

**Beurteilungsgrundlagen für Lüftungsgeräte
gemäß den Anforderungen der Wärmeschutz-
verordnung 1995**

T 2738

T 2738

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1999, ISBN 3-8167-4912-7

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ernst- Rudolf Schramek			Universität Dortmund Fakultät Bauwesen
	Lehrstuhl TGA Technische Gebäudeausrüstung		Studienrichtung B1 Bauplanung Architektur Städtebau	August-Schmidt-Straße 6 Briefpost 44221 Dortmund Paketpost 44227 Dortmund Telefon 0231/755-4777 od. 4792 Telefax 0231/755-2466

Beurteilungsgrundlagen für Lüftungsgeräte gemäß den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung '95

Gefördert vom
Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin

Inhaltsverzeichnis

1 Anforderungen an Wohnungslüftungsanlagen in der WSchV '95	1
2 Bisher verwendete Definition und Bestimmung der Kennzahlen	1
3 Die Anforderungen der WSchV '95 im Vergleich mit ausgeführten Lüftungsanlagen.....	2
4 Anpassung der Kennzahlen an die tatsächliche Leistungsfähigkeit von Lüftungsgeräten	5
4.1 Zukünftige Definition des Wärmerückgewinnungsgrads.....	5
4.2 Berechnung des äquivalenten Wärmerückgewinnungsgrads.....	6
5 Zusammenfassung der Vorgehensweise zur Bestimmung von Wärmerückgewinnungsgrad und elektrischem Wirkungsverhältnis	8
6 Kennzeichnung zulässiger Betriebsbereiche im Kennfeld	10
7 Gemessene Beispiele	12

1 Anforderungen an Wohnlüftungsanlagen in der WSchV '95

In der seit dem 1. Januar 1995 gültigen Fassung der Wärmeschutzverordnung (WSchV '95) wird, zum erstenmal an dieser Stelle, die Gebäudetechnik bei der energetischen Bewertung von neu zu bauenden Gebäuden berücksichtigt.

In den Rechenvorschriften zum Wärmeschutznachweis werden die energetischen Auswirkungen von Lüftungsanlagen, mit oder ohne Wärmerückgewinnung (WRG), berücksichtigt, indem die rechnerischen Lüftungswärmeverluste entsprechend der Leistungsfähigkeit der Lüftungsanlage und der WRG-Einheit reduziert werden dürfen.

	WRG ohne Wärmepumpe		WRG mit Wärmepumpe	
elektrisches Wirkungsverhältnis	$\epsilon_{EI} \geq 5$		$\epsilon_{EI} \geq 4$	
Wärmerückgewinnungsgrad	$0,6 \leq \eta_W \leq 0,65$	$\eta_W > 0,65$	$0,6 \leq \eta_W \leq 0,65$	$\eta_W > 0,65$
Faktor für anzurechnende Lüftungswärmeverluste	0,8	0,8 (0,65 / η_W)	0,8	0,8 (0,65 / η_W)

Tabelle 1: Grenzwerte für Lüftungsanlagen mit WRG und der jeweils anrechenbare Minderungsfaktor für die Lüftungswärmeverluste nach WSchV '95

Bei der Definition, Bestimmung und Interpretation der relevanten Kenngrößen in Tabelle 1 gibt es z.Z. noch Unsicherheiten, zu deren Beseitigung im vorliegenden Bericht Vorschläge unterbreitet werden.

2 Bisher verwendete Definition und Bestimmung der Kennzahlen

Die in Tabelle 1 genannten Größen Wärmerückgewinnungsgrad η_W und elektrisches Wirkungsverhältnis ϵ_{EI} wurden bisher, in Anlehnung z.B. an VDI 2071 und an allgemeine Fachliteratur, folgendermaßen definiert:

Wärmerückgewinnungsgrad:
$$\eta_W = \frac{\dot{H}_{Ab} - \dot{H}_{Fo}}{\dot{H}_{Ab} - \dot{H}_{Au}}$$

Gleichung 1

elektrisches Wirkungsverhältnis:
$$\epsilon_{EI} = \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{P_{El,ges}}$$

Gleichung 2

Bei der dargestellten Definition des Wärmerückgewinnungsgrads werden gleiche Massenströme auf der Zu- und Abluftseite vorausgesetzt. Der Wärmestrom $\dot{Q}_{Zu,ges}$ bezeichnet die gesamte dem Gebäude durch die Lüftungsanlage zugeführte Wärme. Es wird nicht unterschieden zwischen aus der Abluft rückgewonnener Wärme und solcher, die dem Zuluftstrom aus Geräteabwärme zugeführt wird.

