

Passivhaus-Zertifikate für Wohnungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung

Stand: 01.05.2011

Dipl.-Ing. Eberhard Paul
Paul Wärmerückgewinnung GmbH, August-Horch-Str. 7, 08141 Reinsdorf
Tel. 0375 303505-0, Fax 0375 303505-55, E-Mail: info@paul-lueftung.de

In der Vergangenheit hat sich das Thema „Passivhaus“ (PH) immer stärkeren Interesses erfreut; bei Bauherren, Baufirmen und Architekten. Der starke Anstieg gebauter Passivhäuser ist eine Auswirkung

- der fortwährend gestiegenen Energiepreise,
- der Gesetzgebung in naher Zukunft mit Zielrichtung energiesparender Bauweise (EnEV 2009 = EnEV 2007 – 30 % Primärenergieverbrauch),
- dem Zwang, erneuerbare Energien ab 01.01.09 einsetzen zu müssen (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG),
- der vom EU-Rat unterbreiteten Vorschläge, *„dass alle neue Gebäude, die Heizung und/oder Kühlung benötigen... nach Normen für Passivhäuser ... gebaut werden müssen“*,
- der Fördermaßnahmen für Passivhäuser und das neue Marktanreizprogramm (MAP),
- der deutlich verbesserten Behaglichkeit gegenüber Standardbauten und
- den guten Nutzererfahrungen gebauter Passivhäuser (PH)

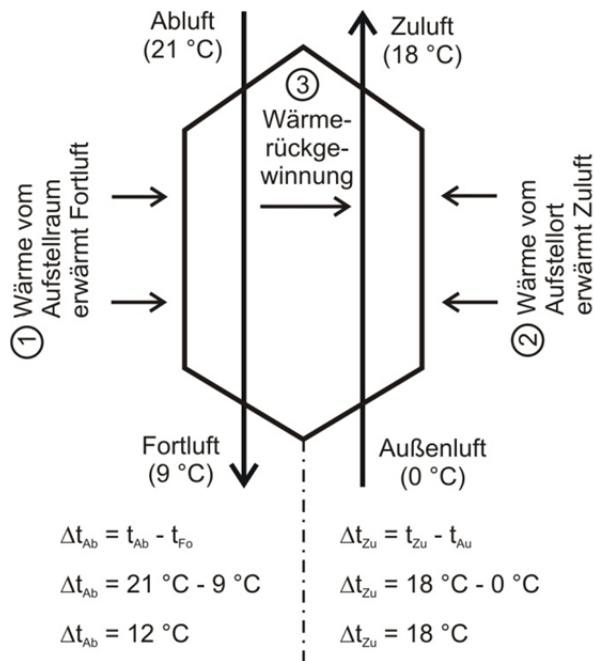
Der Baustandard der Zukunft wird das Passivhaus sein – allein der Klimawandel und die Verknappung der fossilen Brennstoffe gebietet diesen (oder einen ähnlichen) energiesparenden Gebäudetyp.

1 Effektiver Wärmebereitstellungsgrad

Durch die steigende Präsenz von Passivhäusern gewinnt die energetische Effizienz von Wärmerückgewinnungsgeräten an Bedeutung. Für die Berechnung eines Passivhauses hat das Passivhaus Institut (PHI) Dr. Feist in Darmstadt ein Passivhaus-Projektierungsprogramm (PHPP) entwickelt. Dort ist für die Effizienz eines Wärmerückgewinnungsgerätes der

effektive Wärmebereitstellungsgrad η_{eff}

einzusetzen. Dieser Wirkungsgrad wird aus der Luftabkühlung auf der Abluftseite-Fortluftseite ermittelt, um den Einfluss der Wärmeaufnahme in reeler Weise zu berücksichtigen (Bild 1).



