



Prüfung von
Wohnungslüftungsgeräten
mit Wärmerückgewinnung



Prüfbericht

Geprüftes Gerät: HRU 325
Hersteller: Itho BV

Auftraggeber:
Firma
Itho BV
Postbus 21
3100 AA Schiedam

- Dichtheitsprüfung**
- Lüftungstechnische Prüfung**
- Frostschutzprüfung**
- Thermodynamische DIBT Prüfung**

Prüfungsnummer: M.94.10.103.AA.0430

Dortmund, 02.08.2007

Prüfgrundlage: Richtlinie des DIBt
DIN 24 163 T 1-3
DIN EN 308

An-Institut der

**Fachhochschule
Dortmund**

University of Applied Sciences

Europäisches Testzentrum für Wohnungs-
lüftungsgeräte (TZWL) e. V.

Ernst-Mehlich-Str. 4a
D-44141 Dortmund
Tel.: 0231 / 53477 – 0
Fax: 0231 / 53477 – 109
Email: info@tzwl.de
www.tzwl.de

Vorstand:
Prof. Dipl.-Ing. Peter Müller
Dipl.-Ing. Bernhard Bewer
Prof. Dr. U. Hahn
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Menzel

Registergericht
Amtsgericht Dortmund
VR 5236

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung zu
Werbezwecken bedürfen der schriftlichen
Genehmigung des Europäischen Testzentrum
für Wohnungslüftungsgeräte e.V.

Die Prüfergebnisse beziehen sich
ausschließlich auf die angegebene
Seriennummer.



Dipl.-Ing. (FH) T. Özbiyik

Inhaltsverzeichnis

- 1 Hinweise zur Verwendung des Prüfberichtes**
- 2 Eingangskontrolle des Prüflings**
 - 2.1 Erfassung des Gerätes**
 - 2.2 Beschreibung der Einzelbauteile des Prüflings**
- 3 Dichtheitsprüfung**
 - 3.1 Prüfmethode der externen Leckvolumenströme**
 - 3.2 Prüfmethode der internen Leckvolumenströme**
 - 3.3 Auswertung der Dichtheitsprüfung**
- 4 Lüftungstechnische Prüfung**
 - 4.1 Auswertung der lüftungstechnischen Prüfung**
- 5 Frostschutzprüfung**
 - 5.1 Auswertung Frostschutzprüfung**
- 6 Thermodynamische Prüfung und Ermittlung des Hilfsenergiebedarfs**
 - 6.1 Bestimmung der bei der thermodynamischen Messung einzustellenden Abluftvolumenströme**
 - 6.2 Auswertung Volumenstrombalance**
 - 6.3 Mess- und Rechenwerte der thermodynamischen Prüfung**
 - 6.4 Auswertung der thermodynamischen Prüfung**
- 7 Zusammenfassung der Ergebnisse**

1 Hinweise zur Verwendung des Prüfberichtes

Der vorliegende Prüfbericht darf ohne Genehmigung des Europäischen Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL) e. V. nur in vollem Umfang veröffentlicht werden.

Der Prüfbericht bezieht sich ausschließlich auf das vorgestellte Lüftungsgerät.

Dieser Bericht entspricht dem Auftrag des Geräteherstellers. Er dient zur Vorlage beim Deutschen Institut für Bautechnik.

2 Eingangskontrolle des Prüflings

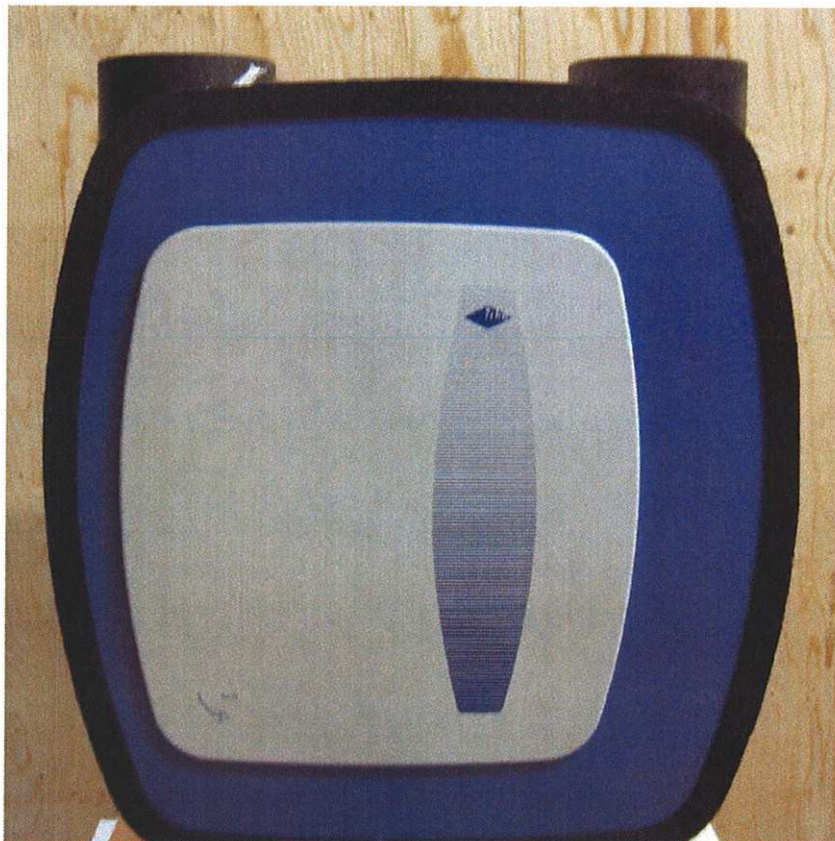


Bild 1: Das Gerät

2.1 Erfassung des Gerätes

Adresse: Itho B.V.
Adm. de Ruyterstraat 2
3115 HB Schiedam
Niederlande

Telefon: +31 (0)10 4278500
Fax: +31 (0)10 4278888

Ansprechpartner: Ing. LHJ van Bohemen
Telefon: +31 (0)10 4278514
Eingang des Prüflings: 10.10.2006

Typenschild

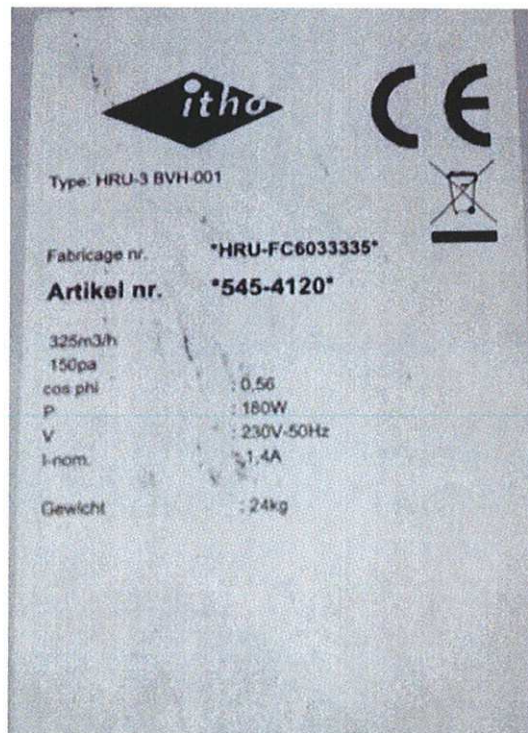


Bild 2: Typenschild des Prüflings

Fabrikat: Itho B.V.
HRU-3 BVH-001

Art. Nr: 545-4120

Seriennummer: HRU-FC6033335

Baujahr: 2006

CE- Kennzeichen: vorhanden

Abmessungen, Gewicht

Geräteabmessungen:	Länge:	479	mm
	Breite:	730	mm
	Höhe:	848	mm
Transportgewicht:		25	Kg

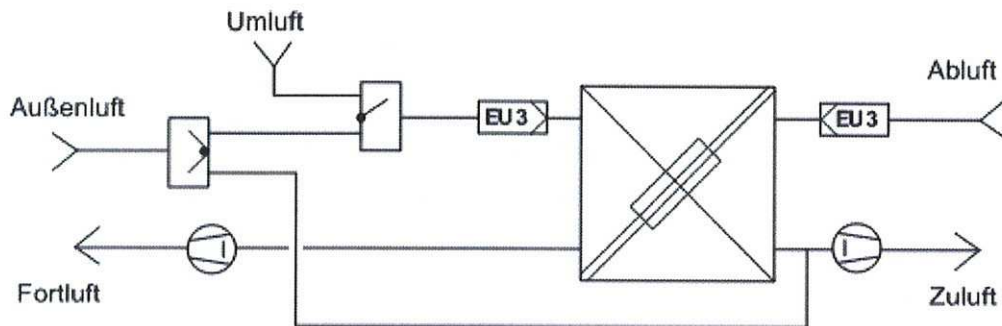


Bild 3: Schema des zentralen Wohnungslüftungsgerätes mit Wärmerückgewinnung Typ HRU-3 BVH-001

Geräteausführung

Der Prüfling Zentralgerät HRU-3 BVH-001 ist ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung mittels Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager.

Das Gerät dient laut Herstellerangaben zur Wohnungslüftung im Einsatzbereich von 80 m³/h bis 325 m³/h. Die lufttechnischen Anschlüsse befinden sich oben am Gerät. An der Geräteunterseite befindet sich zusätzlich je ein weiterer Anschluss für die Zu- und Abluft.

Die Ventilatoren der Firma Torin werden mit 325 V DC betrieben. Die zwei Staubfilter des Typs EU 3 sind in auswechselbaren Metallschieberahmen für die Ab- und Aussenluft gehalten. Eine Bypassklappe im Außenlufttrakt verschließt den Wärmeübertrager im Bypassbetrieb. Zur Frostschutzsicherung wird über eine Aufteilklappe Umluft aus dem Aufstellungsort des Gerätes mit der Außenluft vermischt.

Anfallendes Kondensat läuft an der Unterseite des Gerätes ab. Für den Kondensatanschluss an das Abwassersystem ist an der Kondensatwanne ein 20 mm-Stutzen vorgesehen.

Nach einer Sichtprüfung können folgende Aussagen zur elektrischen bzw. mechanischen Betriebssicherheit gemacht werden:

Spannungsführende Teile sind (z. B. während des Filterwechsels) berührungssicher hinter einer Sicherheitsabdeckung untergebracht. Die Steuerungselektronik, die mit 230 V Wechselspannung versorgt wird, befindet sich an der rechten unteren Geräteseite hinter einer Sicherheitsabdeckung. Die Steuerelektronik ist in das Gehäuse eingebracht.

Zusammen mit dem Gerät liefert die Firma Itho BV eine für den Installateur und Endverbraucher vorgesehene Bedienungs- und Montage- / Einbauanleitung.

Hinweis !

Die oben geschilderte Sichtprüfung ersetzt in keinem Fall die sicherheitstechnische Prüfung nach den einschlägigen Regelwerken. Entsprechende Konformitätsnachweise muss der Hersteller führen.

