

**Prüfstelle für
Wohnungslüftungsgeräte**



Prüfreglement für die Prüfung von zentralen Wohnungslüftungsgeräten



INHALTSANGABE

1	EINLEITUNG	4
2	ZWECK	4
3	ANWENDUNGSBEREICH	4
3.1	Prüfumfang	4
3.2	Beschreibung der Prüfstände und Prüfverfahren	5
3.2.1	Sicherheits- und Konformitätsprüfung	5
3.2.2	Dichtheitsprüfung	5
3.2.3	Lüftungstechnische Prüfung	6
3.2.4	Thermodynamische Prüfung.....	7
3.2.4.1	Luft/Luft-Technik	8
3.2.4.2	Luft/Wasser-Technik (Heizungssimulation).....	9
3.2.4.3	Luft/Wasser-Technik (Brauchwarmwassersimulation)	12
3.2.5	Meßgenauigkeit.....	15
4	BEGRIFFE UND DEFINITIONEN	16
5	AUSWERTUNG	17
5.1	Sicherheits- und Konformitätsprüfung	17
5.2	Dichtheitsprüfung	17
5.3	Lüftungstechnische Prüfung	18
5.3.1	Einzeichnung der Wirkungsgrade in das Druck-Volumenstrom-Diagramm (Muscheldiagramm).....	18
5.3.2	Erstellen einer geräteinternen Druckverlustkennlinie.....	18
5.4	Thermodynamische Prüfung	19
5.4.1	Berechnung der Ausgangsgrößen.....	19
5.4.2	Berechnung thermodynamischer Kenngrößen	22
5.5	Kennzeichnung zulässiger Betriebsbereiche im Kennfeld	24
5.5.1	Grundlage der Kennzeichnung	24
5.5.2	Konstruktion von Kennfeldern zur Beurteilung von Wohnungslüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung.....	25

6	ERGEBNISDARSTELLUNG	34
6.1	<u>Ergebnisdarstellung A</u> - Vollständiger Prüfbericht	34
6.2	<u>Ergebnisdarstellung B</u> - zur Vorlage beim deutschen Institut für Bautechnik.....	34
6.3	Inhalt der Ergebnisdarstellungen	35
6.3.1	Ergebnisdarstellung A - (Vollständiger Prüfbericht nach DIN EN 45001)	35
6.3.2	Ergebnisdarstellung B - (zur Vorlage beim deutschen Institut für Bau- technik).....	36
7	FEHLERBETRACHTUNG DER PRÜFERGEBNISSE	37
8	FREIGABE UND VERÖFFENTLICHUNG DER PRÜFERGEBNISSE	38
9	AUFTRAGSABWICKLUNG	38
10	MITGELTENDE UNTERLAGEN	40

1 Einleitung

Dieses Prüfreglement beinhaltet das Prüfprogramm der TZWL-Prüfstelle für Wohnungslüftungsgeräte. Die Prüfungen werden in Anlehnung an folgende Normen durchgeführt:

- [1] Nordtest Method Finland
NT VVS 022 HEATRECOVERY Units, internal Leakage
NT VVS 021 HEATRECOVERY Units, external Leakage
- [2] DIN 24163 Teil 1-3 Leistungsmessung, Normkennlinien, Normprüfstände
DIN 4796 Leistungsmessung an raumlufotechnischen Geräten
- [3] DIN EN 255 Anschlußfertige Wärmepumpen mit elektrisch angetriebenen
Verdichtern zum Heizen, oder zum Heizen und Kühlen
DIN EN 308 Wärmeübertrager

2 Zweck

Dieses Prüfreglement gilt für Prüfungen im Kundenauftrag. Es legt den Prüfumfang, das Prüfverfahren und die Meßgenauigkeit für die Prüfung von Wohnungslüftungsgeräten fest. Weiterhin wird die Auswertung der Prüfergebnisse und deren Handhabung geregelt.

3 Anwendungsbereich

Das Prüfprogramm wird angewendet für zentrale Wohnungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, mit einem maximalen Luftvolumenstrom von 350 m³/h. Es können Abluft/Zuluft-Systeme (Luft/Luft) und Abluftsysteme (Luft/Wasser) jeweils mit und ohne Wärmepumpe geprüft werden.