Die Größe der Wärmeströme ① und ② ist abhängig von der mehr oder weniger guten Wärmedämmung des Wärmerückgewinnungsgerätes (bzw. Wärmebrücken)

Bild 1: Einflussfaktoren auf die Lufterwärmung im WRG-Gerät

- ① Die Fortluft wird leicht erwärmt → das Haus verliert eine gewisse Wärmemenge (vom Aufstellraum) über den Fortluftstrom → thermodynamisch richtige Betrachtung.
- ② Die Wärme vom Aufstellraum erwärmt in gewisser Weise die Außenluft – diese Wärme ② darf nicht der Wärmerückgewinnung ③ zugerechnet werden, d. h. in der Lufterwärmung

$$\Delta t_{Zu} = t_{Zu} - t_{Au}$$

steckt Wärme, die nicht ausschließlich den Wärmerückgewinnungseffekt (Wärmestrom ③) widerspiegelt.

Folglich ist auch der zuluftseitig ermittelte Wärmebereitstellungsgrad η ein um 3 bis 30 % nach oben verfälschter Wert:

$$\eta = \frac{t_{Zu} - t_{Au}}{t_{Ab} - t_{Au}} = \frac{H_{Zu} - H_{Au}}{H_{Ab}^* - H_{Au}}$$

H_{Ab}^* - Enthalpie der Abluft bei Außenluftfeuchte

Der abluftseitig ermittelte effektive Wärmebereitstellungsgrad gibt den thermodynamisch exakten Wert zur Beurteilung der Wärmerückgewinnungseffizienz an:

$$\eta_{eff} = \frac{t_{Ab} - t_{Fo} + \frac{P_{el}}{\dot{m} \cdot c_p}}{t_{Ab} - t_{Au}}$$

Zu bemerken ist, dass zur Vermeidung von Messwertverfälschungen (die Kondensationswärme lässt sich nicht aus den Abluft-Fortluft-Temperaturwerten ablesen) die Messungen mit trockener Abluft vorgenommen werden (keine Kondensation). Der wirkliche effektive Wirkungsgrad mit feuchter Abluft liegt daher um ca. 1 bis 2 % höher. Hier fließt auch die Energie der Ventilatoren (P_{el}) als Wärmebeitrag in das Haus mit ein. Diese Energie P_{el} wird in Form von Motorenabwärme und als Reibungswärme (in den Rohren) als nutzbringende Wärme dem Haus zugeführt. Die gemäß PHI ermittelten effektiven

Wärmebereitstellungsgrade der untersuchten Geräte können aus den PH-Zertifikaten oder aus www.passiv.de entnommen werden.

