fortluftseite - gegebenenfalls ist dazu ein Vorheizregister erforderlich Bestimmung von $t_{Au}$ für Beginn der Vorheizung Schaltschwelle bei $t_{Au} \leq -3$ °C - bei 12 Stunden-Dauertest bei $t_{Au} = -15$ °C, $t_{Ab} = 21$ °C, $\varphi_{Ab} = 50$ % r.F. und bei $\dot{V}_{max}$ Vereisungsschutz nachweisen; Sichtprüfung des Wärmetauschers nach Test - Ermittlung der Frostgrenze ( $t_{Au} = ?$ ) ohne Vorheizung bei $\dot{V}_{Norm}$ (mittlerer Wert)

Prüfmethode	1	2	3	4	5			
Norm	DIN EN 13141-7:2004-09	DIN EN 308	DIN V 18599-6:2007-02	DIN 4719:2009-07	Passivhaus Institut Darmstadt			
				Verwendung von	$H_{Ab}$	$H^*_{Ab}$		
6. Beispiele Ergebnisse von $\eta$ -Werten in [%]	Wirkungsgradbezeichnung	$\eta_t$	$\eta_t$	$\eta^1_{WRG}$	$\eta_{WBG}$		$\eta_{eff}$	
6.1 effizientes Gerät gut wärmegeädmmtes Gehäuse (thermos 200 DC) Leckage: intern: 0,9 %, extern: 2,4 %	Wirkungsgrad ermittelt auf der ...			mit Korrekturfaktoren				
	a) Zuluftseite	ohne Kondensation	84,70	91,03	ohne EWT: 90,12 mit EWT: 93,76	.	.	
		mit Kondensation	97,08	104,7	ohne EWT: 103,65 mit EWT: 107,84	ohne Korrekturfaktor: mit Korrekturfaktor: ohne EWT: mit EWT:	64,74 64,09 66,68	96,38 95,42 99,27
	b) Abluftseite	ohne Kondensation	87,31 <sup>1)</sup>	92,56	.	.	.	92,4 (lt PHI-Prüfbericht) 92,0 (lt. PHI-Zertifikat) 92,56 (lt. Berechnung - Anlage)
		mit Kondensation	.	.	.	.	.	.
		ein Temperaturverhältnis für Abluft mit Kondensation ist unrealistisch	ein Temperaturverhältnis für Abluft mit Kondensation ist unrealistisch					
6.2 ineffizientes Gerät schlecht wärmegeädmmtes Gehäuse Leckage: intern: 4 %, extern: 4 %	Wirkungsgrad ermittelt auf der ...							
	a) Zuluftseite	ohne Kondensation	85 <sup>2)</sup>	90,75 <sup>3)4)</sup>	ohne EWT: 89,84 <sup>4)</sup> mit EWT: 93,44	.	.	
		mit Kondensation	87,5	93,35 <sup>5)</sup>	ohne EWT: 92,42 <sup>5)</sup> mit EWT: 96,15	ohne Korrekturfaktor: mit Korrekturfaktor: ohne EWT: mit EWT:	57,75 <sup>6)</sup> 57,17 <sup>6)</sup> 59,48 <sup>6)</sup>	97,54 <sup>6)</sup> 96,56 <sup>6)</sup> 100,47 <sup>6)</sup>
	b) Abluftseite	ohne Kondensation	76,5 <sup>1)2)</sup>	82,25 <sup>3)</sup>	.	.	.	82,25
		mit Kondensation	.	.	.	.	.	.
		ein Temperaturverhältnis für Abluft mit Kondensation ist unrealistisch	ein Temperaturverhältnis für Abluft mit Kondensation ist unrealistisch					
Randbedingungen								
1. mit Kondensation	ja	ja	wird in der Norm nicht festgelegt	ja			nein	
2. ohne Kondensation	ja	ja	wird in der Norm nicht festgelegt	(nein) wird in der Norm nicht festgelegt			ja	
3. Berechnung des Wirkungsgrades								
- zuluftseitig	ja	ja	ja	ja			nein	
- abluftseitig	ja	freigestellt	nein <sup>7)</sup>	nein <sup>7)</sup>			ja	
4. mit Beachtung der Abwärme elektrischer Komponenten (Ventilatoren ...)	nein	ja	ja	nein			ja	
5. mit Beachtung der Korrekturfaktoren $f_v$ für - Abtau-/Frostbetriebe - Wärmeverluste/-gewinne des Gerätegehäuses zum/vom Aufstellraum - ext./int. Leckagen	nein	nein	ja	ja			nein (nicht erforderlich, weil $\eta_{eff}$ abluftseitig ermittelt wird)	