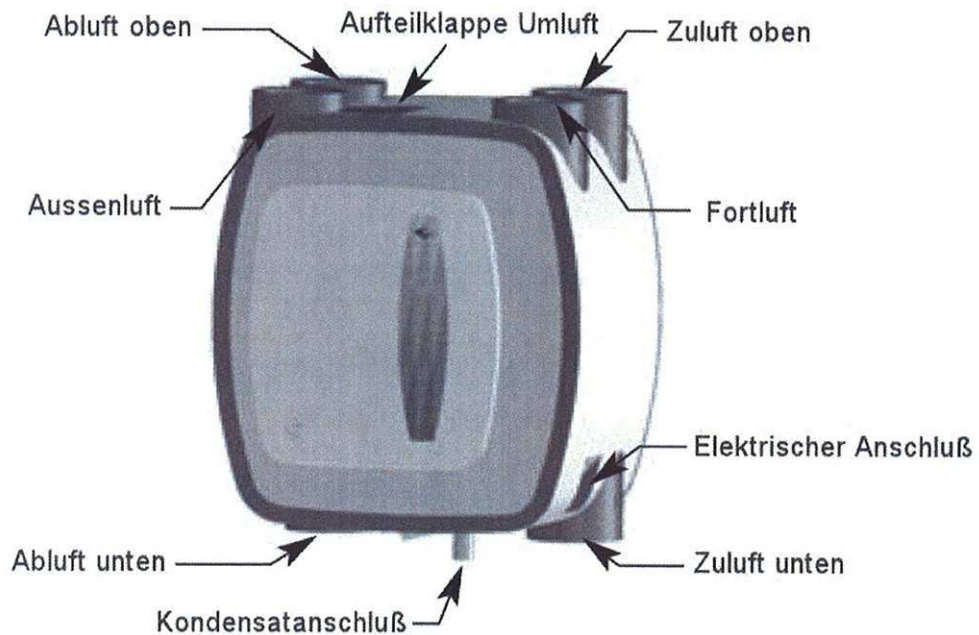


Bild 4: Aufbau des Gerätes

Die vier erforderlichen, oben liegenden sowie die zwei zusätzlichen, unten liegenden Luftanschlüsse sind Rohrstutzen mit jeweils 180 mm Außen-Durchmesser und 150 mm Innen-Durchmesser. Das Gehäuse besteht aus aluminiumummanteltem Polypropylen. Der eingebaute Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager ist aus Kunststoff, die Außen- und Abluffilter aus Vlies (EU 3).

Die Komponenten des Lüftungsgerätes lassen sich instandhalten und reinigen. Im Gerät sind die einzelnen Komponenten wie folgt zu erreichen:

Der Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager, die Filter und die Ventilatoren sind durch Entfernen der Frontabdeckung zu erreichen. Die Frontabdeckung ist über einen Bajonettverschluss mit dem Gehäuse verbunden. Durch drehen der Frontabdeckung um 90 Grad gegen den Uhrzeigersinn lässt sich die Frontabdeckung entfernen.

Die Filter werden durch waagerechtes Herausziehen gewechselt.

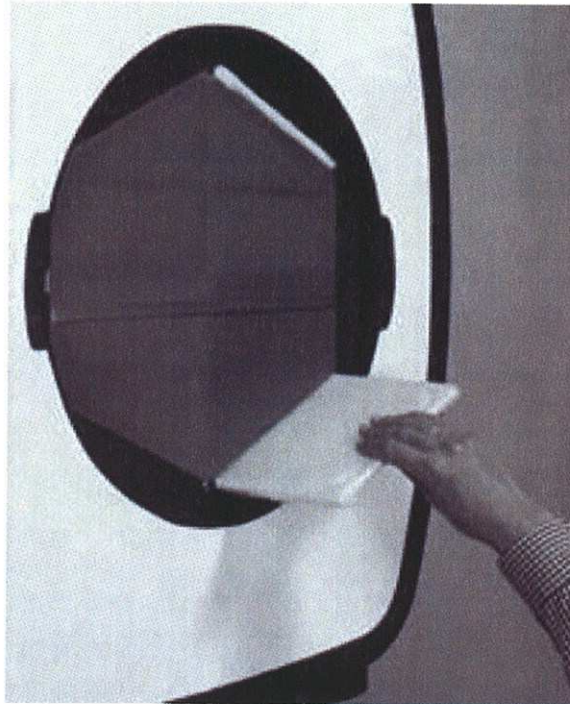


Bild 5: Der Einschub für die Filter Auflagerahmen nach öffnen der Frontabdeckung

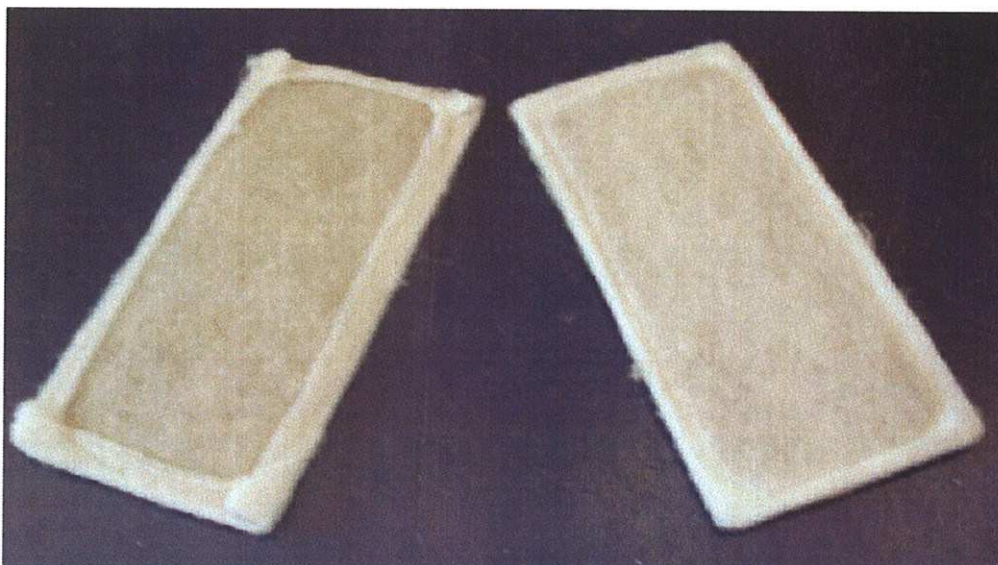


Bild 6: Filteraufnehmerahmen mit Filtermatte

Der Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager ist aus Kunststoff und hat eine Rhombusform. Er ist über die abnehmbare Frontverkleidung zu erreichen und lässt sich gerade aus den Führungsschienen herausziehen. Der Gegenstrom-Wärmeübertrager kann so auf Verschmutzung überprüft werden.

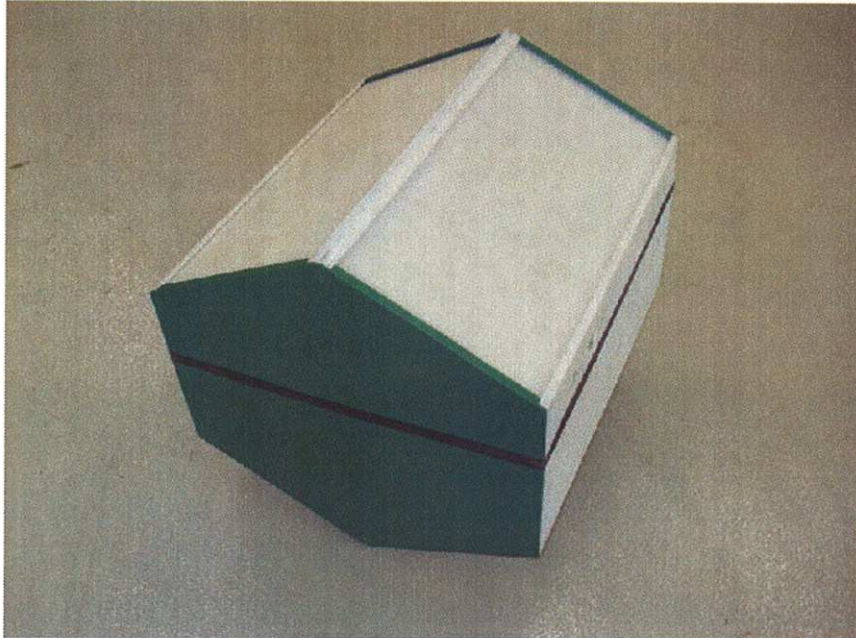


Bild 7: Blick auf den Kreuz Gegenstrom Wärmeübertrager

Die Ventilatoren sitzen direkt in der Zu- und der Fortluft



Bild 8: Blick auf den Zuluftventilator

Zum Einstellen der Volumenströme sind am Gerät zwei Potentiometer angebracht. Über diese werden die erste und dritte Ventilatorstufe eingestellt. Die zweite Stufe liegt zwischen diesen beiden Einstellungen. Der Wert ergibt sich aus Stufe 1 plus 40 % der Differenz von Stufe 1 zu Stufe 3.

Potentiometer zum Verstellen der Stufe 3

Potentiometer zum Verstellen der Stufe 1

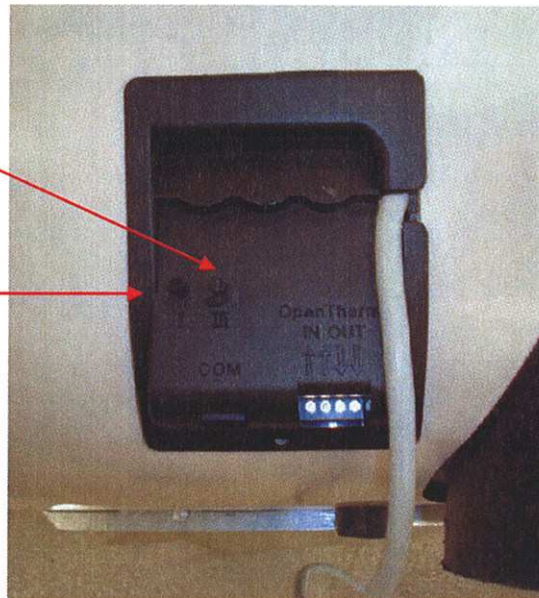


Bild 9: Potentiometer am Gerät zum Einstellen der Volumenströme

Für den Gerätenutzer ist ein externes Bedienteil mit dem Gerät verbunden, von dem aus sich die Luftvolumenströme in drei Stufen schalten lassen.

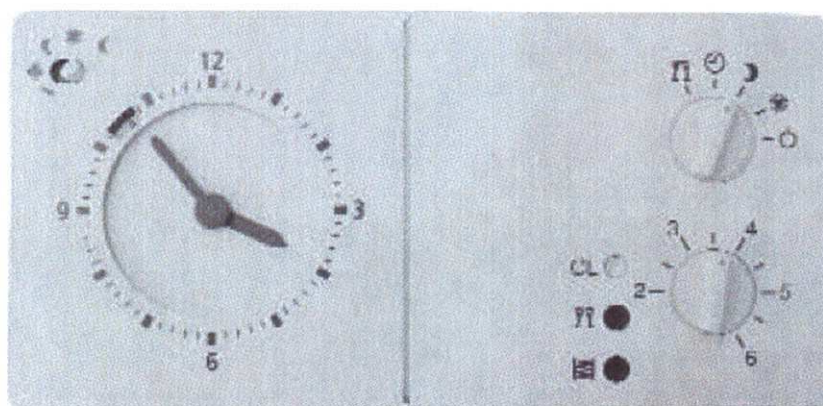


Bild 10: Externes Bedienteil zum Schalten der Lüfterstufen

Das Gerät verfügt über eine Frostschutzregelung. Die Steuerung des HRU 325 regelt über einen Frostschutz-Temperatursensor, der in der Fortluft sitzt, die Aufteilklappe, wodurch warme Umluft des Geräteaufstellungsorts mit der Außenluft vermischt wird. Falls dies nicht ausreicht, verringert die Steuerung den Zuluftvolumenstrom. Sollte dies ebenfalls nicht ausreichen, schaltet das Gerät den Zuluftventilator ab (siehe auch Punkt 5).