Die bisherige Definition des Wärmerückgewinnungsgrads führt zu einer Reihe von Schwierigkeiten. Die gravierendsten sind:

- Beim derzeitigen Stand der Technik ist der in der WSchV '95 genannte Grenzwert von 60% Wärmerückgewinnung für Geräte ohne Wärmepumpe nicht erreichbar. Dennoch erzielen die Geräte beachtliche Primärenergieeinsparungen, da sie sehr günstige elektrische Wirkungsverhältnisse aufweisen.
- Für Geräte mit Wärmepumpe stellt der Grenzwert für den Wärmerückgewinnungsgrad keine nennenswerte Hürde dar, dafür erreichen sie das vorgeschriebene elektrische Wirkungsverhältnis nicht.
- Der europäische Normenentwurf DIN EN 832 sieht eine Definition des Wärmerückgewinnungsgrads ausschließlich mittels sensibler Energiedifferenzen, also Temperaturdifferenzen vor. Politisch ist eine damit konforme nationale Definition gefordert.

Entsprechend einem Vorschlag des Lehrstuhls Technische Gebäudeausrüstung der Universität Dortmund erfolgt die Messung des Wärmerückgewinnungsgrads und des elektrischen Wirkungsverhältnis an drei Meßpunkten mit den folgenden Randbedingungen (Forschungsbericht 'Erarbeitung praktikabler, systemorientierter Leistungskennzahlen zur Überwachung der technischen Anforderungen an mechanische Wohnungslüftungsanlagen und ihres Stromverbrauchs' des Lehrstuhls für Technische Gebäudeausrüstung, Universität Dortmund, im Auftrag des Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau):

Meßpunkt 1	Außenluft (A1)	-3°C Temperatur 80% rel. Feuchte	Raumluft (R1)	21°C Temperatur 36% rel. Feuchte
Meßpunkt 2	Außenluft (A2)	4°C Temperatur 80% rel. Feuchte	Raumluft (R2)	21°C Temperatur 46% rel. Feuchte
Meßpunkt 3	Außenluft (A3)	10°C Temperatur 80% rel. Feuchte	Raumluft (R3)	21°C Temperatur 56% rel. Feuchte

Tabelle 2: Luftzustände der drei vorgeschlagenen Betriebspunkte zur Messung des Wärmerückgewinnungsgrads

Dabei wird von mittleren klimatischen Verhältnissen während der Heizperiode und einem durchschnittlichen Feuchteeintrag im Wohnraum von ca. 3g Wasser pro kg zugeführter Luft ausgegangen.

3 Die Anforderungen der WSchV '95 im Vergleich mit ausgeführten Lüftungsanlagen

Werden die in der WSchV '95 genannten Kenngrößen für Wohnungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung entsprechend Abschnitt 2 interpretiert, dann erfüllen z.Z. auf dem Markt befindliche Wohnungslüftungsgeräte die gestellten Anforderungen nicht, da je nach Anlagentechnik der erzielte Wärmerückgewinnungsgrad oder das elektrische Wirkungsverhältnis zu niedrig sind.

Erfahrungswerte aus einer Reihe von Messungen, berechnet nach bisher verwendeten Definitionen der Kenngrößen (s. Gleichung 1 und Gleichung 2) der Universität Dortmund sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