3.1 Prüfumfang

Die Prüfung beinhaltet

- Sicherheitstechnische Prüfung
(Prüfung der für die sicherheitstechnische Beurteilung notwendigen Prüfdokumente)
- Dichtheitsprüfung
- Lüftungstechnische Prüfung
- Thermodynamische Prüfung

3.2 Beschreibung der Prüfstände und Prüfverfahren

3.2.1 Sicherheits- und Konformitätsprüfung

Neben der Überprüfung, welche Sicherheits- und Konformitätsnachweise vorliegen wird die folgende sicherheitstechnische Sichtprüfung vorgenommen:

Mechanische Sicherheit (Sichtprüfung)

- Überprüfung auf Schutz gegen Berührung sich bewegender Bauteile
- Überprüfung auf scharfe Kanten
- Überprüfung hinsichtlich einer angemessenen Aufstellung und Sicherung der Ventilatoren

Elektrische Sicherheit (Sichtprüfung)

- Überprüfung des Schutzes gegen direktes und indirektes Berühren
- Überprüfung des mechanischen Schutzes der Leitungsführung
- Überprüfung der Schutzleiterverbindungen

Die sicherheitstechnische Prüfung ist eine Sichtprüfung und ersetzt in keinem Fall die Prüfung nach den einschlägigen Regelwerken.

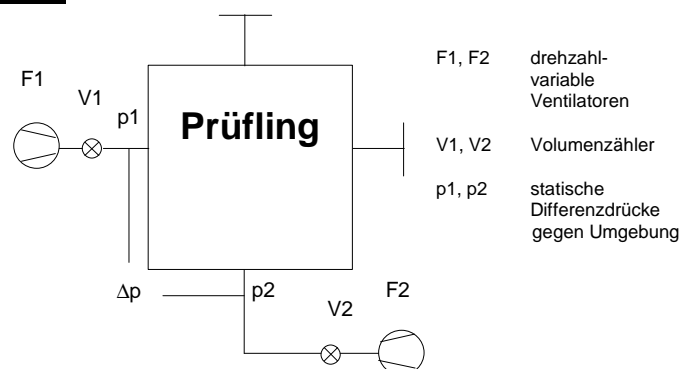
3.2.2 Dichtheitsprüfung

Dichtheitsprüfstand

Der Prüfstand dient zur Ermittlung der internen und externen Leckagen von WLA. Externe Leckagen treten grundsätzlich auf, während Abluft/Zuluft-Geräte zusätzlich interne Leckagen aufweisen. Der Prüfstand ist in Anlehnung an die Norm [1] entwickelt worden.

Prüfmethode der externen Leckagen

Die Leckage 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 erhalten.

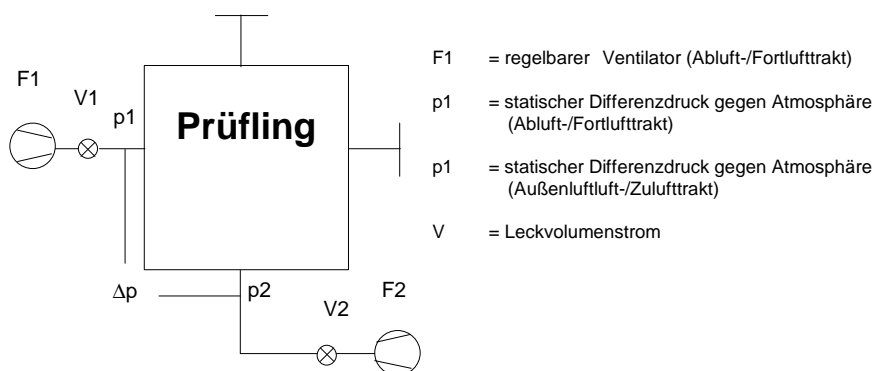


Prinzip externe Dichtheitsprüfung

Prüfmethode der internen Leckagen

Die Leckage des Prüflings zwischen Abluft-/Fortluft- und Außenluft-/Zulufttrakt wird bestimmt, indem der Abluft-/Fortlufttrakt unter Druck gesetzt wird. Der Differenzdruck zwischen Umgebungsluft und Außenluft-/Zulufttrakt wird konstant auf Null gehalten. Da die andere Seite des Außenluft-/Zulufttraktes geschlossen ist, muß die interne Leckage dem zu- bzw. abströmenden Volumenstrom entsprechen, der zur Stabilisierung des Differenzdruckes von 0 Pa nötig ist .

Die Prüfung bestimmt die Luftzufuhr (=Leckvolumenstrom) im Außenluft-/Zulufttrakt, die notwendig ist, um die gewünschte Druckdifferenz aufrecht zu erhalten .



Prinzip interne Dichtheitsprüfung

Meßpunkte

Es werden an sechs Meßpunkten (50 Pa, 100 Pa, 150 Pa, 200 Pa, 250 Pa, 300 Pa) die internen und externen Leckvolumenströme ermittelt.

3.2.3 Lüftungstechnische Prüfung

Lüftungstechnischer Prüfstand

Das Betriebsverhalten und damit der Kennlinienverlauf der Lüfter wird auf einem saugseitigen Kammerprüfstand ermittelt, der in Anlehnung der Normen [2] entwickelt wurde. Die Messungen finden bei Umgebungstemperaturen von $21\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ statt.