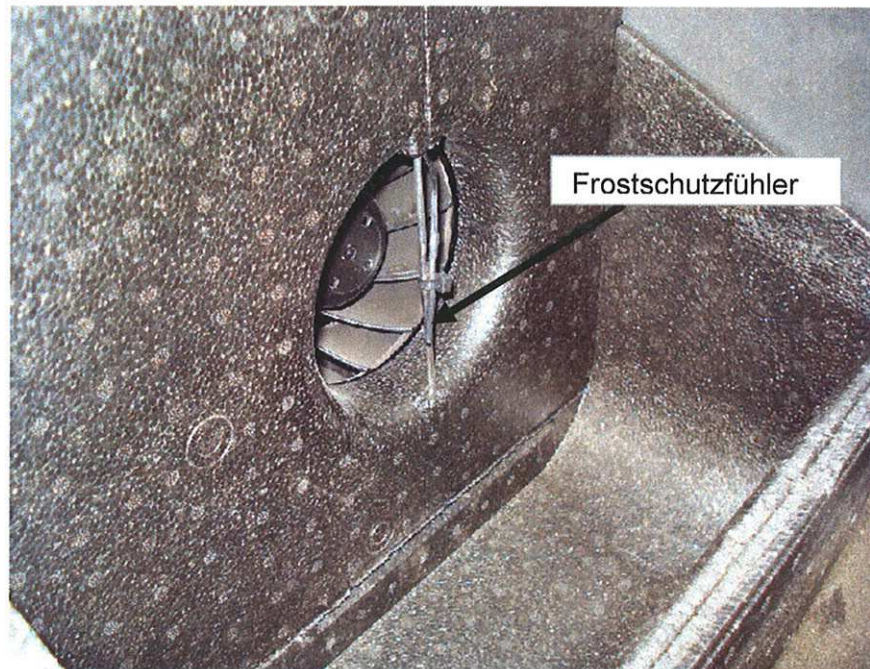


Bild 11: Blick auf den Frostschutz-Temperatursensor

Montagemöglichkeiten

Das Gerät wird innerhalb eines frostfreien Raumes installiert. Für die Außen- und Fortluft sind zur Vermeidung von Wärmeverlusten isolierte Rohre zu verwenden. Die Isolierung muss über eine außen liegende Dampfsperre gegen Kondenswasserbildung geschützt werden. Das Gerät ist für eine Wandmontage vorgesehen. Die Wand muss eine Mindesttragfähigkeit von 200 kg/m² besitzen. Vor dem Gerät ist ein Mindestfreiraum von 1 Meter empfehlenswert, damit der Zugang zum Wärmeübertrager und zu den Filtern gewährleistet ist. Am Installationsort muss ein Kondensatablauf vorhanden sein. Der elektrische Anschluss erfolgt über ein Perilex Drehstrom-Stecksystem.

2.2 Beschreibung der Einzelbauteile des Prüflings

Ermittlung der Oberflächenverluste des Prüflings

Auf eine Minderung des Wärmebereitstellungsgrades wird verzichtet, wenn das Gehäuse des Lüftungsgerätes einschließlich aller verwendeten Dämmmaterialien einen Wärmeleitwiderstand $R_\lambda \geq 1 \text{ m}^2\text{K/W}$ aufweist. Ist $R_\lambda < 1 \text{ m}^2\text{K/W}$, dann ist der Wärmebereitstellungsgrad um 2 Prozentpunkte zu mindern.

Die Daten des Dämmmaterials wurden vom Hersteller wie folgt angegeben:

	Material	Dämmstärke d in mm	λ in W/mK
Wärmedämmung	Polypropylen	30	0,032

Daraus ergibt sich mit $R_\lambda = d/\lambda$ folgender Wärmeleitwiderstand

	$R_\lambda = d/\lambda$ in $\text{m}^2\text{K/W}$
Wärmeleitwiderstand	0,94

Auswertung der Oberflächenverluste des Prüflings

Wärmedämmung	nicht ausreichend da $R_\lambda < 1 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wärmebrücken	An keinem Wärmeübergang zwischen den einzelnen Luftbereichen sind einflussreiche Wärmebrücken zu erkennen

Filter

Anzahl:	2
Abmessungen (B x H x T):	235 x 410 x 5 mm
Filtertyp:	Vlies
Filterklasse:	EU 3
Einbauort:	vor Wärmeübertrager in der Außen- und Abluft
Filterüberwachung:	Zeitgesteuert

Funktion Filterüberwachung

Das Gerät verfügt über eine zeitgesteuerte Filterüberwachung. Die Filterüberwachung und ihre Bedienung sind in der externen Bedieneinheit integriert. Das Zeitintervall der Filterwechsel ist von 2 bis 6 Monaten über einen Drehpotentiometer einstellbar. Nach Ablauf der eingestellten Zeit blinkt eine LED und macht so auf den Filterwechsel aufmerksam. Durch drücken der Reset-Taste wird die Filterüberwachung zurückgesetzt. Der Hersteller empfiehlt, viermal im Jahr die Filter mit einem Staubsauger zu reinigen, und einmal im Jahr die Filter auszutauschen. Bei neuen Gebäuden rät der Hersteller, die Filter alle 2 Wochen zu reinigen.

Ventilatoren mit 325 V DC

Anzahl:	2
Sitz:	Auf der Fort- und Zuluftseite wird jeweils ein Ventilator gleicher Bauart verwendet.
Bauart:	Radial rückwärts gekrümmt
Hersteller:	Torin, UK
Typ:	elektrisch kommutiert
Nennleistung:	70 W
Nennspannung:	325 V DC

Wärmeübertrager

Abmessung:	400 x 366 x 386
Material:	Polystyrol
Bauart:	Rhombus
Anzahl der Platten:	272
Dicke der Platten:	0,2 mm
Plattenabstand:	2,75 mm

Kondensatablauf

Kondensatanschluss: 20 mm Durchmesser

Der Kondensatablauf ist an der Unterseite des Gerätes.

Der Kondensatablauf darf nicht austrocknen, weil sonst Luft aus dem Abwasserkanal in die Wohnung gefördert wird.

3 Dichtheitsprüfung

Bei der Dichtheitsprüfung sind an vier Messpunkten (50, 100, 200, 300 Pa) die internen und externen Leckvolumenströme zu ermitteln.

Die Dichtheitsprüfung erfolgt nach der Nordtest-Methode Finnland, NT VVS 022 HEATRECOVERY Units internal Leakage, NT VVS 022 HEATRECOVERY Units external Leakage, in Verbindung mit der EN 308 1997-07 „Wärmeaustauscher – Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen.

Die gemessenen Leckvolumenströme sind durch eine Ausgleichsfunktion anzunähern und der approximierte Wert von 100 Pa Über – bzw. Unterdruck zu bestimmen. Die so ermittelten Leckvolumenströme dürfen nicht größer als 5 % des vom Hersteller angegebenen mittleren Volumenstromes des Einsatzbereiches des Wohnungslüftungsgerätes sein.

Bei den Leckagemessungen wird der Differenzdruck für 5 % innere Leckage ermittelt (soweit er den Einsatzbereich des Gerätes nicht übersteigt).

Einsatzbereich des Wohnungslüftungsgerätes

untere Grenze:	80	m ³ /h
obere Grenze:	325	m ³ /h
mittlerer Wert:	202,5	m ³ /h
5 % Leckvolumenstrom:	10,13	m ³ /h

3.1 Prüfmethode der externen Leckvolumenströme

Der Leckvolumenstrom des Prüflings gegen die Umgebung wird bestimmt, indem eine Druckdifferenz zwischen dem Inneren des Prüflings und seiner Umgebungsluft erzeugt wird. Die Prüfung bestimmt die Luftzufuhr (= Leckvolumenstrom), die notwendig ist, um die gewünschte Druckdifferenz aufrecht zu halten.

Der externe Leckvolumenstrom beträgt bei 100 Pa:

Unterdruck:	4,1	m ³ /h
Überdruck:	4,8	m ³ /h

3.2 Prüfmethode der internen Leckvolumenströme

Der Leckvolumenstrom des Prüflings zwischen Ab-/Fort- und Außen-/Zuluftrakt wird bestimmt, indem der Ab-/Fortlufttrakt unter Druck gesetzt wird. Der Differenzdruck zwischen Umgebungsluft und Außen-/Zuluftrakt wird konstant auf Null gehalten. Da die andere Seite des Außen-/Zuluftrakts geschlossen ist, muss der interne Leckvolumenstrom dem zu- bzw. abströmenden Volumenstrom entsprechen, der zur Aufrechterhaltung des Differenzdruckes von 0 Pa nötig ist.

Der interne Leckvolumenstrom beträgt bei 100 Pa:

Unterdruck:	1,6	m ³ /h
Überdruck:	1,9	m ³ /h

3.3 Auswertung der Dichtheitsprüfung

Sowohl der externe als auch der interne Leckvolumenstrom liegen unter den 5% (10,13 m³/h) des ermittelten mittleren Volumenstromes am betrachteten Druck von ±100 Pa. Der externe Leckvolumenstrom von 5% wird bei einem Druck von +225 Pa überschritten.

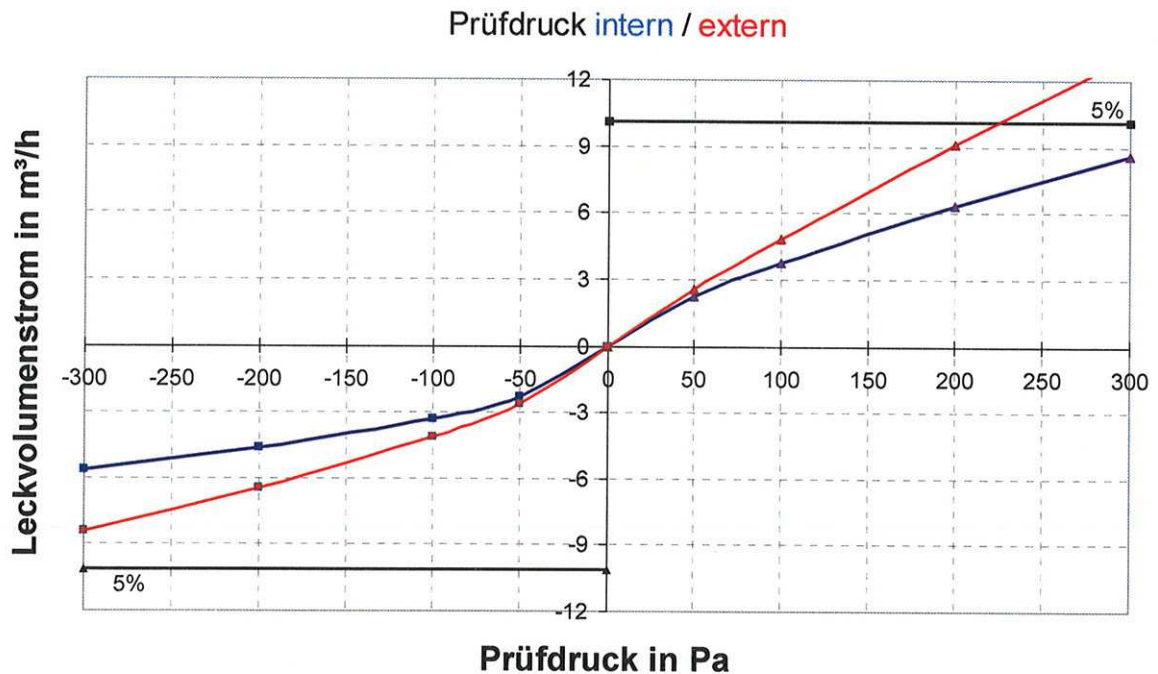


Bild 12 Ergebnis der Dichtheitsprüfung

4 Lüftungstechnische Prüfung

Die Aufnahme der Druck-Volumenstrom-Kennlinien der Ventilatoren erfolgt nach DIN 24163 Teil 1-3 (Leistungsmessung) mit der Ausnahme, dass die Werte für die elektrische Leistungsaufnahme aufgrund der stark lastabhängigen Drehzahl der Ventilatoren nicht dichtekorrigiert werden. Die Temperaturen der angesaugten Luft sind während der Messungen auf 21°C bei einer Differenz von plus/minus 2 K einzustellen.