	Rück- gewinnungsgrad entsprechend bisheriger Definition	WSchV '95 erfüllt	elektrisches Wirkungsverhältnis entsprechend bisheriger Definition	WSchV '95 erfüllt	Primärenergieeinsparung, berechnet aus bisheriger Definition für η_w und ϵ_{EI}
	ξ_{η_w}		ϵ_{EI}		ΔPE
Kreuzstrom-WT	$\leq 37\%$	nein	≤ 10	ja	$> 20\%$
im Gegenstrom geschalteter, doppelter Kreuzstrom-WT	$\approx 45\%$	nein	$> 4,3$	nein	$> 20\%$
Gegenstrom-WT	$> 50\%$	nein	> 5	ja	$> 25\%$
Ab-/Zuluftsystem mit WT und WP	$> 75\%$	ja	$< 3,8$	nein	$> 30\%$
Abluftsystem mit WP	$> 65\%$	ja	$< 3,8$	nein	$> 30\%$

Tabelle 3: Größenordnung der Kennzahlen der WSchV '95 entsprechend der bisher verwendeten Definition, aufgeteilt nach Gerätetechniken

4 Anpassung der Kennzahlen an die tatsächliche Leistungsfähigkeit von Lüftungsgeräten

Wie aus den letzten Abschnitten deutlich wurde, erfüllen die z.Z. auf dem Markt befindlichen Wohnungslüftungsgeräte nach der bisherigen Definition der Kennzahlen die Anforderungen der WSchV '95 nicht, obwohl durch die erzielte Primärenergieeinsparung der in Aussicht gestellte Bonus (s. Tabelle 1) durchaus gerechtfertigt wäre.

Daher wird eine Anpassung der in der WSchV '95 genannten Kenngrößen in zwei Schritten vorgenommen:

1. Die Definition des Wärmerückgewinnungsgrads wird modifiziert, wodurch sich rechnerisch um ca. 50% höhere Werte ergeben.
2. Aus den gemessenen Größen Wärmebereitstellungsgrad und elektrisches Wirkungsverhältnis wird die erzielbare Primärenergieeinsparung ermittelt. Daraus wird wiederum ein äquivalenter Wärmerückgewinnungsgrad berechnet.

Die Herleitung der zukünftig einzusetzenden Kennzahlen ist in den Abschnitten 4.1 und 4.2 beschrieben. Eine Zusammenfassung der Vorgehensweise zur Ermittlung der Kennzahlen findet sich in Abschnitt 5.

4.1 Zukünftige Definition des Wärmerückgewinnungsgrads

Der im Zusammenhang mit der WSchV '95 verwendete Wärmerückgewinnungsgrad wird zukünftig definiert als

$$\eta_W = \frac{\dot{H}_{Ab} - \dot{H}_{Fo}}{\dot{H}_{Zu} - \dot{H}_{Au}}$$

Gleichung 3

Auch hier wurde wieder von gleichen Massenströmen auf der Zu- und Abluftseite des Lüftungsgeräts ausgegangen. Die Enthalpie \dot{H}_{Zu} kennzeichnet den Luftzustand, den die bereits auf Raumtemperatur erwärmte Luft hat, bevor ihr im Raum Feuchte zugeführt wird ($\dot{H}_{Zu} = H(T_{Ab}; x_{Au})$).

Die Festlegung der Bezugsgröße $(\dot{H}_{Zu} - \dot{H}_{Au})$ läßt sich damit begründen, daß für die Befeuchtung der Raumluft im Rechenverfahren der WSchV '95 keine Energie eingesetzt wird. Trotzdem wird der Abluft, bei Einsatz von entsprechend leistungsfähigen Geräten zur Wärmerückgewinnung, die in ihr enthaltene latente Wärme zum Teil entzogen.

Es läßt sich zeigen, daß Gleichung 3 identisch ist mit

$$\eta_W = \frac{T_{Zu} - T_{Au}}{T_{Ab} - T_{Au}}$$

Gleichung 4

wenn ausschließlich die Temperaturerhöhung der Zuluft berücksichtigt wird, die durch die Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft bewirkt wurde. Zusätzlich in den Zuluftstrom gelangte Wärme, z.B. Abwärme des Ventilatorenantriebs oder Wärmepumpenantriebsenergie, darf nicht berücksichtigt werden.

Die nach dieser Definition berechneten Zahlenwerte für den Wärmerückgewinnungsgrad sind um den Faktor

$$\frac{\dot{H}_{Ab} - \dot{H}_{Au}}{(T_{Ab} - T_{Au}) \cdot (c_{pLuft} + x_{Au} \cdot c_{pDampf})} \approx 1,5$$

Gleichung 5

größer als die nach Gleichung 1.