- 1) Der abluftseitige Wirkungsgrad liegt hier im Vergleich zu den Prüfmethode 2 und 5 nur deshalb niedriger, weil die Abwärme elektrischer Komponenten nicht beachtet wurde.
- 2) 3) Durch Temperaturmessungen zeigt sich, dass der abluftseitig ermittelte (realistische!) Wirkungsgrad eines ineffizienten Gerätes ca. 9 % niedriger liegt als der zuluftseitige.
- 4) 5) 6) Durch die angebliche Berechnung des „realistischen“ Wirkungsgrades mittels Korrekturfaktoren verringert sich der zuluftseitige Wirkungsgrad eines ineffizienten Gerätes noch nicht einmal um 1 %.
- 5) 6) Der häufig verwendete zuluftseitige Wirkungsgrad (97,5 %) nach Prüfmethode 4 (TZWL, TÜV, DIBt) liegt ~5 % höher als nach der Prüfmethode 3 (realistischer!) und 15 %! höher als der echte abluftseitige Wirkungsgrad (82,7 %).
- 7) Zur Ermittlung des realistischen (abluftseitigen) Wirkungsgrades wird hier ein „Ersatzinstrument“ verwendet: die Berechnung mittels „Korrekturfaktoren“  $\rightarrow$  siehe Zeile 5

## Anlage zu Zusammenstellung: Prüfmethode für WRG-Geräte

(Stand: 22.06.2011)

1 bis 5

		verwendete Daten zum Beispiel 6.1 effizientes Gerät		verwendete Daten zum Beispiel 6.2 ineffizientes Gerät	
		ohne Kondensation	mit Kondensation	ohne Kondensation	mit Kondensation
t <sub>au</sub> [°C]		1,72	4,0	5,0	5,0
t <sub>zu</sub> [°C]		18,39	20,6	22,0	22,5
t <sub>Ab</sub> [°C]		21,34	21,1	25,0	25,0
t <sub>Fo</sub> [°C]		4,21	9,3	9,7	12,1
φ <sub>Au</sub> [% r.F.]		37,0	78,1	75,7	76,1
φ <sub>Zu</sub> [% r.F.]		12,0	26,0	30,1	29,2
φ <sub>Ab</sub> [% r.F.]		28,0	44,7	23,8	48,5
φ <sub>Fo</sub> [% r.F.]		86,5	93,8	62,8	90,8
H <sub>Au</sub> [kJ/kg]			13,99	16,30	15,34
H <sub>Zu</sub> [kJ/kg]			30,52	34,63	35,13
H <sub>Ab</sub> [kJ/kg]			38,75	37,50	49,49
H <sub>Ab</sub> * [kJ/kg]			31,14	35,58	35,63
V̇ [m³/h]		146	198,7	322	320
P <sub>el</sub> [kW/(kg/s)] = [kJ/kg]		1,03	1,3	1,07	1,08
$\frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p}$ [°C]		1,19	1,53	1,15	1,17
P <sub>el</sub> [W]		50,1	86	107,4	108,1
Korrektur- faktoren	f <sub>V,WÜT,Frost</sub> [-]	ohne EWT	0		0
		mit EWT	-0,04		-0,04
	f <sub>V,WÜT,Wärme</sub> [-]	0		0	
	f <sub>V,WÜT,Dicht</sub> [-]	0,01		0,01	
Quellen		1)	2)	3)	4)

Quellen:

- 1) Prüfbericht Passivhaus Institut Darmstadt, Gerät thermos ohne Kondensation
- 2) Prüfbericht VEW Energie AG (jetzt TZWL) Dortmund HM.03.11.028.0406, Gerät thermos mit Kondensation
- 3) TZWL-Prüfbericht PL01R09.11, Tab. 3, 1. Spalte\*
- 4) TZWL-Prüfbericht PL01R09.11, Tab. 3, 2. Spalte\*

\* die im Prüfbericht berechneten H-Werte sind z. T. falsch; hier wurden die richtigen H-Werte verwendet, die aus den Messwerten T, φ gemäß h-x-Diagramm resultieren