Für die Lüftungstechnische Prüfung müssen die Wohnungslüftungsgeräte voll ausgestattet sein. Filter im Neuzustand und sonstige werkmäßig vorgesehene Einbauten müssen im Gerät vorhanden sein.

Zu- und Abluftvolumenstrom müssen in allen Leistungsstufen des Gerätes ausgeglichen sein. Es wird ein Abluftüberschuss von max. 10% bei jeder Lüfterstufe zugelassen, jedoch kein Zuluftüberschuss.

Die Druck-Volumenstrom-Kennlinien sind bei allen möglichen, vom Hersteller vorzugebenden Drehzahlstufen zu ermitteln und anzugeben. Dabei ist auch die für jeden Messpunkt zugehörige elektrische Leistungsaufnahme der Ventilatoren einschließlich der Regelung zu erfassen.

Funktionsprinzip des Prüfstands

Prüfaufbau

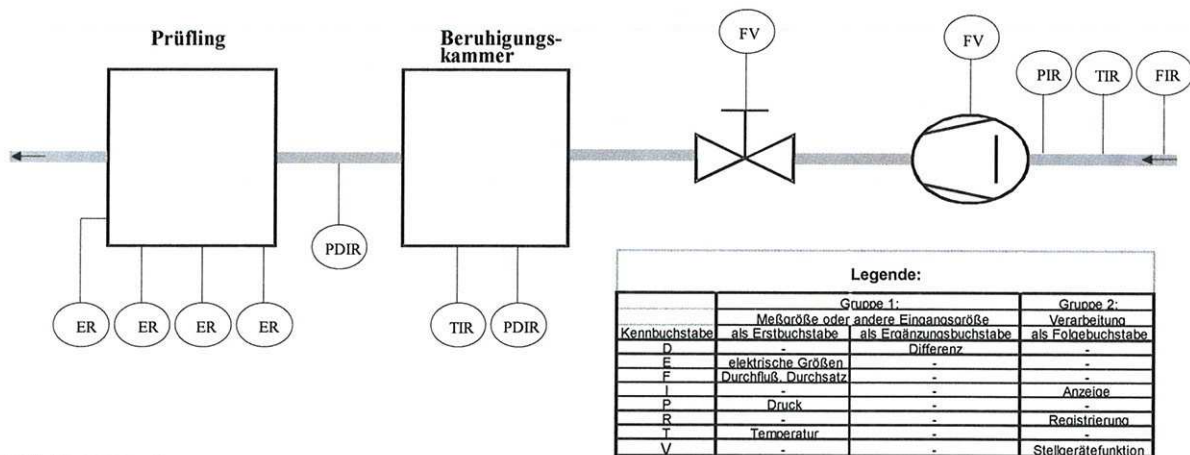


Bild 13: Prüfaufbau

4.1 Auswertung der Lüftungstechnischen Prüfung

Der Hersteller stellt bei der Installation des Gerätes die in der folgenden Tabelle aufgeführten Luftvolumenströme mithilfe zweier Potentiometer am Gerät und einer separaten Volumenstrommeßeinrichtung ein.

Stufe 1	101 m³/h
Stufe 2	161 m³/h
Stufe 3	257 m³/h

Die für die Regulierung der Luftvolumenströme vorgesehenen zwei Potentiometer sind entsprechend der Einstellung der erforderlichen Balance der Luftvolumenströme am Lüftungstechnischen Prüfstand auf die oben aufgeführten Luftvolumenströme eingestellt worden. Die hier aufgeführten Ergebnisse der Lüftungstechnischen Prüfung beziehen sich auf diese veränderten Potentiometerstellung.

In Lüfterstufe 1 und 2 liegt ein Abluftüberschuss < 10% vor. In Lüfterstufe 3 liegt im unteren Druckbereich ein geringer Zuluftüberschuß vor (siehe hierzu auch Punkt 6.2).

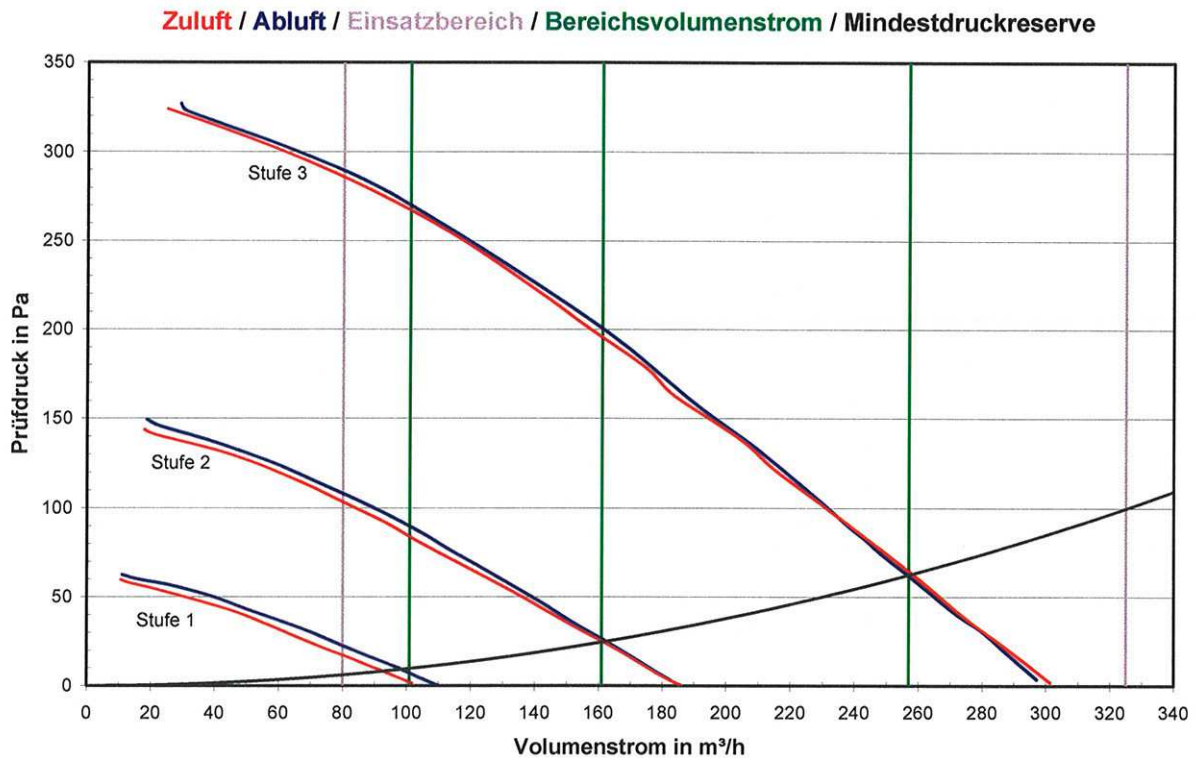


Bild 14: Druck-Volumenstrom-Kennlinien

Da die elektrische Leistungsaufnahme für das gesamte Gerät gemessen wird, sind bei der Messung die externen Druckverluste beider Ventilatoren auf den gleichen Druck eingestellt. Die Drücke werden am Prüfstand mit Hilfe einer Blende und eines Schubventilators eingestellt (siehe Bild 13).

Zuluft / Abluft / Einsatzbereich / Bereichsvolumenstrom

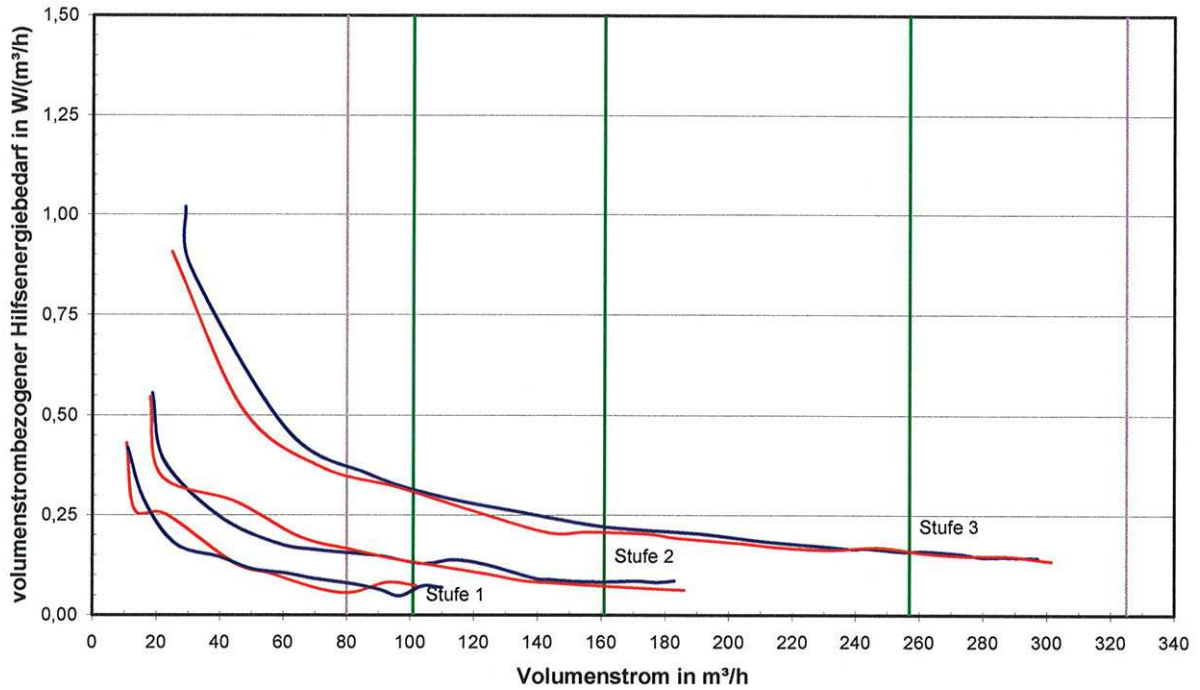


Bild 15: volumenstrombezogener Hilfsenergiebedarf mit Bereichsgrenzen und Bereichsvolumenstrom