Die hier vorgestellte Definition deckt sich mit einem Vorschlag des Lehrstuhls Technische Gebäudeausrüstung der Universität Dortmund vom März 1996.

4.2 Berechnung des äquivalenten Wärmerückgewinnungsgrads

Die durch den Betrieb einer Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erzielte relative Primärenergieeinsparung ist (vgl. Forschungsbericht der Universität Dortmund)

$$\Delta PE = \frac{Q_{PE,Einsparung}}{Q_{PE,Lüftung}} = \frac{\eta'_W \cdot \left(f_{fossil} - \frac{f_{Strom}}{\varepsilon_{EI}} \right)}{f_{fossil}}$$

Gleichung 6

Die beiden Größen Wärmebereitstellungsgrad η'_W und elektrisches Wirkungsverhältnis ε_{EI} sind die an den drei dargestellten Meßpunkten gemessenen Kennzahlen des Wohnungs-
 lüftungsgerätes.

Der Wärmebereitstellungsgrad

$$\eta'_W = \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{\dot{Q}_{Lüftung}} = \frac{\dot{Q}_{Zu,WRG}}{\dot{Q}_{Lüftung}} + \frac{\dot{Q}_{Zu,EI}}{\dot{Q}_{Lüftung}} = \eta_W + \frac{\dot{Q}_{Zu,EI}}{\dot{Q}_{Lüftung}}$$

Gleichung 7

ist eine dem Wärmerückgewinnungsgrad ähnliche Größe, unterscheidet sich aber darin, daß hier die gesamte dem Gebäude durch die Lüftungsanlage zugeführte Wärme berücksichtigt wird. Dazu gehören auch zum Betrieb der Anlage eingesetzte Hilfsenergien, die dem Zuluftstrom als Abwärme $\dot{Q}_{Zu,EI}$ zugeführt werden, wie z.B. die Antriebsenergie der Wärmepumpe.

Die Abwärme der Ventilatorantriebe ist relativ gering und darüber hinaus meßtechnisch nur schwer zu erfassen. Sie wird daher in den folgenden Betrachtungen vernachlässigt. Damit ergibt sich aus Gleichung 7 für

$$\begin{aligned} \text{Geräte mit WP:} \quad \dot{Q}_{Zu,EI} &\approx \frac{\dot{Q}_{Zu,WRG}}{\varepsilon} &\rightarrow \quad \eta_W &= \eta'_W - \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{\varepsilon \cdot \dot{Q}_{Lüftung}} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \eta'_W \\ \text{Geräte ohne WP:} \quad \dot{Q}_{Zu,EI} &\approx 0 &\rightarrow \quad \eta_W &= \eta'_W \end{aligned}$$

Gleichung 8

wobei für die Leistungsziffer der Wärmepumpe gilt: $\varepsilon = \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{P_{EI,WP}} \approx \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{\dot{Q}_{Zu,EI}}$.

Wird davon ausgegangen, daß ein festgelegtes elektrisches Wirkungsverhältnis angestrebt wird welches die Anforderungen der WSchV '95 erfüllt, dann kann aus der für das Gerät berechneten Primärenergieeinsparung (s. Gleichung 6) ein äquivalenter Wärmebereitstellungsgrad berechnet werden:

$$\eta'_{W,\text{äquivalent}} = \frac{\Delta PE \cdot f_{\text{fossil}}}{\left(f_{\text{fossil}} - \frac{f_{\text{Strom}}}{\varepsilon_{EI}} \right)}$$

Gleichung 9

Unter der Annahme

$$f_{\text{fossil}} = 1,1$$

$$f_{\text{strom}} = 3,0$$

und daß das elektrische Wirkungsverhältnis nach den Anforderungen der WSchV '95 für Geräte mit WP $\varepsilon_{EI}=4$ und ohne WP $\varepsilon_{EI}=5$ betragen muß (vgl. Tabelle 1), sind alle Größen im rechten Term bekannt. Es ergibt sich damit für den äquivalenten Wärmebereitstellungsgrad folgender Zusammenhang:

$$\text{Geräte mit WP: } \eta'_{W,\text{äquivalent}} = \frac{1,1 \cdot \Delta PE}{\left(1,1 - \frac{3,0}{4} \right)} = 3,14 \cdot \Delta PE$$

$$\text{Geräte ohne WP: } \eta'_{W,\text{äquivalent}} = \frac{1,1 \cdot \Delta PE}{\left(1,1 - \frac{3,0}{5} \right)} = 2,20 \cdot \Delta PE$$