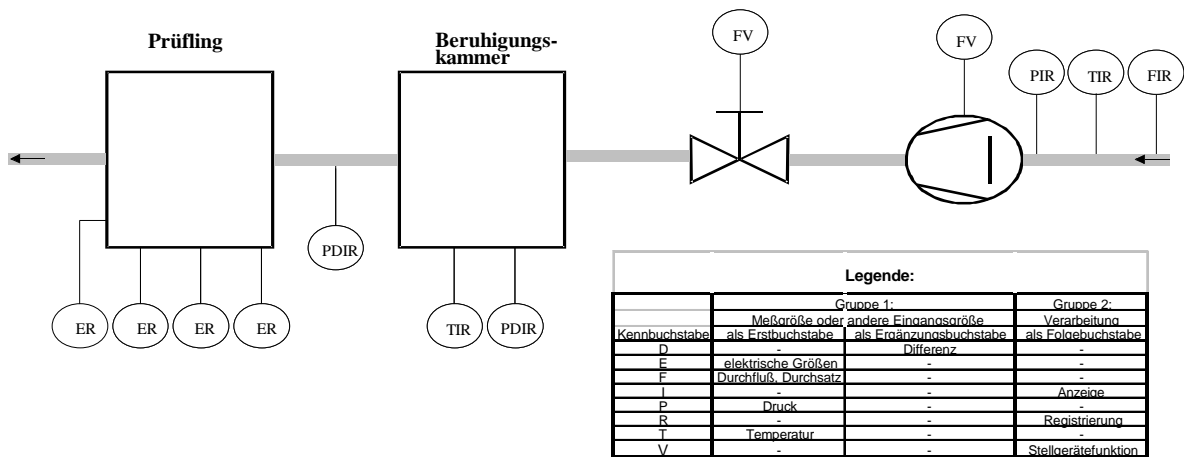
Prüfmethode

Das Lüftungsgerät wird saugseitig an den Prüfstand angeschlossen und bläst die Luft über eine kurze Beruhigungsstrecke ins Freie. Das Luftvolumen wird durch den gesamten Prüfaufbau geführt. Zuerst passiert die Luft eine Volumenstrommeßeinrichtung (Differenzdruckdüse), die nach dem Venturiprinzip einen Unterdruck aufbaut, der quadratisch vom Volumenstrom abhängt. Eine in Reihe geschaltete Kombination aus drehzahlvariablem Hilfsventilator und stufenlos regulierbarer Segmentdrossel dient zur Einstellung des Strömungswiderstandes (interner Druckverlust). Daran schließt sich die Beruhigungskammer mit den Anschlußstücken für das Lüftungsgerät an. Das Anschlußstück verfügt über eine Ringleitung zur Druckentnahme.

Um die verschiedenen Umgebungsbedingungen im Laborraum zu berücksichtigen, kann durch eine Messung von Lufttemperatur und Umgebungsluftdruck eine Dichtekorrektur vorgenommen werden. Nach DIBt-Vorgaben findet abweichend von den Normfestlegungen keine Dichtekorrektur der gemessenen Werte statt.

Druckerhöhung, Volumenstrom, elektrische Leistungsaufnahme sowie alle relevanten Korrekturgrößen werden automatisch erfaßt. Um dem trägen System und sonstigen zufallsbedingten Meßwertschwankungen gerecht zu werden wird jeder Meßpunkt fünfmal aufgenommen und arithmetisch gemittelt.

MSR - Schema der lüftungstechnischen Prüfung



Meßpunkte

Die Spannungsschritte werden durch die Abstufungen am Transformator vorgegeben. Im Falle einer stufenlosen Regelung wird der obere und untere Grenzwert festgelegt und der Bereich dazwischen in fünf gleiche Spannungsabschnitte unterteilt.

Die Punkte der einzelnen Kennlinien werden im stabilen Bereich im Abstand von maximal 30 Pa gefahren.

3.2.4 Thermodynamische Prüfung

Thermodynamischer Prüfstand

Der Prüfstand gliedert sich aufgrund seines sehr großen Einsatzbereiches in die folgenden separaten Hauptbereiche.

Luftkonditionierung

Die Luftaufbereitung geschieht in zwei Kammern (Außenluft und Raumluft) mittels zweier Klimageräte in Kompaktbauweise. Hierin befindet sich eine Reihenschaltung aus einem Filter, einem Kühlregister, einem Heizregister, einem Befeuchter und einem Ventilator. Mit entsprechendem regelungstechnischen Aufwand wird hier die Luft nach Vorgabe konditioniert und durch den Ventilator in Umlauf gebracht.