Messdaten der Lüftungstechnischen Prüfung

Luftdruck	Trockentemperatur	Druckerhöhung	Volumenstrom, Eintritt	gemessene Wirkleistung, Prüfung	Volumenstrom bezogene Hilfsenergie
[hPa]	[°C]	[Pa]	[m³/h]	[W]	[W/(m³/h)]
Abluft Stufe 1 - 101 m³/h					
1006.8	21.5	0	110.052	7.541	0.0685
1006.5	21.6	4.8	103.813	7.531	0.0725
1006.3	21.7	10.4	96.8993	4.645	0.0479
1006.3	21.8	15.2	90.2195	5.799	0.0643
1006.3	21.8	21.4	81.5565	6.382	0.0783
1006.4	21.6	30.7	69.5561	6.364	0.0915
1006.4	21.7	36.1	61.3049	6.379	0.1041
1006.8	21.8	43	50.3258	5.797	0.1152
1006.8	21.8	50	39.8536	5.799	0.1455
1006.4	21.7	56.7	26.1428	4.648	0.1778
1006.4	21.9	60	16.1965	4.652	0.2872
1006.3	21.8	62.5	11.0968	4.649	0.4189
Abluft Stufe 2 - 161 m³/h					
1003.0	18.4	3	182.8	15.7	0.0857
1003.2	18.4	8.5	177.4	14.5	0.0817
1003.3	18.4	15.8	170.9	14.5	0.0849
1003.3	18.4	26.2	161.2	13.3	0.0827
1003.3	18.4	36.2	151.5	12.8	0.0842
1003.1	18.3	44.9	144.0	12.8	0.0886
1003.2	18.3	50.1	139.1	12.8	0.0917
1003.3	18.3	66.5	123.4	15.7	0.1269
1003.2	18.3	76.6	113.5	15.6	0.1379
1003.6	18.4	87	103.9	13.3	0.1284
1003.2	18.4	100.3	89.6	13.3	0.1490
1003.3	18.4	115	71.5	11.6	0.1623
1003.1	18.3	125.4	58.1	10.4	0.1796
1003.3	18.4	136.9	40.0	9.9	0.2464
1003.3	18.4	146	22.5	8.7	0.3865
1003.3	18.3	149.4	18.8	10.4	0.5558
Abluft Stufe 3 - 257 m³/h					
1002.9	18.5	3.6	297.2	42.3	0.1423
1003.1	18.6	19.7	286.9	41.7	0.1455
1003	18.5	31	279.7	40.6	0.1450
1003.1	18.6	40	272.1	41.7	0.1533
1003.1	18.1	54.8	262.0	41.7	0.1593
1002.9	18.1	63.2	256.2	40.6	0.1583
1002.9	18.6	73.7	248.8	40.6	0.1631
1002.9	18.6	82.7	243.3	40.6	0.1668
1003	18.6	89.3	238.7	39.4	0.1652
1003	18.6	101	231.2	39.4	0.1705
1003.2	18.6	131.4	210.9	38.8	0.1842
1003	18.6	157	191.3	38.8	0.2030
1003	18.6	187.8	170.6	36.5	0.2141
1003.1	18.6	205.7	157.0	35.4	0.2252
1003	18.7	230.5	136.3	34.8	0.2551
1002.9	18.6	261.3	109.1	32.5	0.2974
1002.9	18.6	283.8	87.1	30.7	0.3527
1003.1	18.5	303.4	61.1	28.4	0.4650
1003.1	18.7	323	30.7	26.7	0.8693
1002.9	18.8	327	29.0	29.6	1.0198

Messwerte Lüftungstechnische Prüfung					
Luftdruck	Trockentemperatur	Druckerhöhung	Volumenstrom, Eintritt	gemessene Wirkleistung, Prüfling	Volumenstrom bezogene Hilfsenergie
[hPa]	[°C]	[Pa]	[m ³ /h]	[W]	[W/(m ³ /h)]
Zuluft Stufe 1 - 101 m³/h					
1003.4	18	1.4	101.9	7.5	0.0741
1003.1	18	8	92.8	7.5	0.0813
1003	18	16	81.8	4.6	0.0568
1003.1	18	23	71.7	4.6	0.0646
1003.2	18	34.9	56.0	5.8	0.1034
1003.4	18	42.9	44.5	5.8	0.1306
1003.4	18	53.7	23.0	5.8	0.2520
1003.2	18	58	13.2	3.5	0.2627
1002.9	18	59.6	10.8	4.6	0.4308
Zuluft Stufe 2 - 161 m³/h					
1003.9	18.3	0.2	186.0	11.6	0.0624
1003.9	17.9	5.7	179.8	11.6	0.0646
1003.8	16.7	20	166.3	11.6	0.0698
1003.8	17.8	30.8	155.2	11.6	0.0748
1003.9	18.1	41.1	144.9	11.6	0.0801
1003.5	18.1	50.8	135.4	11.6	0.0856
1003.7	18.2	62.2	123.6	12.8	0.1033
1003.4	18.1	80.1	104.8	13.3	0.1273
1003.2	18.2	91.8	93.6	13.3	0.1426
1003.3	18.2	102.1	81.6	13.3	0.1633
1003.4	18.2	116	65.3	12.8	0.1954
1003.4	18.3	130.1	45.0	12.8	0.2837
1003.4	18.3	141	21.6	7.5	0.3493
1003.2	18.3	143.7	18.1	9.9	0.5461
Zuluft Stufe 3 - 257 m³/h					
1006.0	22.1	1.9	301.4	40.6	0.1346
1006.3	22.0	20.6	288.0	42.3	0.1469
1006.3	22.1	38.1	274.7	40.6	0.1477
1006.2	22.1	59.2	260.8	40.6	0.1556
1006.3	22.1	78.1	247.4	41.7	0.1687
1006.2	22.1	100	231.4	37.7	0.1628
1006.3	22.1	121	215.6	36.5	0.1693
1006.1	22.1	139.1	204.1	36.5	0.1789
1006.0	22.1	162.7	183.9	35.3	0.1922
1006.2	22.3	178.6	174.7	35.3	0.2023
1006.2	22.2	201.7	156.2	32.5	0.2078
1006.2	22.4	218.8	143.2	29.6	0.2065
1006.3	22.4	250.1	117.5	31.3	0.2664
1006.2	22.1	272.1	95.8	30.7	0.3206
1006.4	22.4	292.6	71.8	26.7	0.3711
1005.9	22.4	310	47.3	24.3	0.5146
1005.6	22.5	324	24.9	22.6	0.9070

5 Ermittlung Frostschutz

Funktionsprinzip nach Herstellerangabe

Der Frostschutz soll dafür sorgen, dass der Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager auf der Ab-/Fortluftseite nicht einfriert. Dazu sitzt in der Fortluft nach dem Wärmeübertrager ein Frostschutzfühler (Bild 11 auf Seite 10). Das Gerät schaltet dazu nacheinander in bis zu 5 verschiedene Phasen.

- Phase 1: Sinkt die Fortlufttemperatur unter 1,3 °C, öffnet sich die Aufteilklappe Umluft, sodass die warme Luft des Geräteaufstellungsortes mit der kalten Außenluft vermischt wird. Die Klappe öffnet sich soweit, dass die Fortlufttemperatur konstant bei 1,3 °C gehalten wird. Um eine gleich bleibende Balance zwischen Außenluft und Abluft herzustellen, wird der Zuluftventilator höher geschaltet.
- Phase 2: Sinkt die Fortlufttemperatur trotz vollständig geöffneter Aufteilklappe unter 1,3 °C, wird der Zuluftventilator soweit runtergeschaltet, bis die Fortlufttemperatur wieder konstant auf 1,3 °C bleibt.
- Phase 3: Sinkt die Fortlufttemperatur dennoch unter 1,3 °C, schaltet der Zuluftventilator komplett ab. Um einen ungewollten Luftaustausch zwischen Außenluft und dem Aufstellungsort des Gerätes zu verhindern, wird die Aufteilklappe geschlossen.
- Phase 4: Nach einer Wartezeit von 120 Minuten wird der Zuluftventilator mit einer minimalen Drehzahl eingeschaltet sowie die Aufteilklappe geöffnet, um zu prüfen, ob die Außentemperatur ausreichend gestiegen ist, um in die vorherige Phase zu schalten.
Für den Fall einer ausreichend hohen Außentemperatur werden die einzelnen Phasen in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen.
- Phase 5: Für den anderen Fall wird der Zuluftventilator direkt ausgeschaltet, die Aufteilklappe wieder geschlossen, und es beginnt eine Wartezeit von 120 Minuten. Damit ist die letzte Phase eingeleitet. Nach Ablauf der Wartezeit wird wieder Phase 4 durchgeführt.

Prüfaufbau

Neben dem Frostschutzfühler des Herstellers wurde ein eigener Fühler eingebaut. Mit dessen Hilfe wurde die vom Hersteller gewählte Einschalttemperatur des Frostschutzes gemessen. Ausgehend vom thermodynamischen Messpunkt -3 °C, einem Abluftzustand von + 21°C und 36% relativer Feuchte wurde die Außenlufttemperatur langsam abgesenkt. Der dabei eingestellte Zu-/Fortluftvolumenstrom von 161 m³/h entspricht dem mittleren Bereichsvolumenstrom V_{M2} der zweiten Ventilatorstufe.

Prüfablauf

Die Außenlufttemperatur des Prüfstandes wurde ausgehend von -3 °C je 5 Minuten um 1 K bis auf -12 °C heruntergekühlt. Bei einer Fortlufttemperatur von $1,3\text{ °C}$ und einer Außenlufttemperatur von $-8,1\text{ °C}$ schaltete das Gerät den Frostschutz ein, öffnete die Aufteilklappe und erhöhte den Volumenstrom des Zuluftventilators (Phase 1). Die Außenlufttemperatur wurde weiter abgesenkt.

Bei der Außenlufttemperatur von -12 °C blieb die Fortlufttemperatur bei $1,3\text{ °C}$ konstant. Der Außenluftvolumenstrom ist dabei auf $120\text{ m}^3/\text{h}$ gesunken, während der Zuluftvolumenstrom auf $190\text{ m}^3/\text{h}$ anstieg. Das bedeutet, dass die Differenz von $70\text{ m}^3/\text{h}$ über die Umluft-Aufteilklappe gefördert wurde.

Nach insgesamt einer Stunde bei einer Außenlufttemperatur von -12 °C wurde das Gerät von Hand abgeschaltet.

5.1 Auswertung des Frostschutzes

Nach der kompletten Abschaltung wurde das Gerät geöffnet und der Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager herausgezogen, um eine visuelle Prüfung im Hinblick auf Kondensat und Vereisung vorzunehmen. Da eine Ähnlichkeit der thermodynamischen Messdaten (siehe Bilder 16 bis 18) gegeben und kein Eisansatz festzustellen war, ist die Aussage möglich, dass die Enteisungsstrategie des Gerätes erfolgreich ist.