Gleichung 10

und damit aus Gleichung 8 ein äquivalenter Wärmerückgewinnungsgrad für

$$\text{Geräte mit WP: } \eta_{W,\text{äquivalent}} = 3,14 \cdot \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \cdot \Delta PE$$

$$\text{Geräte ohne WP: } \eta_{W,\text{äquivalent}} = 2,20 \cdot \Delta PE$$

Gleichung 11

5 Zusammenfassung der Vorgehensweise zur Bestimmung von Wärmerückgewinnungsgrad und elektrischem Wirkungsverhältnis

An den in Tabelle 2 spezifizierten Meßpunkten werden folgende Größen gemessen:

Wärmebereitstellungsgrad:
$$\eta'_{W} = \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{\dot{H}_{Zu} - \dot{H}_{Au}}$$

elektrisches Wirkungsverhältnis:
$$\varepsilon_{EI} = \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{P_{EI,ges}}$$

Leistungsziffer (nur bei Geräten mit WP):
$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_{Zu,ges}}{P_{EI,WP}}$$

Daraus ergibt sich die mit dem vermessenen Lüftungsgerät rechnerisch erzielbare relative Primärenergieeinsparung

$$\Delta PE = \frac{Q_{PE,Einsparung}}{Q_{PE,Lüftung}} = \frac{\eta'_{W} \cdot \left(11 - \frac{3,0}{\varepsilon_{EI}}\right)}{1,1}$$

und daraus wiederum der äquivalente Wärmerückgewinnungsgrad

Geräte mit WP:
$$\eta_{W,äquivalent} = 3,14 \cdot \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \cdot \Delta PE$$

Geräte ohne WP:
$$\eta_{W,äquivalent} = 2,20 \cdot \Delta PE$$

Der Mittelwert der an den 3 Meßpunkten getrennt ermittelten äquivalenten Wärmerückgewinnungsgrade, wird zur Berechnung des laut WSchV '95 zulässigen Bonus auf den rechnerischen Lüftungswärmeverlust herangezogen.

Aus Erfahrungen mit bereits vermessenen Geräten werden für die verschiedenen Systemtechniken die in Tabelle 4 dargestellten Resultate erwartet.

	rechnerische Primärenergieeinsparung ΔPE	äquivalenter Rückgewinnungsgrad $\eta_{W, \text{äquivalent}}$	WSchV '95 erfüllt	elektrisches Wirkungsverhältnis ϵ_{EI}	WSchV '95 erfüllt
Kreuzstrom-WT	>30%	>66%	ja	5	ja
im Gegenstrom geschalteter, doppelter Kreuzstrom-WT	>30%	>66%	ja	5	ja
Gegenstrom-WT	>38%	>84%	ja	5	ja
Ab-/Zuluftsystem mit WT und WP	>45%	>94%	ja	4	ja
Abluftsystem mit WP	>45%	>94%	ja	4	ja

Tabelle 4: Größenordnung des aus der Primärenergieeinsparung berechneten äquivalenten Wärmerückgewinnungsgrads ($\epsilon \geq 3$)

6 Kennzeichnung zulässiger Betriebsbereiche im Kennfeld

Die Ermittlung und Kennzeichnung der zulässigen Betriebsbereiche im Kennfeld des Wohnungslüftungsgeräts wird nach folgender Bilanzierung durchgeführt (vgl. Forschungsbericht der Universität Dortmund).