## Fazit aus den Beispielen

1. Ein effizientes und ein ineffizientes Gerät unterscheidet sich fast nicht bei der Betrachtung der zuluftseitigen Wirkungsgrade, unabhängig
  - a) von der verwendeten Norm und
  - b) ob Korrekturfaktoren  $f_V$  verwendet wurden.
2. Eine Unterscheidung zweier qualitativ unterschiedlicher Geräte gelingt nur, wenn man die abluftseitigen Wirkungsgrade betrachtet. Hier werden die Einflüsse (Wärmeübertragung an der Gehäuseoberfläche und durch Leckage) durch Messungen erfasst und exakt wiedergegeben.
3. Eine Erfassung der o. g. Einflüsse durch Korrekturfaktoren  $f_V$  ist untauglich. Diese Korrekturfaktoren sind derart verkleinert worden, dass sie nicht dazu taugen, die Einflüsse zu erfassen – sie taugen allenfalls zu Beschönigung von ineffizienten Geräten. Das kommt auch darin zum Ausdruck, dass ein ineffizientes Gerät mit einem abluftseitigen Wirkungsgrad von 82,25 % (76,5 % ohne Betrachtung der Abwärme elektrischer Komponenten) durch die sogenannten „Korrekturfaktoren“ zu einem „besseren“ Gerät mit  $\eta'_{WRG} = 89,8 \%$  (93,47 % mit Erd-WT) wird. Das ironische Rezept für den Energieberater lautet also:
  - man nehme kein besseres WRG-Gerät sondern
  - ein ineffizientes Gerät und die „passende“ Norm zur Berechnung der Effizienz.
4. Bei der Verwendung der Korrekturfaktoren werden Wirkungsgrade von  $> 100 \%$  erreicht  $\rightarrow$  mit 107,84 % sogar deutlich darüber.
5. Eine thermodynamische Berechnung und Evaluierung an praktischen Beispielen kommt zu folgenden realistischen Korrekturfaktoren:

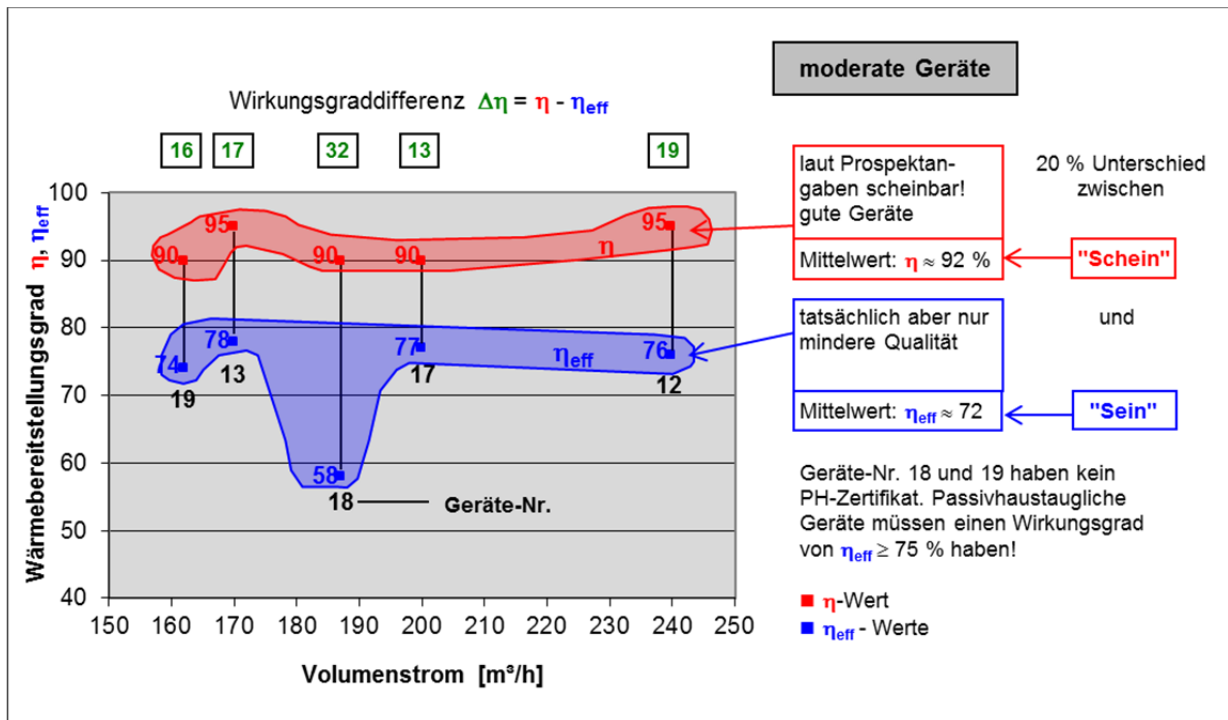
Korrekturwerte  $\Delta\eta$

	Geräte mit $\eta = 60-80 \%$	Geräte mit $\eta > 80 \%$
1. Wärmeaufnahme über das Gehäuse		
- Blechgehäuse	-9 %	-7 %
- Schaumgehäuse	-3 %	-1 %
2. durch Leckage		
- interne Leckage Abluft $\rightarrow$ Zuluft	-9 %	-8 %
- externe Leckage Außenluft $\rightarrow$ Zuluftbereich	-7 %	-2 %
mögliche Summe	-10 ... -18 %	-3 ... -15 %