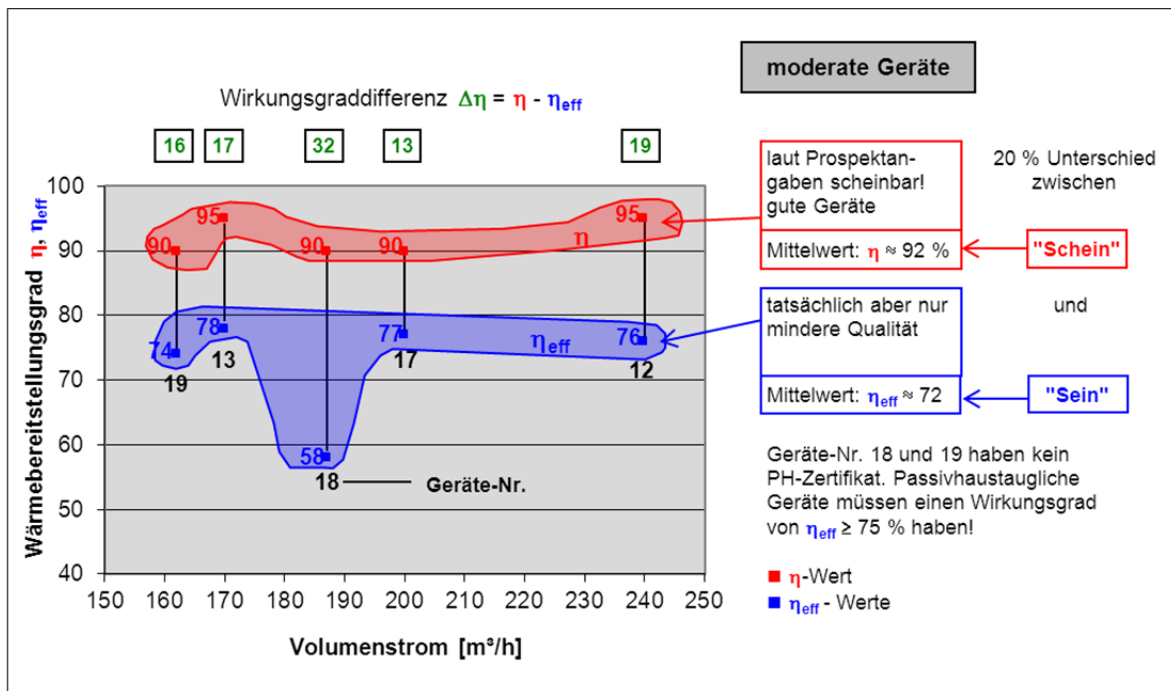


Bild 2: Bei weniger guten Wärmerückgewinnungsgeräten gemessene unterschiedliche Wärmebereitstellungsgrade:

η – bezogen auf zuluftseitig gemessene Lufterwärmung

η_{eff} – bezogen auf abluftseitig gemessene Luftabkühlung

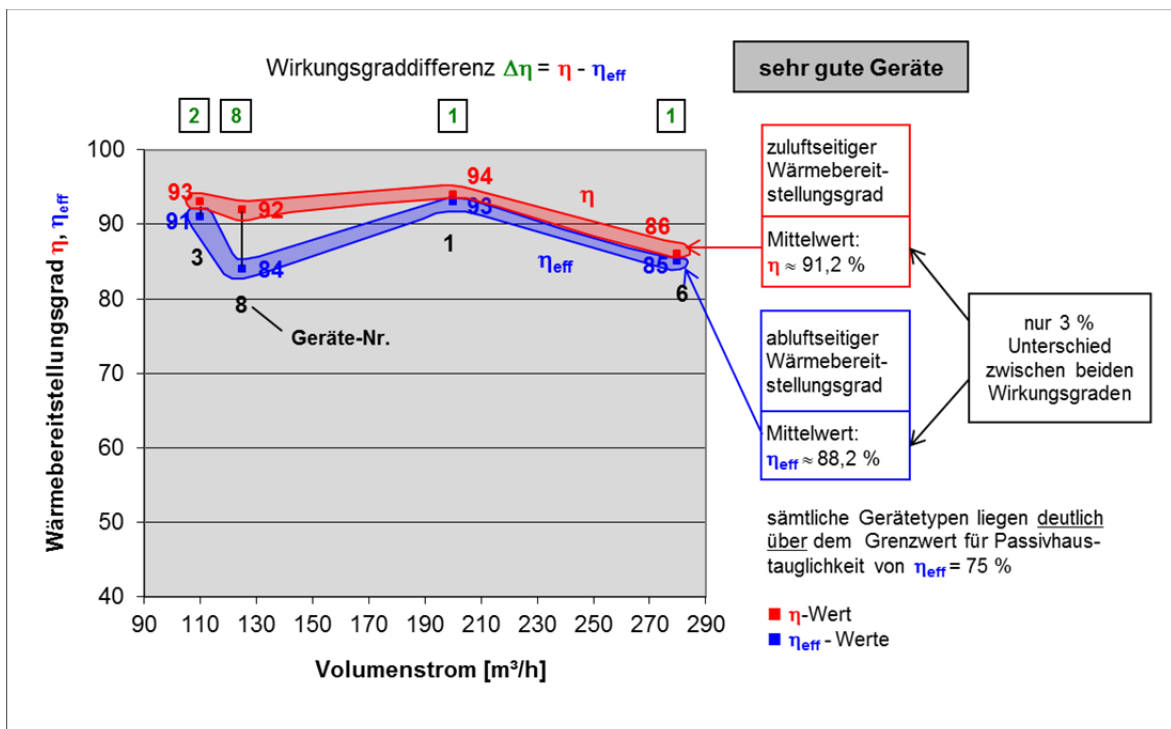


Bild 3: Bei guten Wärmerückgewinnungsgeräten gemessene Wärmebereitstellungsgrade (η , η_{eff}) mit nur geringfügigen Unterschieden

In der Norm DIN EN 13141-7 (deutsche Fassung vom Sept. 2004) wird im Pkt. 7 gefordert:

„Der Prüfbericht muss mindestens folgende Angaben enthalten:

... Temperaturverhältnis für Zuluft ohne Kondensation

... Temperaturverhältnis für Abluft ohne Kondensation

... Temperaturverhältnis für Zuluft mit Kondensation

... Temperaturverhältnis für Abluft mit Kondensation“.