Simulation der Heizung und Brauchwarmwasserbereitung

Zur energetischen Bewertung von Abluftgeräten, die die rückgewonnene Wärme für Heizung bzw. Brauchwarmwasserbereitung zur Verfügung stellen, existiert eine Heizungs- und Warmwassersimulation. In dieser wird dem Vorlauf über ein Ventil heißes Wasser entzogen und durch kaltes ersetzt, so daß sich ein abgekühlter Rücklauf einstellt. Ein weiteres Ventil im Vorlauf regelt die Spreizung. Alle Temperaturen, Energie- und Volumenströme werden durch einen Wärmemengenrechner ermittelt und zur Anzeige weitergeleitet.

Meßtechnik, Regelung und Datenerfassung

Damit der Kreis der energetischen Bilanzierung geschlossen werden kann, werden sowohl die mögliche Gasversorgung und die elektrische Versorgung des Lüftungsgerätes, als auch die Daten der ein- und austretenden Luftströme (Temperatur, Feuchte und Volumenstrom) aufgenommen und abgespeichert. Die Meßtechnik ist nach den Vorgaben der DIN EN 255 ausgewählt worden.

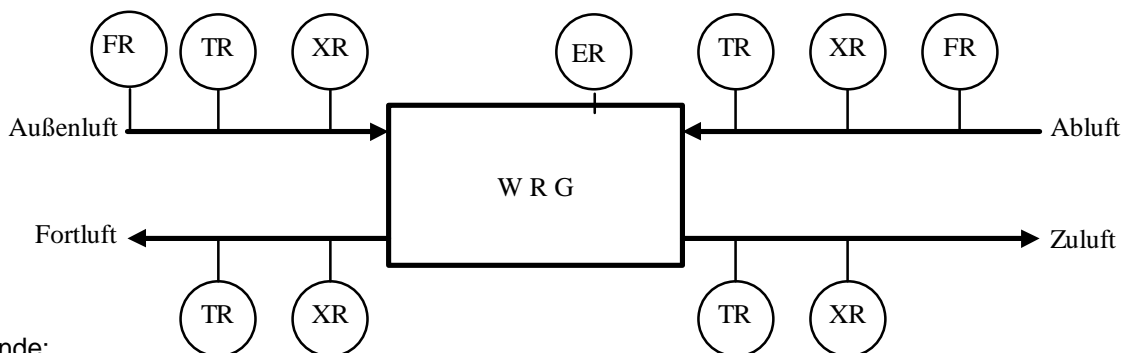
Der Prüfstand ist mit einer DDC-Regelung ausgestattet, die sich aus drei Unterstationen zusammensetzt, welche nach dem Master-Slave-Prinzip miteinander kommunizieren. Die Schnittstelle zum Anwender stellt dabei der PC dar, über den alle Informationen an die Unterstationen weitergegeben werden.

Um den unterschiedlichen Gerätetechniken gerecht zu werden, werden im Folgenden die Prüfmethode der Luft/Luft- und Luft/Wasser-Technik beschrieben. Die Luft/Wasser-Technik gliedert sich in Systeme zur Heizung und Brauchwarmwasserbereitung.

3.2.4.1 Luft/Luft-Technik

Prüfaufbau

MSR - Schema der thermodynamischen Prüfung



Legende:

Gruppe 1	Meßgröße	Gruppe 2	Verarbeitung
F	Volumenstrom	R	Registrierung
T	Temperatur		
E	elektrische Größen		
X	Feuchte		

Prüfmethode

Um das Verhalten des Gerätes unter den verschiedensten Betriebsbedingungen zuverlässig beurteilen zu können, müssen sowohl außen- als auch zuluftseitig alle relevante Parameter unabhängig voneinander eingestellt und konstant gehalten werden. Die Prüfung findet an folgenden drei Meßpunkten statt:

Meßpunkte

	Meßpunkt 1	Meßpunkt 2	Meßpunkt 3
Außenlufttemperatur	-3°C	4°C	10°C
Außenluftfeuchte	80% rel. Feuchte	80% rel. Feuchte	80% rel. Feuchte
Raumlufttemperatur	21°C	21°C	21°C
Raumluftfeuchte	36% rel. Feuchte	46% rel. Feuchte	56% rel. Feuchte

Die Meßpunkte repräsentieren typische Luftzustände während der Heizperiode.