Bild 16: Teilweise geöffnete Aufteilklappe Umluft während der Frostschutzprüfung

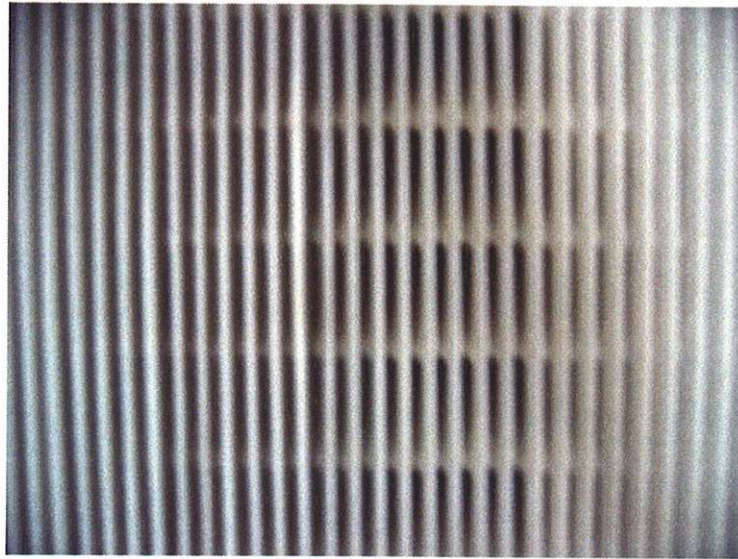


Bild 17: Wärmeübertrager nach der Frostschutzprüfung

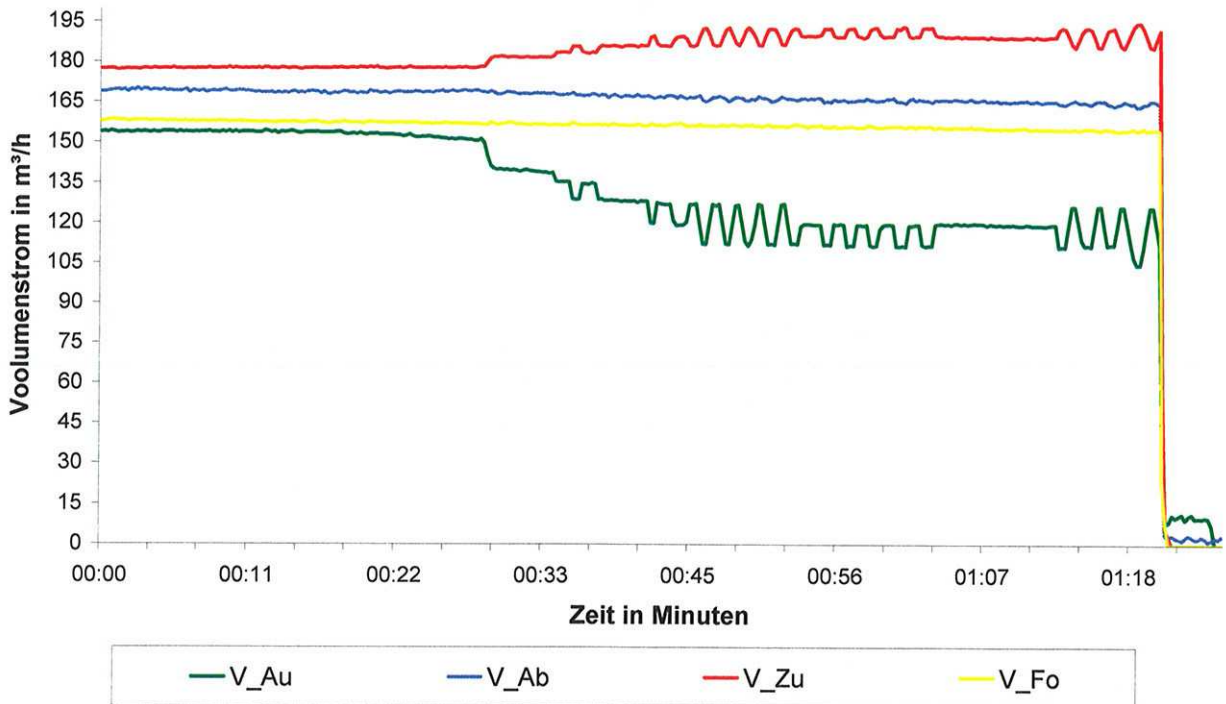


Bild 18: Diagramm Volumenstromverlauf

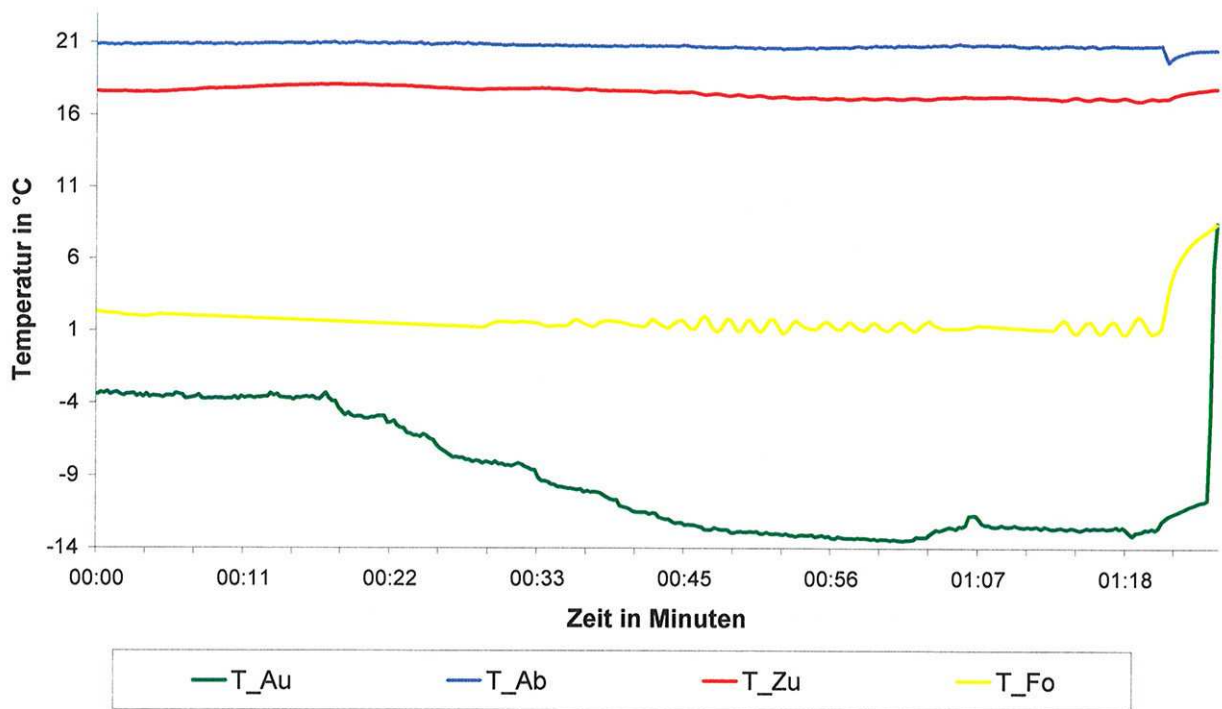


Bild 19: Diagramm Temperaturverlauf

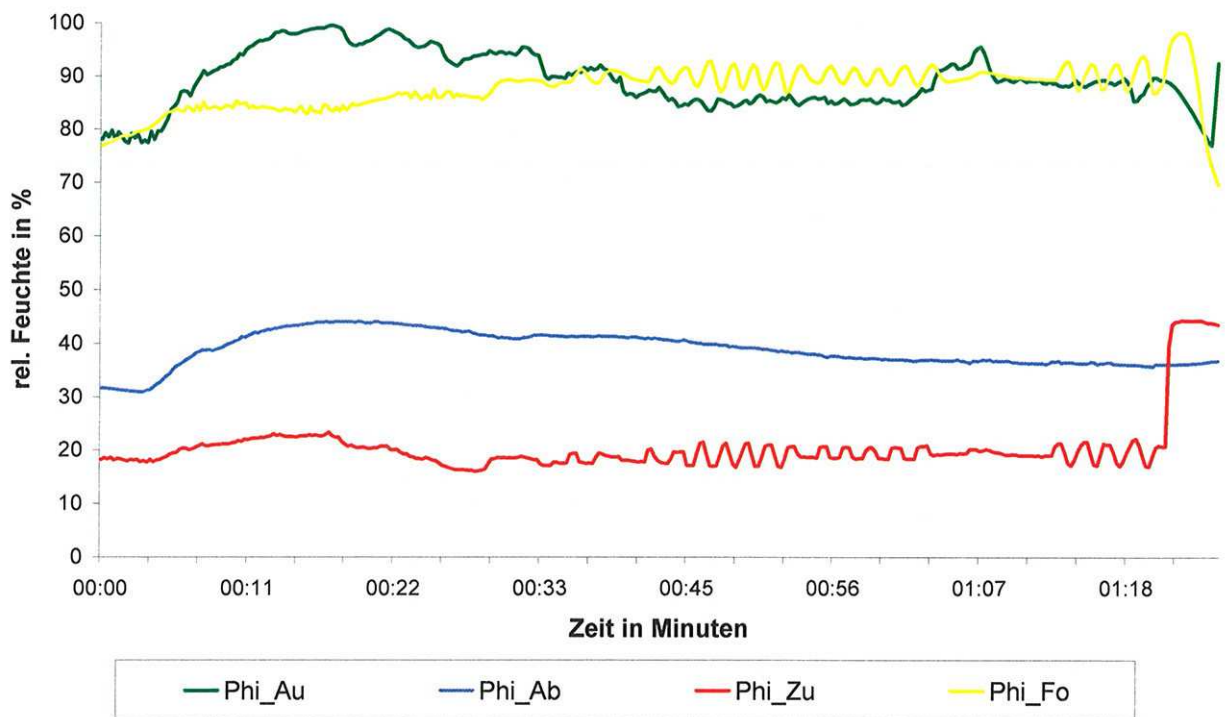


Bild 20: Diagramm Feuchteverlauf

6 Thermodynamische Prüfung und Ermittlung des Hilfsenergiebedarfs

6.1 Bestimmung der bei der thermodynamischen Messung einzustellenden Abluftvolumenströme

Zur Bestimmung der einzustellenden Abluftvolumenströme ist der vom Hersteller angegebene Einsatzbereich in Teilbereiche mit einem maximalen Volumenstromverhältnis von 1 : 1,6 aufzuteilen.

Es werden folgende Berechnungen durchgeführt:

Ermittlung der notwendigen Anzahl an Teilbereichen

$$n \geq 2,13 * \ln \left[\frac{\dot{V}_{\max}}{\dot{V}_{\min}} \right] \text{ in ---}$$

Ermittlung der m-ten oberen Bereichsgrenze

$$\dot{V}_{B,m} = \dot{V}_{\min} * n \sqrt[n]{\left[\frac{\dot{V}_{\max}}{\dot{V}_{\min}} \right]^m} \text{ in m}^3/\text{h}$$

Ermittlung des m-ten Bereichsvolumenstromes

$$\dot{V}_{M,m} = \dot{V}_{\min} * 2n \sqrt[n]{\left[\frac{\dot{V}_{\max}}{\dot{V}_{\min}} \right]^{(2m-1)}} \text{ in m}^3/\text{h}$$

<i>ltho BV</i>		M.94.10.103.AA.0430	
Eingabe unterer Volumenstrombereich		Eingabe oberer Volumenstrombereich	
80		325	
n = Anzahl der notwendigen Teilbereiche		Errechneter Wert	Gewählter Wert
		2,99	3
V_{B1} = obere Grenze des Einsatzbereiches (m ³ /h)		128	
V_{B2} = obere Grenze des Einsatzbereiches (m ³ /h)		204	
V_{B3} = obere Grenze des Einsatzbereiches (m ³ /h)		325	
V_{M1} = Bereichsvolumenstromes (m ³ /h)		101	
V_{M2} = Bereichsvolumenstromes (m ³ /h)		161	
V_{M3} = Bereichsvolumenstromes (m ³ /h)		257	

Bild 21: Bestimmung der Abluftvolumenströme

Die volumenbezogene Hilfsenergie der Ventilatorleistung $p_{el, vent}$ in $W/(m^3/h)$ beträgt an den Schnittpunkten der Druck-Volumenstrom-Kennlinien mit der theoretischen Anlagenkennlinie, die der Mindestdruckreserve vom 100 Pa bei dem höchsten Abluftvolumenstrom entspricht:

Lüfterstufe	theoretische Betriebspunkte der Abluft		volumenstrombezogener Hilfsenergiebedarf
	Volumenstrom	Druck	$p_{elektrisch, Ventilatoren}$
	in m^3/h	in Pa	in $W/(m^3/h)$
1	101	10	0,135
2	161	25	0,154
3	257	62	0,320

6.2 Auswertung im Hinblick auf die Volumenstrombalance

Die Betrachtung der Volumenstrombalance erfolgt an den definierten Messpunkten:

Lüfterstufe	1	2	3
Mittelwerte Abluft in m^3/h	98	162	257
Mittelwerte Zuluft in m^3/h	92,5	161	258
max. zul. 10 % Abluftüberschuss	5,9 %	0,6 %	-0,4 %

Das Wohnungslüftungsgerät hat in Lüfterstufe 1 und 2 die erforderlichen Ansprüche in Bezug auf den Abluftüberschuss $< 10\%$ erfüllt. In Lüfterstufe 3 liegt ein geringer Zuluftüberschuß von 0,4 % vor.