Zu Anfang wird die durch die Unit für die Wärmebedarfsstellen des Gebäudes bereitgestellte Energiemenge berechnet. Diese ist gleich dem Produkt aus dem Lüftungswärmebedarf nach WSchV '95 und dem mittleren jährlichen Wärmebereitstellungsgrad

$$Q_{Zu,ges} = \eta'_{W} \cdot Q_{Lüftung}$$

$$\text{mit } Q_{Lüftung} = 28,58 \cdot \beta \cdot V_L \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right]$$

Gleichung 12

Die aufgenommene jährliche elektrische Energiemenge wird unter der Annahme von symmetrisch ausgeführten Lüftungstechnischen Anlagen berechnet

$$Q_{El,ges} = (2 \cdot W_{El,Vent.} + W_{El,Aggr.}) \cdot z = \left(\frac{2 \cdot \Delta p \cdot \beta \cdot V_L}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_V} + W_{El,Aggr.} \right) \cdot z$$

$W_{El,Vent.}$: elektrische Antriebsenergie der Ventilatoren

$W_{El,Aggr.}$: elektrische Antriebsenergie aller sonstigen Aggregate der Unit

η_V : hydraulischer Wirkungsgrad der Unit

z : Betriebsstunden

Gleichung 13

Aus diesen Angaben kann für jeden Punkt im Kennfeld das elektrische Wirkungsverhältnis des Geräts bestimmt werden:

$$\varepsilon_{Ist} = \frac{Q_{Zu,ges}}{W_{El,ges}} = \frac{28,58 \cdot \dot{V} \cdot \eta'_{W}}{\left(\frac{2 \cdot \Delta p \cdot \dot{V}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_V} + W_{Aggr.} \right) \cdot z}$$

Gleichung 14

Durch eine festgelegte Primärenergieeinsparung ΔPE (vgl. Abschnitt 5) und einen bekannten Wärmebereitstellungsgrad ergibt sich ein minimal notwendiges elektrisches Wirkungsverhältnis

$$\varepsilon_{Soll} = \frac{f_{Strom}}{\left(f_{fossil} - \frac{\Delta PE \cdot f_{fossil}}{\eta'_{W}} \right)}$$

Gleichung 15

Damit nun die festgelegte Primärenergieeinsparung durch die Unit erreicht wird, muß die Bedingung $\varepsilon_{Soll} \leq \varepsilon_{Ist}$ erfüllt sein:

$$\frac{f_{Strom}}{\left(f_{fossil} - \frac{\Delta PE \cdot f_{fossil}}{\eta'_{W}} \right)} \leq \frac{28,58 \cdot \dot{V} \cdot \eta'_{W}}{\left(\frac{2 \cdot \Delta p \cdot \dot{V}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_V} + W_{El,Aggr.} \right) \cdot z}$$

Gleichung 16

Für einen Punkt innerhalb des Muscheldiagramms sind alle Variablen bekannt. Somit kann diese Ungleichung berechnet werden. Wird ein derartiges Vorgehen für eine Vielzahl von Punkten durchgeführt, so ergibt sich im Kennfeld ein Betriebsbereich, in dem von der Unit eine definierte Primärenergieeinsparung realisiert werden kann.