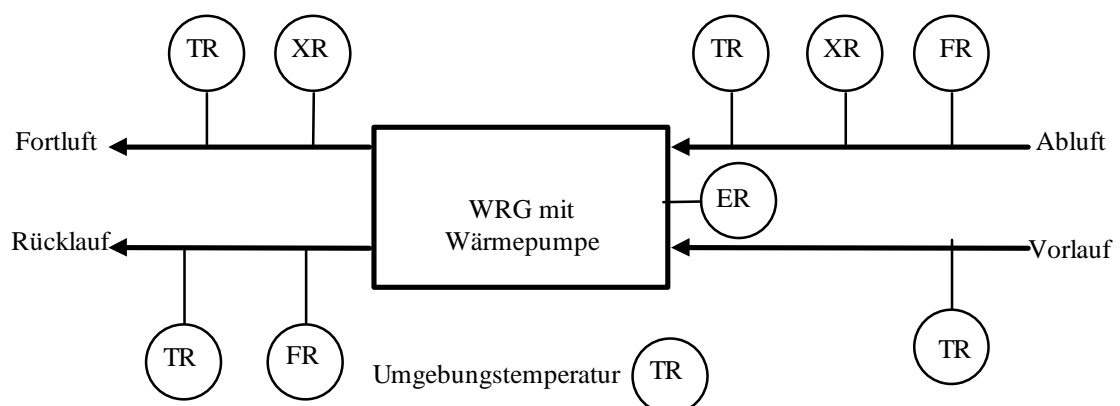
Die Messungen erfolgen in dem vom Auftraggeber angegebenen Volumenstrombereich. Dieser wird in einzelne Abschnitte unterteilt, die sich genau um den Faktor **1,6** unterscheiden. Die Prüfung erfolgt beim mittleren Volumenstrom eines jeden Abschnitts, jeweils an den Meßpunkten 1 bis 3. Die Meßwerte werden im Minutenabstand aufgezeichnet und in einer Meßwertedatei abgelegt. Zur Auswertung wird ein 30 minütiger Bereich aus der Meßwertedatei herausgenommen. Die Parameter müssen in dieser Zeit konstant gehalten werden und innerhalb der folgenden Toleranzen liegen:

Temperaturen +/- 0,2 K vom Mittelwert
 +/- 0,1 K vom Sollwert
 Absolute Raumluftfeuchte +/- 0,35 g/kg vom Mittelwert
 +/- 0,30 g/kg vom Sollwert

3.2.4.2 Luft/Wasser-Technik (Heizungssimulation)

Prüfaufbau

MSR-Schema der Thermodynamischen Prüfung



Legende :

Gruppe 1	Meßgröße	Gruppe 2	Verarbeitung
F	Volumenstrom	R	Registrierung
T	Temperatur		
E	elektrische Größen		
X	Feuchte		

Prüfmethode

In einer Klimakammer wird der Luftzustand konditioniert und die eingestellten Parameter für eine Dauer von mindestens 30 Minuten konstant gehalten.

Zur energetischen Bewertung der abgegebenen Wärmeleistung an das Wasser ist eine Heizungssimulation vorgesehen, die die eingestellten Parameter für die Meßdauer stabil hält.

Damit eine Energiebilanz aufgezeichnet werden kann, müssen sowohl der Energieverbrauch des WRG-Gerätes als auch die Daten des Luftstromes (Temperatur, Feuchte und Volumenstrom) und des Heizungswassers (Vor-, Rücklauf-temperatur und Volumenstrom) aufgenommen werden. Die Meßtechnik ist nach den Vorgaben der Norm [3] ausgewählt.

Ein integrierter Brenner und daraus resultierende Abgasbeimischungen im Abluftstrom werden nicht berücksichtigt, da nur die reine Wärmerückgewinnung der Wärmepumpe aus der Abluft ermittelt werden soll.

Der Brenner wird zur Prüfung abgeschaltet.

Um das Verhalten des WRG-Gerätes unter den verschiedensten Betriebsbedingungen zuverlässig beurteilen zu können, müssen sowohl luft- als auch wasserseitig alle relevanten Parameter unabhängig eingestellt und konstant gehalten werden.

Die Umgebungslufttemperatur des Prüflings während der thermodynamischen Prüfung soll gleich der Ablufttemperatur gehalten werden.

Meßpunkte (Luft)

Die Prüfung findet bei folgenden Raumluftbedingungen statt:

	Meßpunkt 1	Meßpunkt 2	Meßpunkt 3
Außenlufttemperatur	-3°C	4°C	10°C
Raumlufttemperatur	21°C	21°C	21°C
Raumluftfeuchte	36% rel. Feuchte	46% rel. Feuchte	56% rel. Feuchte

Die Meßpunkte repräsentieren typische Luftzustände während der Heizperiode.