Die Praxis zeigt aber, dass das „Temperaturverhältnis für Abluft“ ($\hat{=}$ ca. η_{eff}) fast nie angegeben wird bzw. nicht im Prüfbericht erscheint ... aus taktischen Gründen: weil dieser Wert schlechter ausfällt (ca. 20 % - siehe Bild 2) als der zuluftseitige Wert (η). Der zuluftseitige Wert (η) ist für die qualitative Beschreibung des tatsächlichen Wirkungsgrades nicht tauglich! Trotz alledem wird in fast allen WRG-Gerätebeschreibungen von Herstellern dieser beschönigt hohe η -Wert verwendet!

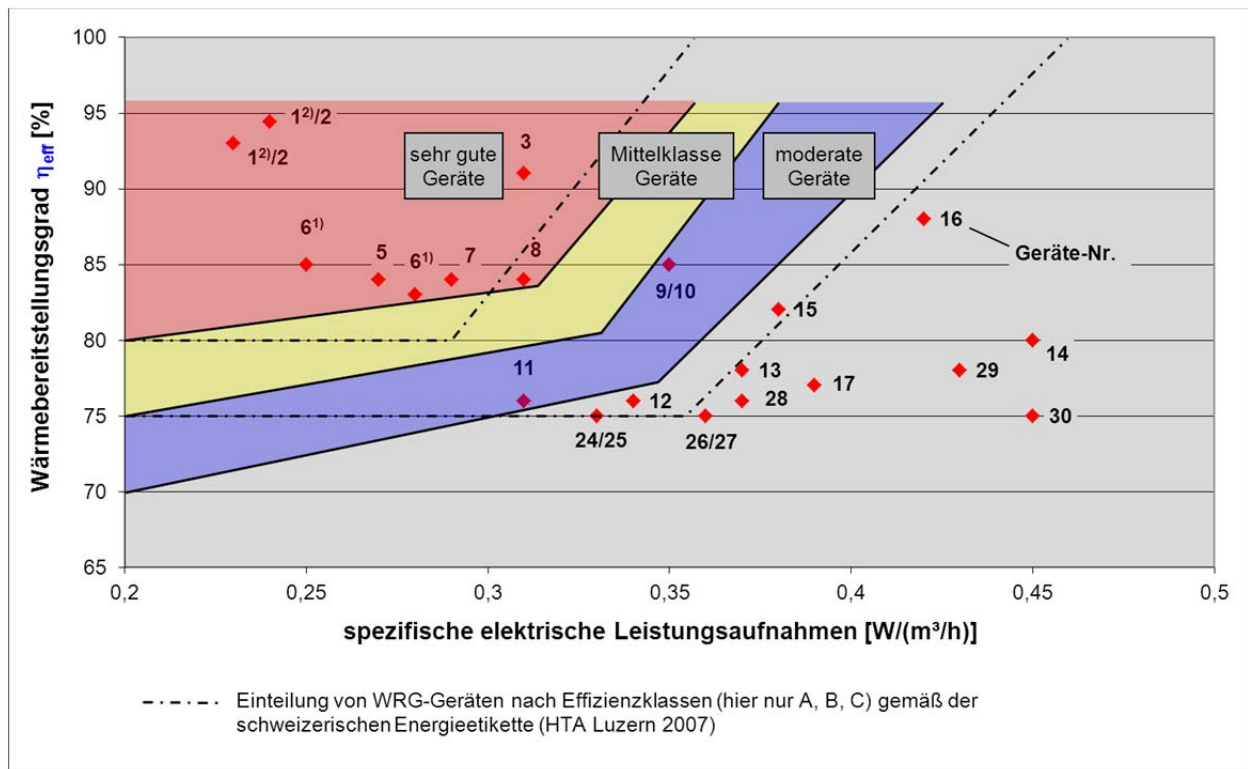
Eine schlechte Gerätedämmung (z. B. 15 mm) führt dazu, dass die kalte Außenluft (z. B. -3 °C) im Gerät durch Wärme aus dem Geräteaufstellraum (z. B. 21 °C) erwärmt wird; damit wird der aus der zuluftseitigen Erwärmung resultierende Wärmebereitstellungsgrad in unzulässiger Weise erhöht. Dieser Sachverhalt wird u. a. bestätigt durch den FIA-Forschungsbericht „Kennwerte für energieeffiziente Wärmerückgewinnungsgeräte“ (von Prof. Dr. R.-P. Strauß, DI T. Seeböger, Hochschule Bremen, öffentlich zugänglich: ISBN 3-938210-17-6 oder beim Fachinstitut Gebäude Klima FGK Nr. 128 11/06) dort S. 9:

„Schlecht gedämmte und undichte Geräte bekommen auf diesem Weg einen zu hohen Wärmebereitstellungsgrad zugewiesen. ... Qualitativ hochwertige Geräte werden ungerechtfertigter Weise in ihrer Effizienz unterschätzt. ... Dies stellt eine drastische Wettbewerbsverzerrung dar und behindert die weitere Verbreitung hocheffizienter Geräte. Damit werden die Ziele der EnEV, nämlich eine Reduzierung der Primärenergieverbräuche konterkariert.“

Auch die schweizerische „Energieetikette für Lüftungsgeräte“ (von HTA Luzern), die österreichische Qualitätskriterien gemäß FH Kufstein [1], die niederösterreichischen Förderkriterien und das Passivhaus-Institut Darmstadt rücken von dem zuluftseitig ermittelten Wärmebereitstellungsgrad η ab und vertreten die Ansicht, dass der abluftseitig ermittelte effektive Wärmebereitstellungsgrad η_{eff} ein realistischer Wert ist.

2 Energieeffizienzklassen-Einteilung bei WRG-Geräten

Haustechnische Geräte werden zunehmend in Energieeffizienzklassen eingeteilt. Auch bei Wärmerückgewinnungsgeräten ist eine Klasseneinteilung sinnvoll. Zum Beispiel gibt es in der Schweiz eine „Energieetikette für Lüftungsgeräte – Geräte mit Wärmerückgewinnung“. In Bild 3 ist die schweizerische Einteilung durch - - - Linie eingetragen; allerdings erkennt man hier, dass die Grenzlinie bezüglich effektivem Wärmebereitstellungsgrad η_{eff} in einem gewissen Bereich konstant waagrecht verläuft. Allerdings sollte man in der Gesamtschau von Nutzen (η_{eff}) und Aufwand (spezifische elektrische Leistungsaufnahme p_{el}) bedenken, dass man bei einer Verbesserung des Wirkungsgrades (höherer Nutzen) eine etwas höhere spezifische elektrische Leistungsaufnahme (höherer Aufwand) zulassen kann, d. h. die Grenzlinie zwischen den dort dargestellten Effizienzklassen (Bild 3: Linie zwischen den Farben) steigt leicht an.



Geräte 1 bis 8 mit Gegenstrom-Kanalwärmetauscher (Patent Paul Wärmerückgewinnung GmbH)

¹⁾ Gerätetyp "campus" von Fa. Paul:

bei 280 m³/h: $p_{\text{el}} = 0,25 \text{ W/m}^3/\text{h}$, $\eta_{\text{eff}} = 85 \%$

bei 400 m³/h: $p_{\text{el}} = 0,28 \text{ W/m}^3/\text{h}$, $\eta_{\text{eff}} = 83 \%$

²⁾ Gerätetyp "novus 300" von Fa. Paul:

bei 145 m³/h: $p_{\text{el}} = 0,24 \text{ W/m}^3/\text{h}$, $\eta_{\text{eff}} = 94,4 \%$

bei 200 m³/h: $p_{\text{el}} = 0,23 \text{ W/m}^3/\text{h}$, $\eta_{\text{eff}} = 93 \%$

Bild 4: Effizienzklassen-Einteilung

Übersicht passivhauszertifizierter WRG-Geräte > 130 m³/h – ohne Kleingeräte
(Quelle: www.passiv.de – Stand 23.09.2010)

Derartige Wärmerückgewinnungstechniken erreichen in Fernost und auf dem amerikanischen Kontinent bei weitem nicht den in Deutschland erreichten technischen Standard – mit einiger Sicherheit lässt sich sagen, dass die in dem Diagramm (Bild 4) eingetragenen Gerätetypen weltweit die höchste Effizienzklasse darstellen. Aus diesem Pool ragt ein Gerät mit besonderen Kriterien heraus: Höchste Wärmerückgewinnung und niedrigster Stromverbrauch. Die Zuordnung der in den Bildern 2 bis 4, 6 und 7 verwendeten Geräte-Nummern zu Gerätetypen (Herstellern) können beim Autor erfragt werden.