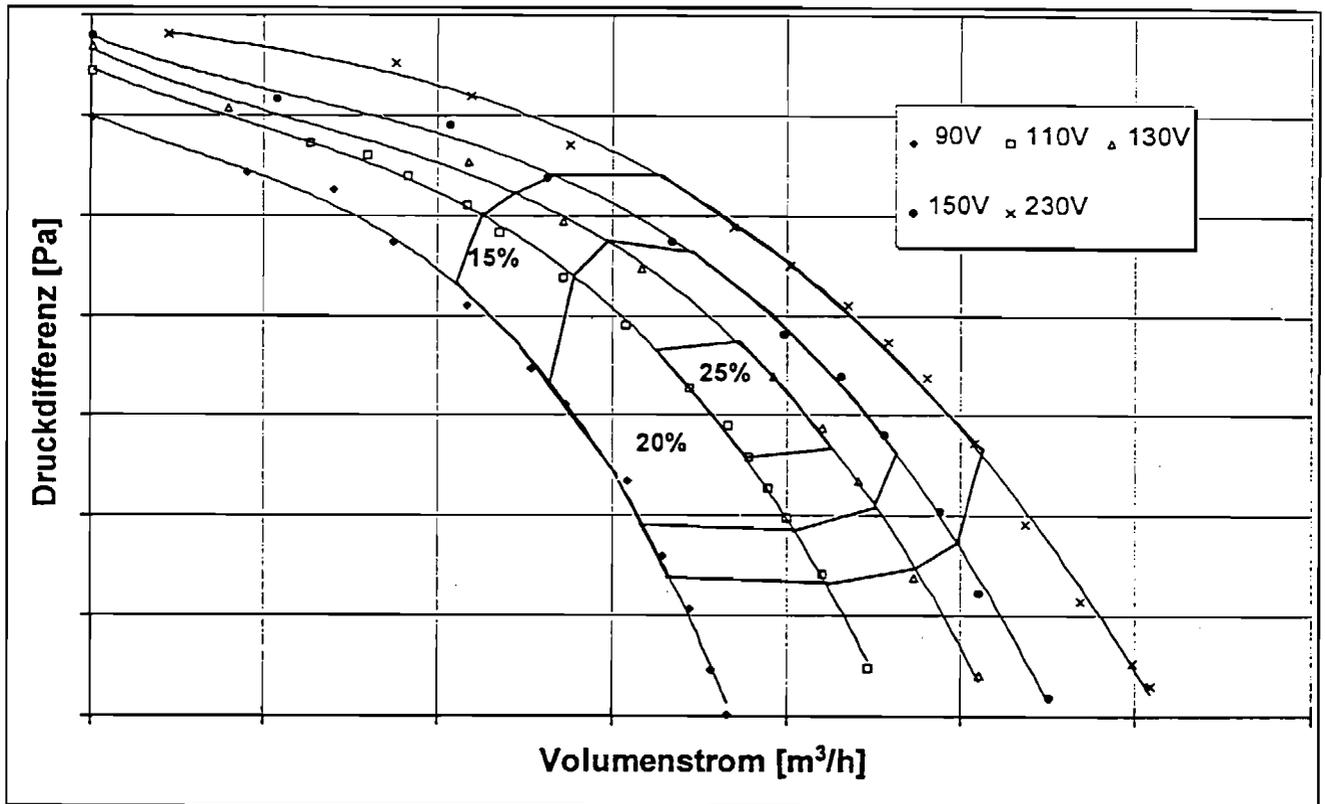


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der Primärenergieeinsparung im Kennfeld einer Unit

Aus dieser Primärenergieeinsparung läßt sich, mit Hilfe der in Abschnitt 5 dargestellten Umrechnungsverfahren, der äquivalente Rückgewinnungsgrad berechnen.

Mit Hilfe eines derartigen Diagramms können unterschiedliche Systeme für die Auslegung und Planung verglichen werden. Ebenso kann bei der Abnahme einer Lüftungstechnischen Anlage, nach Ermittlung der anliegenden Ventilatorspannung und des sich einstellenden Volumenstroms, die energetisch sinnvolle Auswahl einer Unit bestätigt werden.

7 Gemessene Beispiele

	Interne und externe Leckage < 5%	Einsatzbereich Volumenstrom (geschätzte Werte)		rechnerische Primärenergieeinsparung ΔPE	äquivalenter Wärmehückgewinnungsgrad $\eta_{w,äquivalent}$	Einsparung bei Q_L bezogen auf den maximalen Volumenstrom $[kWh/m^2]$	rechnerische Reduktion von Q_L durch Bonusregelung der WSchV '95 $[kWh/m^2]$
		von	bis				
Gegenstromwärmetauscher	nicht erfüllt	von 200	bis 300	ca. 38%	ca. 83%	3.256	3.200
Kreuzstromwärmetauscher	erfüllt	von 180	bis 210	ca. 30%	ca. 66%	1.799	1.272
Kreuzstromwärmetauscher	erfüllt	von 130	bis 200	ca. 30%	ca. 66%	1.713	1.212
Abluftsystem mit WP	erfüllt	von 125	bis 250	ca. 45%	ca. 100%	3.213	3.427
Gegenstromwärmetauscher mit WP	nicht erfüllt	von 150	bis 300	ca. 45%	ca. 100%	3.856	4.113

Tabelle 5: Aus Messungen ermittelte Kennzahlen einiger handelsüblicher Wohnungsüftungsgeräte