Diese Werte werden auch durch den Vergleich von Wirkungsgraden  $\eta_{DIBt} \leftrightarrow \eta_{eff}$  bei vielen Geräten bestätigt. Die Größenordnung der o. g. Korrekturwerte wird auch durch das Passivhaus-Institut in Darmstadt bestätigt: dort wird der zuluftseitige Wirkungsgrad um 12 % reduziert, um den effektiven Wirkungsgrad  $\eta_{eff}$  (zur Verwendung im Passivhaus-Projektierungspaket PHPP) zu ermitteln. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch der Forschungsbericht von Prof. Dr. Strauß, DI Seeböger (Hochschule Bremen – ISBN 3-9382-187-6) – vom Bauministerium gefördert, S. 9:

„... wird nun dieser pauschale Korrekturwert mit Hilfe von drei Abschlagswerten ( $f_{Frost}$ ,  $f_{Wärmeverlust}$ ,  $f_{Dichtheit}$ ) neu berechnet. Diese Abschlagswerte sind jedoch ebenfalls praxisfremd, weil sie die tatsächlichen Verhältnisse verzerren ...“

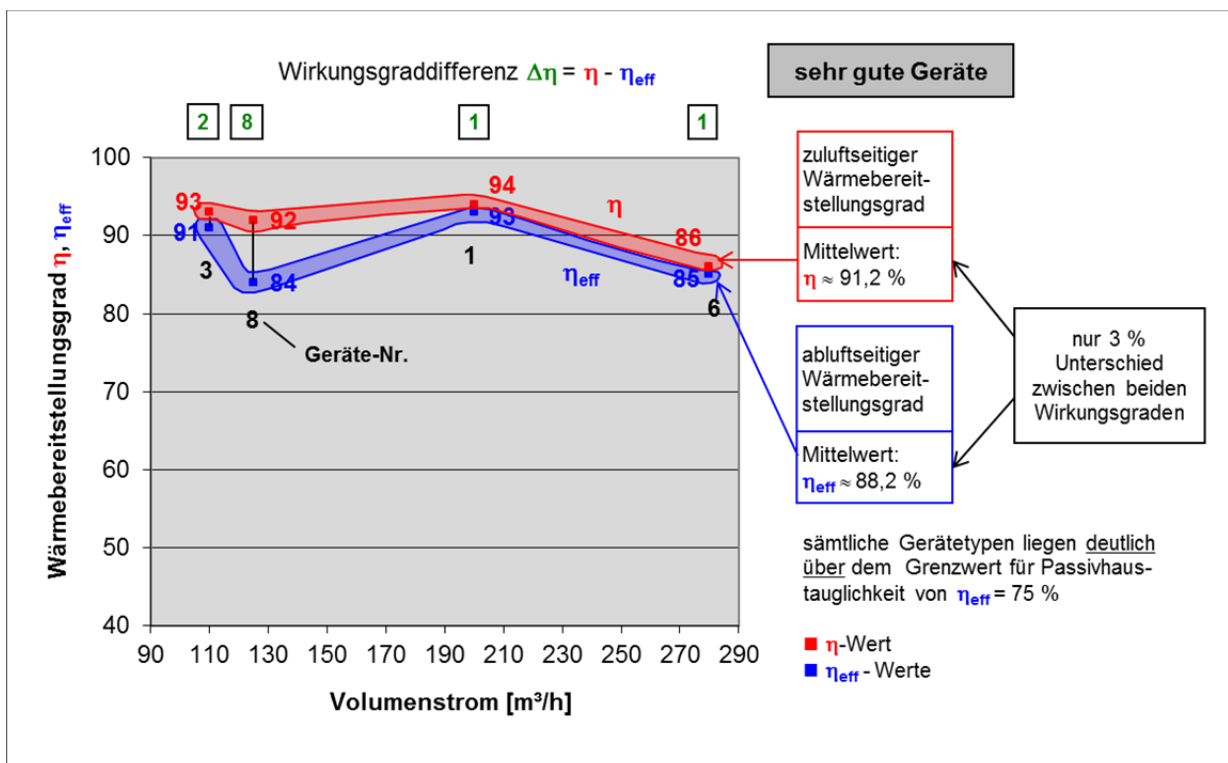
## Unterschiedliche Wärmebereitstellungsgrade



Bei weniger guten Wärmerückgewinnungsgeräten gemessene unterschiedliche Wärmebereitstellungsgrade:

$\eta$  – bezogen auf zuluftseitig gemessene Lufterwärmung

$\eta_{eff}$  – bezogen auf abluftseitig gemessene Luftabkühlung



Bei guten Wärmerückgewinnungsgeräten gemessene Wärmebereitstellungsgrade ( $\eta, \eta_{eff}$ ) mit nur geringfügigen Unterschieden