6.3 Mess- und Rechenwerte der thermodynamischen Prüfung

Die vorliegende Prüfung des Wohnungslüftungsgerätes gibt Aufschluss über die energetische Effizienz.

Als Prüfgrundlage gilt die LÜ A 20 vom 7.02.2002 des DIBT. Es liegen folgende Richtlinien zugrunde:

- DIN 24 163 T 1-3 Leistungsmessung, Normkennlinien, Normprüfstände (01/1985)
- DIN EN 308 Wärmetauscher, Prüfbedingungen zur Bestimmung von Leistungskriterien von Luft/Luft und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen (06/1997)

Es werden folgende Berechnungen durchgeführt:

Berechnung des Wärmebereitstellungsgrades

$$\eta'_{W \text{ pro Aussenluftzustand}} = \frac{\dot{H}_{Zu} - \dot{H}_{Au}}{\dot{H}^*_{Zu} - \dot{H}_{Au}} [-]$$

Ermittlung der volumenstrombezogenen Leistungsaufnahme

$$P_{\text{elektrisch Ventilatoren}} = \frac{P_{\text{elektrisch Ventilatoren}}}{\dot{V}_{\text{Abluft}}} [\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})]$$

Berechnung des elektrischen Wirkungsverhältnisses

$$\varepsilon_{el} = \frac{\dot{H}_{Zu} - \dot{H}_{Au}}{P_{\text{elektrisch Ventilatoren}}} [-]$$

Bei der durchgeführten thermodynamischen Prüfung werden folgende Werte vorgegeben:

Außentemperatur θ_{AU} in °C	rel. Außenfeuchte φ in %	Ablufttemperatur θ_{AB} in °C	rel. Abluftfeuchte φ in %
- 3	80	+21	36
+ 4	80	+21	46
+10	80	+21	56

Umgebungsbedingung der thermodynamischen Prüfung

Datum:	08.10.2006 – 25.11.2006	
Temperatur (Mittel):	20,3 °C	Mittelwert
Feuchte (Mittel):	51,0 %	Mittelwert
Umgebungsdruck (Mittel):	1013,6 hPa	Mittelwert

Konstanten zur Berechnung			
Spezifische Enthalpie der Luft	c_{pL}	kJ / kg K	1,004
Spezifische Enthalpie des Wasserdampfes	c_{pD}	kJ / kg K	1,86
Verdampfungswärme von Wasser	r_0	kJ / kg	2500

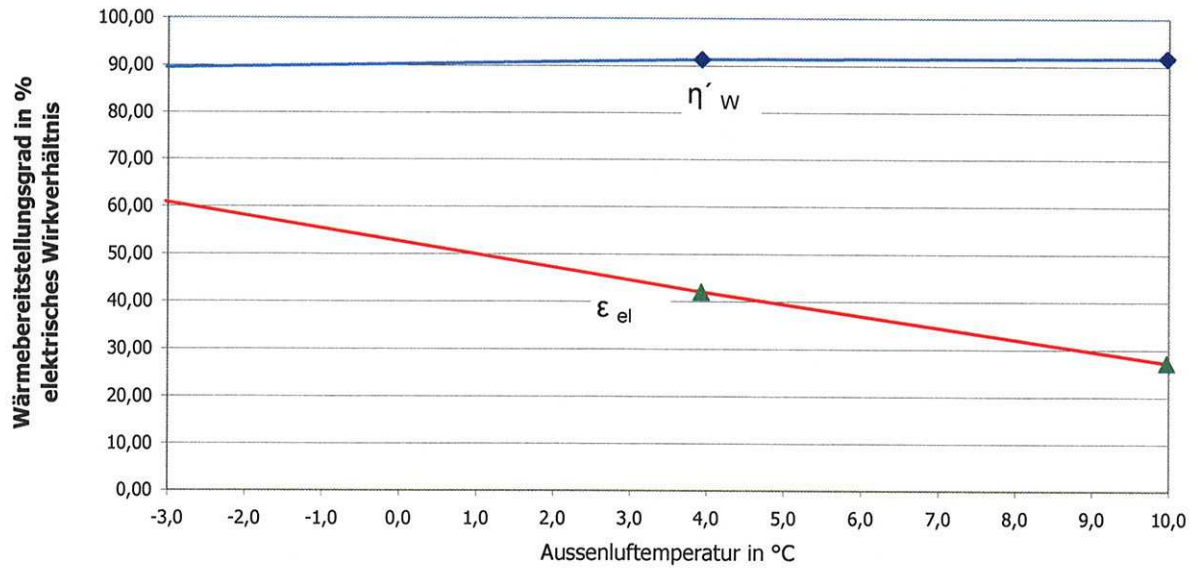
Mess- und Rechenwerte der Thermodynamischen Prüfung				
Soll - Volumenstrom in m³/h	101	Ventilatorstufe		1
Statischer Druck in Pa	10			
Mess- bzw. Rechengröße	Einheit	Luftzustand 3 + 10°C	Luftzustand 2 + 4°C	Luftzustand 1 - 3°C
Messwerte				
Temperatur Außenluft (AU)	°C	10,0	3,9	-3,0
Temperatur Zuluft (ZU)	°C	20,1	19,5	18,5
relative Feuchte Außenluft (AU)	%	82,0	76,9	71,5
relative Feuchte Zuluft (ZU)	%	42,1	27,1	15,4
Außenluftvolumenstrom (AU)	m³/h	103,0	101,6	104,0
Temperatur Abluft (AB)	°C	21,1	21,0	21,1
Temperatur Fortluft (FO)	°C	12,2	8,0	2,7
relative Feuchte Abluft (AB)	%	55,8	45,7	36,2
relative Feuchte Fortluft (FO)	%	89,2	86,4	84,8
Abluftvolumenstrom (AB)	m³/h	109,4	109,1	112,0
Umgebungsluftdruck	Pa	101.300	101.300	101.300
elektrische Wirkleistung Zuluftventilator (ZU)	W	7	7	7
elektrische Wirkleistung Abluftventilator (AB)	W	7	7	7
Pel Gesamt	W	13	13	13
Rechenwerte				
Sättigungsdruck des WD (AU)	Pa	1.226	810	475
Sättigungsdruck des WD (ZU)	Pa	2.361	2.273	2.134
Sättigungsdruck des WD (AB)	Pa	2.499	2.489	2.497
Sättigungsdruck des WD (FO)	Pa	1.420	1.072	742
Wassergehalt Außenluft (AU)	g/kg	6,24	3,84	2,09
Wassergehalt Zuluft (ZU)	g/kg	6,16	3,81	2,03
Wassergehalt Abluft (AB)	g/kg	8,68	7,06	5,60
Wassergehalt Fortluft (FO)	g/kg	7,88	5,74	3,89
Dichte Außenluft, feucht (AU)	kg/m³	1,24	1,27	1,30
Dichte Abluft, feucht (AB)	kg/m³	1,19	1,19	1,19
Massenstrom Außen-/Zuluft, trocken	kg/s	0,035	0,036	0,038
Massenstrom Ab-/Fortluft, trocken	kg/s	0,036	0,036	0,037
Enthalpie AU	kJ/kg	25,72	13,58	2,18
Enthalpie ZU	kJ/kg	36,05	29,36	23,89
Enthalpie ZU*	kJ/kg	36,98	30,85	26,44
Enthalpiestrom AU	kW	0,908	0,485	0,082
Enthalpiestrom ZU	kW	1,272	1,048	0,899
Enthalpiestrom ZU*	kW	1,305	1,101	0,995
Enthalpie-Differenz ZU-AU	kW	0,365	0,563	0,817
Enthalpie-Differenz ZU*-AU	kW	0,398	0,616	0,913
Ergebniswerte				
Wärmebereitstellungsgrad	%	91,71	91,39	89,48
volumenbez. elektr. Ventilatorleist.	W/(m³/h)	0,12	0,12	0,12
Zusätzliche Ergebniswerte				
el. Wirkungsverhältnis	-	27,21	42,04	60,9

Mess- und Rechenwerte der Thermodynamischen Prüfung				
Soll - Volumenstrom in m³/h	161	Ventilatorstufe		2
Statischer Druck in Pa	25			
Mess- bzw. Rechengröße	Einheit	Luftzustand 3 + 10°C	Luftzustand 2 + 4°C	Luftzustand 1 - 3°C
Messwerte				
Temperatur Außenluft (AU)	°C	10,0	4,1	-3,0
Temperatur Zuluft (ZU)	°C	20,0	18,8	17,7
relative Feuchte Außenluft (AU)	%	80,9	76,4	74,2
relative Feuchte Zuluft (ZU)	%	42,0	27,7	17,1
Außenluftvolumenstrom (AU)	m³/h	154,9	161,5	162,6
Temperatur Abluft (AB)	°C	21,1	21,0	21,0
Temperatur Fortluft (FO)	°C	12,4	8,8	3,6
relative Feuchte Abluft (AB)	%	55,2	46,5	36,7
relative Feuchte Fortluft (FO)	%	88,7	85,8	85,4
Abluftvolumenstrom (AB)	m³/h	166,3	171,6	176,4
Umgebungsluftdruck	Pa	101.300	101.300	101.300
elektrische Wirkleistung Zuluftventilator (ZU)	W	17,5	17,5	17,5
elektrische Wirkleistung Abluftventilator (AB)	W	17,5	17,5	17,5
Pel Gesamt	W	34,9	34,9	34,9
Rechenwerte				
Sättigungsdruck des WD (AU)	Pa	1.225	817	476
Sättigungsdruck des WD (ZU)	Pa	2.346	2.166	2.032
Sättigungsdruck des WD (AB)	Pa	2.499	2.487	2.495
Sättigungsdruck des WD (FO)	Pa	1.436	1.131	790
Wassergehalt Außenluft (AU)	g/kg	6,15	3,85	2,17
Wassergehalt Zuluft (ZU)	g/kg	6,11	3,71	2,14
Wassergehalt Abluft (AB)	g/kg	8,59	7,19	5,67
Wassergehalt Fortluft (FO)	g/kg	7,92	6,02	4,17
Dichte Außenluft, feucht (AU)	kg/m³	1,24	1,27	1,30
Dichte Abluft, feucht (AB)	kg/m³	1,19	1,19	1,19
Massenstrom Außen-/Zuluft, trocken	kg/s	0,053	0,057	0,059
Massenstrom Ab-/Fortluft, trocken	kg/s	0,054	0,056	0,058
Enthalpie AU	kJ/kg	25,47	13,73	2,40
Enthalpie ZU	kJ/kg	35,71	28,60	23,31
Enthalpie ZU*	kJ/kg	36,76	30,86	26,65
Enthalpiestrom AU	kW	1,352	0,779	0,141
Enthalpiestrom ZU	kW	1,896	1,622	1,370
Enthalpiestrom ZU*	kW	1,952	1,751	1,566
Enthalpie-Differenz ZU-AU	kW	0,544	0,844	1,229
Enthalpie-Differenz ZU*-AU	kW	0,599	0,972	1,424
Ergebniswerte				
Wärmebereitstellungsgrad	%	90,76	86,81	86,26
volumenbez. elektr. Ventilatorleist.	W/(m³/h)	0,21	0,20	0,20
Zusätzliche Ergebniswerte				
el. Wirkungsverhältnis	-	15,58	24,17	35,2