Die Messungen erfolgen in dem vom Auftraggeber angegebenen Volumenstrombereich. Dieser wird in einzelne Abschnitte unterteilt, die sich genau um den Faktor 1,6 unterscheiden. Die Prüfung erfolgt beim mittleren Volumenstrom eines jeden Abschnitts, jeweils an den Meßpunkten 1 bis 3. Die Meßwerte werden im Minutenabstand aufgezeichnet und in einer Meßwertedatei abgelegt. Zur Auswertung wird ein 30 minütiger Bereich aus der Meßwertedatei herausgenommen. Die Parameter müssen in dieser Zeit konstant gehalten werden und innerhalb der folgenden Toleranzen liegen:

Temperaturen	+/- 0,2 K vom Mittelwert +/- 0,1 K vom Sollwert
Absolute Raumlufffeuchte	+/- 0,35 g/kg vom Mittelwert +/- 0,30 g/kg vom Sollwert

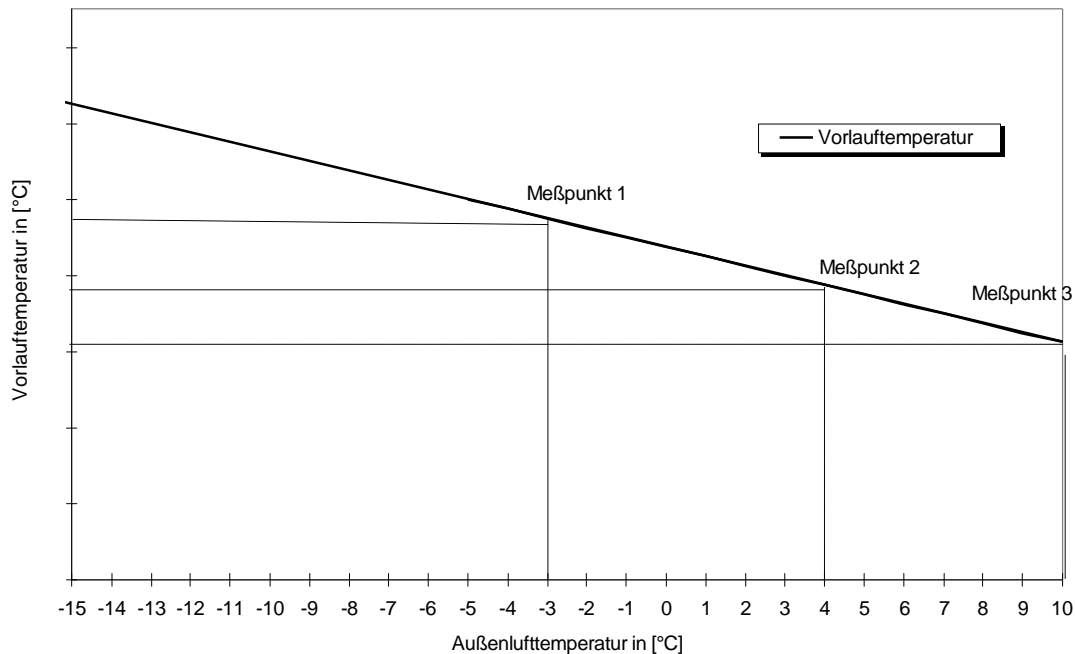
Meßpunkte (Wasser)

Die Vorlauftemperatur ergibt sich aus der vom Hersteller vorgegebenen obersten Heizkurve des WRG-Gerätes. Wird eine niedrigere maximale Vorlauftemperatur zugrundegelegt, ist diese im Prüfprotokoll auszuweisen.

Die Heizkurve muß jedoch eine Vorlauftemperatur von mindestens 40°C bei einer Außenlufttemperatur von -12°C lt. Wärmeschutzverordnung sicherstellen. Liegen nur Eckwerte vor, ist eine lineare Heizkurve zugrunde zu legen.

Das folgende Diagramm zeigt beispielhaft die Vorgehensweise. Die Temperaturspreizung des Heizwassers soll 10 K betragen.

Beispiel einer Heizkurve:



Die Meßwerte sollen mindestens im Minutenabstand aufgezeichnet werden. Zur Auswertung wird der Bereich aus der Meßwertedatei herausgenommen, der für den Versuchsablauf charakteristisch ist.