Den Anstieg der Grenzlinie kann man leicht definieren:

Nutzen (in Primärenergie)

$$\dot{Q}_{H,L,P} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_P \cdot \Delta t \cdot e_{H,g} \cdot f_P$$

$$\Delta t = \eta_{\text{eff}} (t_{\text{Ab}} - t_{\text{Au}})$$

$$\Delta t = \eta_{\text{eff}} (21 - 5) = \eta_{\text{eff}} \cdot 16$$

Beispiel mit Gerät bei $\dot{V} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$\dot{Q}_{H,L,P} = 150 \cdot 1,2 \cdot 0,28 \cdot \eta \cdot 16 \cdot 1,04 \cdot 1,1$$

$$\dot{Q}_{H,L,P} = 923 \cdot \eta \text{ [W]}$$

$$\underline{\underline{\Delta \dot{q}_{H,L,P} = 9,2 \text{ W}}} \text{ bei } \Delta \eta_{\text{eff}} = 1 \%$$

bei $\Delta \eta_{\text{eff}} = 1 \%$:

$$\text{bei } 150 \text{ m}^3/\text{h}: \Delta \dot{q}_{H,L,P} = 9,2 \text{ W}$$

$$\text{bei } 200 \text{ m}^3/\text{h}: \Delta \dot{q}_{H,L,P} = 12,3 \text{ W}$$

$$\text{Mittelwert: } \underline{\underline{\Delta \dot{q}_{H,L,P} = 10,75 \text{ W}}}$$

$\dot{Q}_{H,L,P}$ [W] – nutzbar gemachte Heizenergie durch Lüftungsanlage mit WRG (Primärenergie)

\dot{V} [m^3/h] – Luftvolumenstrom

ρ [kg/m^3] – Luftdichte

c_p [Wh/kg K] – spezifische Wärme der Luft

Δt [K] – Lufterwärmung durch WRG bei mittlerer Außentemperatur – Heizperiode

$e_{h,g}$ [-] – Aufwandszahl des Wärmeerzeugers nach DIN 4701-10 (= 1,04 bei Gasbrennwerttherme)

f_p [-] – Primärenergiefaktor des verwendeten Energieträgers (1,1 bei Gas)

η_{eff} [-] – effektiver Wärmebereitstellungsgrad

t_{Ab} [°C] – Ablufttemperatur am WRG-Geräteeintritt

t_{Au} [°C] – mittlere Außentemperatur während der Heizperiode

Aufwand (in Primärenergie)

$$\dot{Q}_{L,HE,P} = p_{\text{el}} \cdot \dot{V} \cdot f_p$$

Beispiel mit Gerät bei $\dot{V} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$:

$$\dot{Q}_{L,HE,P} = p_{\text{el}} \cdot 150 \cdot 2,7$$

$$\dot{Q}_{L,HE,P} = p_{\text{el}} \cdot 405 \text{ [W]}$$

$$\underline{\underline{\Delta \dot{q}_{L,HE,P} = 4,05 \text{ W}}} \text{ bei } \Delta p_{\text{el}} = 0,01 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$$

bei $\Delta p_{\text{el}} = 0,01 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$:

$$\text{bei } 150 \text{ m}^3/\text{h}: \Delta \dot{q}_{L,HE,P} = 4,05 \text{ W}$$

$$\text{bei } 200 \text{ m}^3/\text{h}: \Delta \dot{q}_{L,HE,P} = 5,4 \text{ W}$$

$$\text{Mittelwert: } \underline{\underline{\Delta \dot{q}_{L,HE,P} = 4,7 \text{ W}}}$$