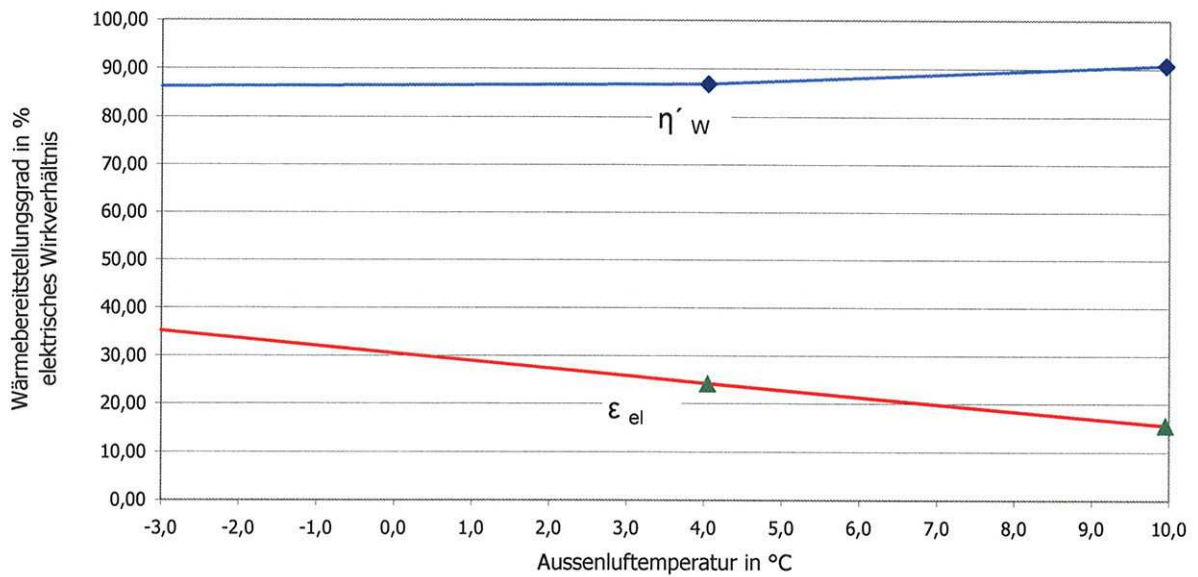
Mess- und Rechenwerte der Thermodynamischen Prüfung				
Soll - Volumenstrom in m³/h	257	Ventilatorstufe		3
Statischer Druck in Pa	62			
Mess- bzw. Rechengröße	Einheit	Luftzustand 3 + 10°C	Luftzustand 2 + 4°C	Luftzustand 1 - 3°C
Messwerte				
Temperatur Außenluft (AU)	°C	9,9	4,0	-3,0
Temperatur Zuluft (ZU)	°C	19,7	18,9	17,5
relative Feuchte Außenluft (AU)	%	82,6	81,8	75,0
relative Feuchte Zuluft (ZU)	%	43,4	30,8	17,5
Außenluftvolumenstrom (AU)	m³/h	257,2	255,5	256,1
Temperatur Abluft (AB)	°C	21,0	21,1	21,1
Temperatur Fortluft (FO)	°C	12,8	8,8	3,8
relative Feuchte Abluft (AB)	%	56,6	46,9	36,0
relative Feuchte Fortluft (FO)	%	89,4	88,8	87,4
Abluftvolumenstrom (AB)	m³/h	269,7	269,5	275,5
Umgebungsluftdruck	Pa	101.300	101.300	101.300
elektrische Wirkleistung Zuluftventilator (ZU)	W	44,3	44,3	44,3
elektrische Wirkleistung Abluftventilator (AB)	W	44,3	44,3	44,3
Pel Gesamt	W	88,5	88,5	88,5
Rechenwerte				
Sättigungsdruck des WD (AU)	Pa	1.224	816	477
Sättigungsdruck des WD (ZU)	Pa	2.302	2.181	2.002
Sättigungsdruck des WD (AB)	Pa	2.489	2.500	2.502
Sättigungsdruck des WD (FO)	Pa	1.484	1.134	804
Wassergehalt Außenluft (AU)	g/kg	6,27	4,12	2,21
Wassergehalt Zuluft (ZU)	g/kg	6,19	4,16	2,15
Wassergehalt Abluft (AB)	g/kg	8,77	7,29	5,57
Wassergehalt Fortluft (FO)	g/kg	8,26	6,25	4,34
Dichte Außenluft, feucht (AU)	kg/m³	1,24	1,27	1,30
Dichte Abluft, feucht (AB)	kg/m³	1,19	1,19	1,19
Massenstrom Außen-/Zuluft, trocken	kg/s	0,088	0,090	0,093
Massenstrom Ab-/Fortluft, trocken	kg/s	0,089	0,089	0,091
Enthalpie AU	kJ/kg	25,78	14,39	2,52
Enthalpie ZU	kJ/kg	35,72	29,40	23,16
Enthalpie ZU*	kJ/kg	37,00	31,63	26,77
Enthalpiestrom AU	kW	2,269	1,295	0,234
Enthalpiestrom ZU	kW	3,144	2,646	2,154
Enthalpiestrom ZU*	kW	3,256	2,846	2,490
Enthalpie-Differenz ZU-AU	kW	0,875	1,351	1,920
Enthalpie-Differenz ZU*-AU	kW	0,988	1,552	2,255
Ergebniswerte				
Wärmebereitstellungsgrad	%	88,60	87,07	85,12
volumenbez. elektr. Ventilatorleist.	W/(m³/h)	0,33	0,33	0,32
Zusätzliche Ergebniswerte				
el. Wirkungsverhältnis	-	9,88	15,26	21,7

Graphische Darstellung der Ergebnisse

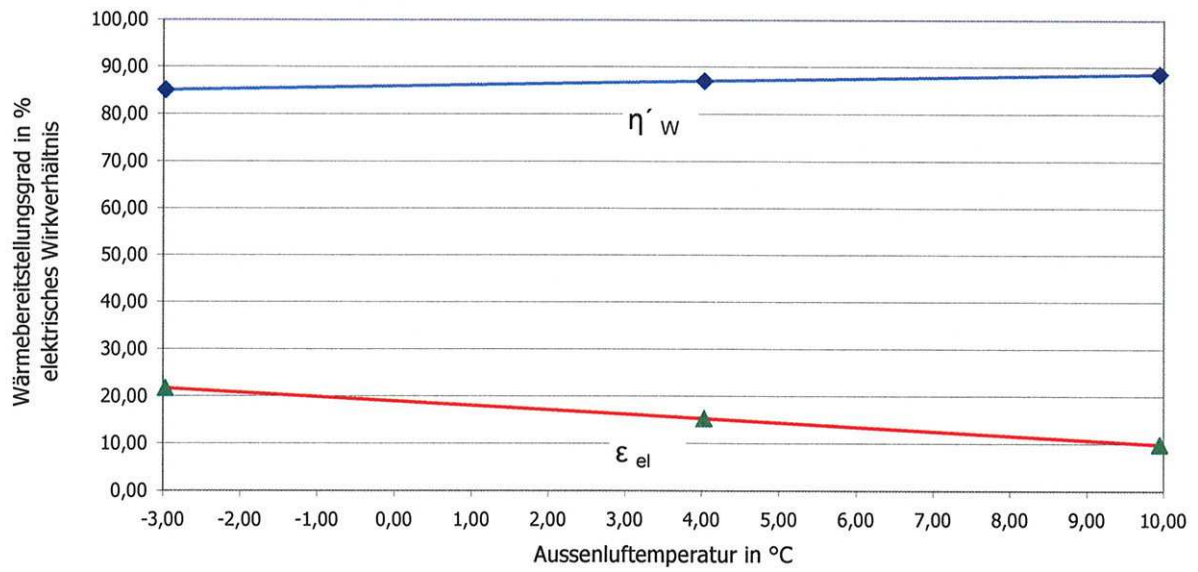
Stufe 1



Stufe 2



Stufe 3



6.4 Auswertung der thermodynamische Prüfung

Abluftvolumenstrom in m ³ /h	volumenstrombezogene Leistungsaufnahme $p_{el, Vent}$ in W/(m ³ /h)			
	bei Aussenlufttemperaturen von in °C			Mittelwert
	+ 10	+ 4	- 3	
101	0,12	0,12	0,12	0,12
161	0,21	0,20	0,20	0,20
257	0,33	0,33	0,32	0,33

Abluftvolumenstrom in m ³ /h	Wärmebereit- stellungsgrad η_w in %			
	bei Aussenlufttemperaturen von in °C			Mittelwert
	+ 10	+ 4	- 3	
101	91,71	91,39	89,48	90,86
161	90,76	86,81	86,26	87,94
257	88,60	87,07	85,12	86,93
			Gesamt	88,58

Abluftvolumenstrom in m ³ /h	elektrisches Wirkungsverhältnis ϵ_{el} -----			
	bei Aussenlufttemperaturen von in °C			Mittelwert
	+ 10	+ 4	- 3	
101	27,21	42,04	60,09	43,11
161	15,58	24,17	35,2	24,98
257	9,88	15,26	21,7	15,61
			Gesamt	27,9

7 Zusammenfassung der Ergebnisse

7.1 Ergebnis der Oberflächenverluste des Prüflings

Der Wärmeleitwiderstand R_{λ} des Gehäuses ist 0,94 m²K/W, d.h. die Wärmedämmung ist nicht ausreichend. Das Gerät ist aber weitgehend ohne Wärmebrücken.

7.2 Ergebnis der Dichtheitsprüfung

Sowohl der externe als auch der interne Leckvolumenstrom liegen unter den 5% (10,125 m³/h) des ermittelten mittleren Volumenstromes.

7.3 Ergebnis der Lüftungstechnischen Prüfung

Das Wohnungslüftungsgerät hat in Lüfterstufe 1 und 2 die erforderlichen Ansprüche in Bezug auf den Abluftüberschuss < 10% erfüllt. In Lüfterstufe 3 liegt ein geringer Zuluftüberschuß von 0,4 % vor.

7.4 Ergebnis des Frostschutzes

Da kein Eisansatz festzustellen ist, ist die Aussage möglich, dass die Enteisungsstrategie des Gerätes erfolgreich ist.

7.5 Ergebnis im Hinblick Volumenstrombalance

Die thermodynamische Prüfung ist in allen Ventilatorstufen mit ausgeglichen Massenströmen durchgeführt worden. Eine Aussage über die einzelnen Luftvolumenstrommesspunkte bezüglich des zulässigen Abluftüberschuss ist in 7.3 getroffen.

7.6 Ergebnis der thermodynamischen Prüfung

Die Ergebnisse der thermodynamischen Prüfung sind den Tabellen in Abschnitt 6.4 auf Seite 33 zu entnehmen.

Dortmund, 02.08.2007



Prof. Dipl.-Ing. Peter Müller

(Prüfstellenleiter)