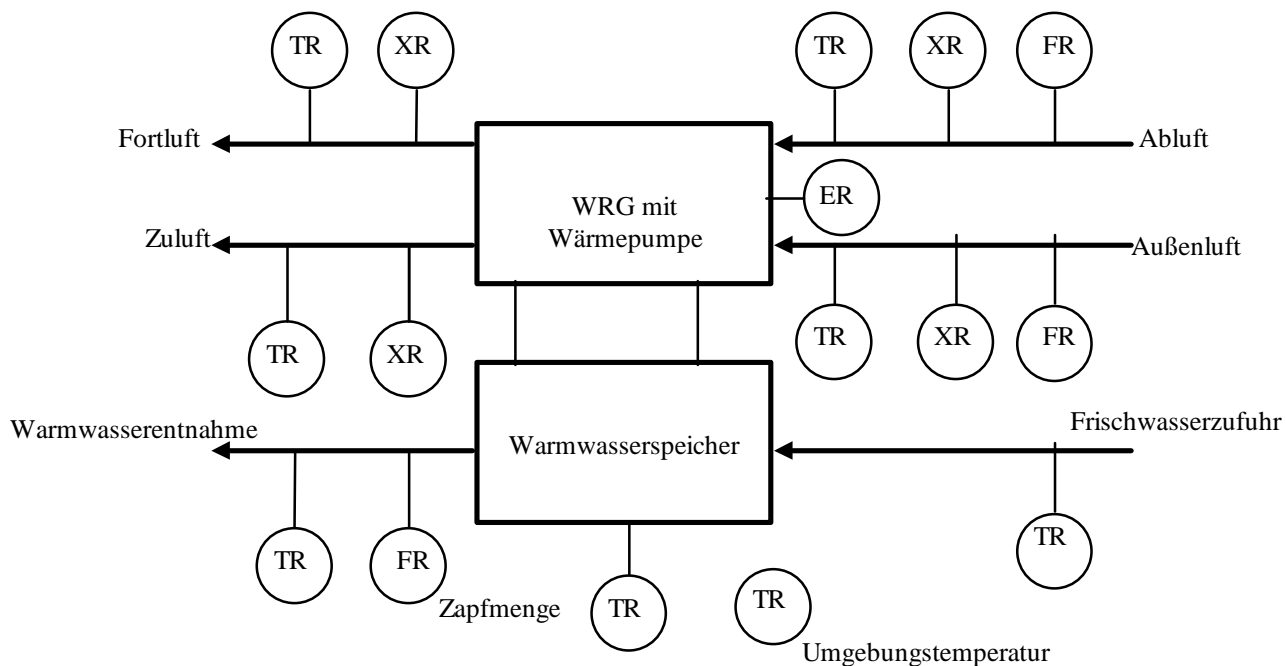
Bei der Messung genügt eine Zeitdauer von 2 x 15 Minuten. Während dieser Zeit müssen die Parameter konstant gehalten und innerhalb der folgenden Toleranzen liegen:

Temperaturen	+/- 0,2 K	Zulässige Abweichung des einzelnen Meßwertes vom Sollwert
	+/- 0,1 K	Zulässige Abweichung des arithmetischen Mittel vom Sollwert

3.2.4.3 Luft/Wasser-Technik (Brauchwarmwassersimulation)

Prüfaufbau

MSR-Schema der Brauchwarmwassersimulation Luft/Wasser/Luft-Technik



Legende :

Gruppe 1	Meßgröße	Gruppe 2	Verarbeitung
F	Volumenstrom	R	Registrierung
T	Temperatur		
E	elektrische Größen		
X	Feuchte		

Prüfmethode

In einer Klimakammer wird der Luftzustand konditioniert und die eingestellten Parameter für die Dauer der Prüfung konstant gehalten.

Zur energetischen Bewertung der abgegebenen Wärmeleistung an das Wasser ist eine Messung des Energieverbrauches für die Aufheizung des Brauchwarmwasserspeichers sowie die Entnahme von Brauchwarmwasser (Zapfprogramm) vorgesehen.

Die Bestimmung erfolgt gemäß [3].

Damit eine Energiebilanz aufgezeichnet werden kann, müssen sowohl der Energieverbrauch des Lüftungsgerätes als auch die Daten des Luftstromes (Temperatur, Feuchte und Volumenstrom) aufgenommen werden. Die Meßtechnik ist nach den Vorgaben der Norm [3] auszuwählen.

Ein integrierter Gasbrenner und damit mögliche Abgasbeimischungen im Abluftstrom werden nicht berücksichtigt, da nur die reine Wärmerückgewinnung aus der Abluft ermittelt werden soll. Der Brenner wird zur Prüfung abgeschaltet.

Der thermodynamische Prüfstand, der zur Ermittlung der Aufheizkurve, des Verhaltens des WRG-Gerätes bei Zapfungen sowie des elektrischen Wirkungsverhältnisses dient, besteht aus zwei Klimakammern. Bei der Prüfung wird eine Kammer zur Konditionierung der Abluft und eine zur Konditionierung der Außenluft verwendet.

Das zu prüfende WRG-Gerät einschließlich Brauchwarmwasserspeicher wird gemäß Herstellerangaben aufgestellt.

Der Beitrag des WRG-Gerätes zum Energiebedarf für die Brauchwarmwassererwärmung wird aus der Messung des Energieverbrauches nach der Warmwasserentnahme ermittelt und zur nutzbaren Wärme hinzugezählt.