$\dot{Q}_{L,HE,P}$ [W] – Hilfsenergiebedarf (Strom) bei der Lüftungsanlage mit WRG (Primärenergie)

p_{el} [W/(m³/h)] – spezifische Leistungsaufnahme beider Ventilatoren (je m³/h)

f_p [-] – Primärenergiefaktor (2,7 bei Strom)

Die Primärenergieeinsparung bei einem um $\Delta\eta_{eff} = 1\%$ besseren Wärmebereitstellungsgrad ergibt 10,75 W. Man befindet sich auf gleichem Energieniveau, wenn pro $\Delta\eta_{eff} = 1\%$ Wirkungsgradsteigerung (= Energieeinsparung) eine um

$$\Delta p_{el} = 0,023 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h}) = \left(\frac{10,75 \text{ W (pro 1\%)}}{4,7 \text{ W (pro 0,01 W}/(\text{m}^3/\text{h}))} \right)$$

höhere elektrische Leistungsaufnahme entgegensteht. Der Anstieg der Grenzlinie ergibt sich daraus (Bild 5).

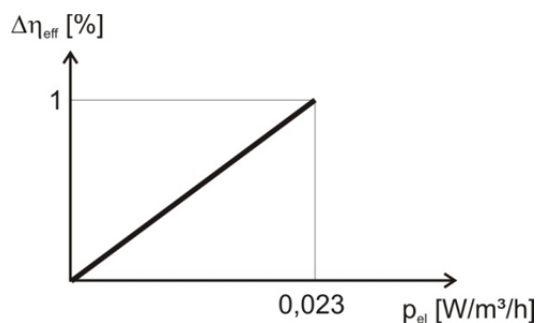
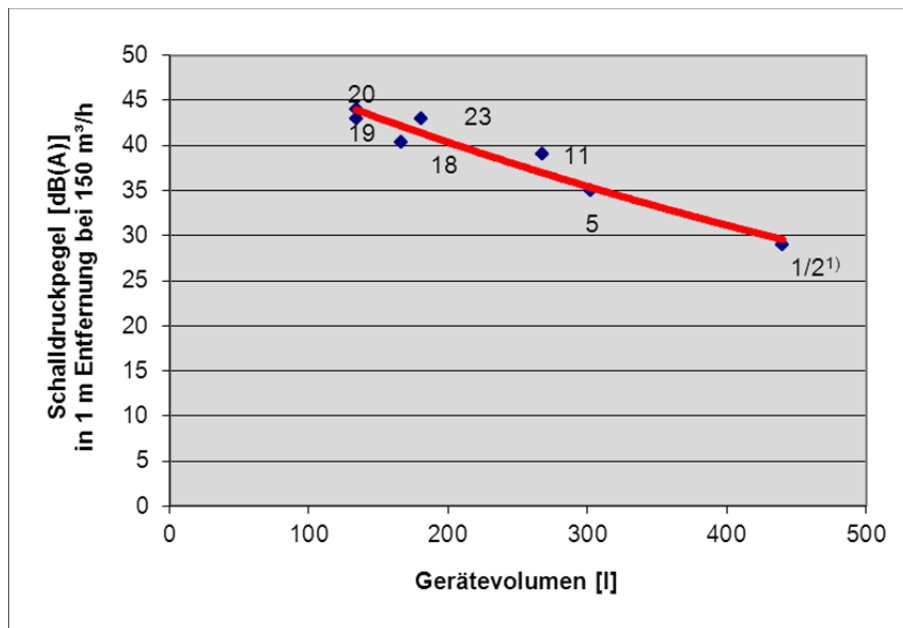


Bild 5: Verhältnis von Wirkungsgradanstieg und höherem Stromverbrauch bei gleichem (Primär-)Energieniveau

Der steilere Anstieg der Geraden nach dem Knick (in Bild 4) ist angelehnt an die schweizerische Effizienzklassen-Einteilung für die Geräte-Etikettierung. Zudem lässt sich der steilere Anstieg daraus ableiten, dass höhere spezifische Stromverbräuche einen höheren Druckverlust (resultierend aus meist kleinen Geräteabmessungen und scharfen Kanten) als Ursache haben. Die gleichen Aspekte tragen dann aber auch dazu bei, dass die Geräte-Geräusche höher sind. Hohe Geräusche sollten bei hocheffizienten Geräten vermieden werden – dem trägt der steilere Geradenanstieg (nach dem Knick) Rechnung.

3 Auswirkungen des Gerätevolumens auf Schalldruckpegel und Stromverbrauch

In Bild 6 sind die Schalldruckpegel (in 1 m Abstand) bei 6 Gerätetypen dargestellt – jeweils unter gleichen Bedingungen: 150 m³/h, 100 Pa externe Pressung. Analog dazu führt die höhere Geschwindigkeit (insbesondere durch das kleinere Gerätevolumen) zu einem ansteigenden Druckverlust und Stromverbrauch (siehe Bild 7).



¹⁾ bei 200 m³/h

Bild 6: Abhängigkeit des Schalldruckpegels vom Gerätevolumen

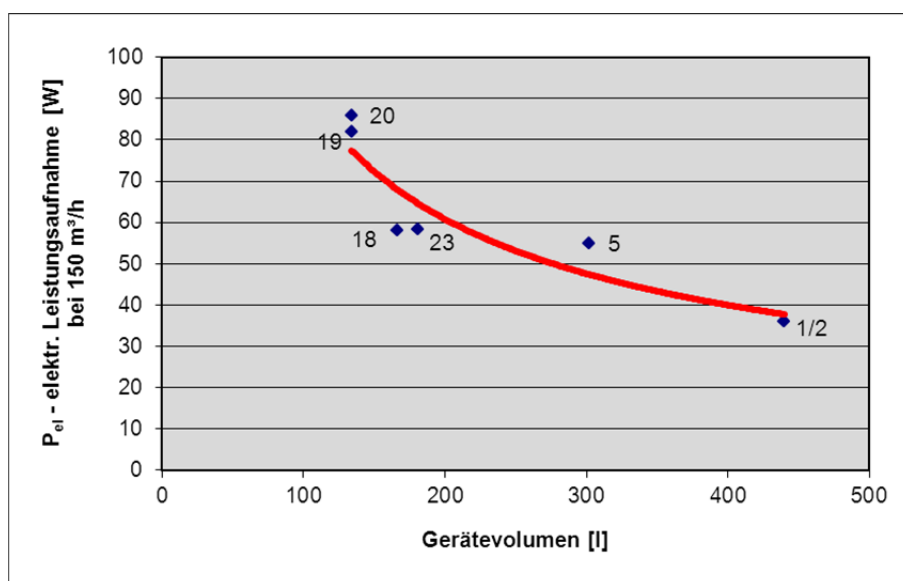


Bild 7: Abhängigkeit der Leistungsaufnahme vom Gerätevolumen

Zusammenfassung

Hohe Behaglichkeit, energiesparende Bauweise und hocheffiziente Anlagentechnik sind die wesentlichen Bestandteile der Passivhaus-Idee. Die Energieeffizienz bei Wärmerückgewinnungsgeräten rückt mit ansteigenden Energiepreisen und den schärferen Gesetzesanforderungen (30 % Primärenergiesenkung) bei Neubauten immer stärker in den Fokus. Eine Energieeffizienzklassen-Einteilung für Wärmerückgewinnungsgeräte ist daher ein sinnvolles Instrument, das energetische Nutzen-Aufwand-Verhältnis in einer Gesamtschau beurteilen zu können. Die Qualität eines Gerätes wird neben dem effektiven Wärmebereitstellungsgrad (η_{eff}) auch durch den Stromverbrauch und den Schalldruckpegel (Geräusch) definiert. Beide Werte sinken bei großen Geräten, d. h. bei größerem Gerätevolumen.

Literatur:

[1] Qualitätskriterien für Klassenzimmerlüftungen

Zusammengestellt von: TB DI Andreas Greml (früher FH Kufstein), DI Roland Kapferer, Energie Tirol, Ing. Wolfgang Leitzinger, arsenal research, DI (FH) Arnold Gössler, AEE Intec, DI Ernst Blümel, FH-Pinkafeld (früher AEE Intec)

hier insbesondere Qualitätskriterium 37 (M) – siehe www.komfortlüftung.at