Die Durchführung erfolgt gemäß der Norm [3].

Die (el.) Wirkleistungsaufnahme während der Bereitschaftsperiode wird aus der elektrischen Energieaufnahme W_{es} und der Meßzeit t_s für die Leistungsaufnahme während der Bereitschaftsperiode errechnet.

Meßpunkte (Luft)

Die Prüfung findet bei folgenden Luftzuständen statt:

	Meßpunkt 1	Meßpunkt 2	Meßpunkt 3
Außenlufttemperatur	-3°C	4°C	10°C
Raumlufttemperatur	21°C	21°C	21°C
Raumluftfeuchte	36% rel. Feuchte	46% rel. Feuchte	56% rel. Feuchte

Die Meßpunkte repräsentieren typische Luftzustände während der Heizperiode.

Die Messungen erfolgen in dem vom Auftraggeber angegebenen Volumenstrombereich. Dieser wird in einzelne Abschnitte unterteilt, die sich genau um den Faktor **1,6** unterscheiden. Die Prüfung erfolgt beim mittleren Volumenstrom eines jeden Abschnitts, jeweils an den Meßpunkten 1 bis 3. Die Meßwerte werden im Minutenabstand aufgezeichnet und in einer Meßwertedatei abgelegt. Zur Auswertung wird ein 30 minütiger Bereich aus der Meßwertedatei herausgenommen. Die Parameter müssen in dieser Zeit konstant gehalten werden und innerhalb der folgenden Toleranzen liegen:

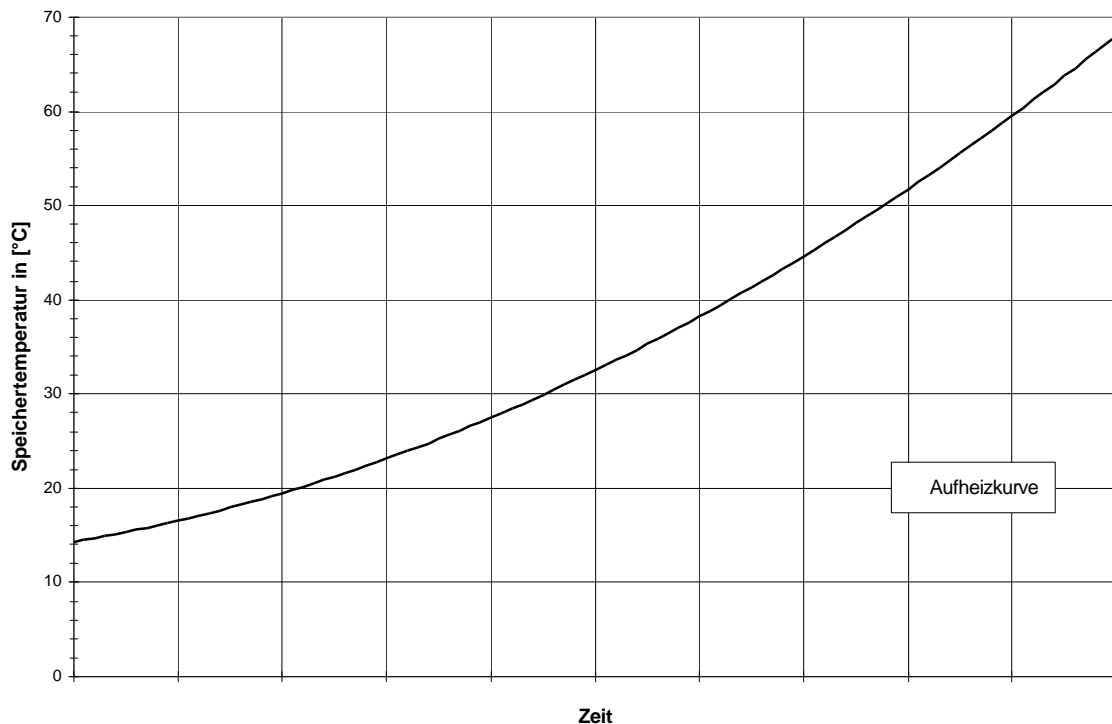
Temperaturen	+/- 0,2 K vom Mittelwert +/- 0,1 K vom Sollwert
Absolute Raumlufffeuchte	+/- 0,35 g/kg vom Mittelwert +/- 0,30 g/kg vom Sollwert

Meßpunkte (Wasser)

Es wird die Aufheizkurve des Warmwasserspeichers ermittelt. Dazu mißt man die Zeit, die erforderlich ist, um die gespeicherte Wassermenge zu erwärmen. Die Messung beginnt bei einem Anfangszustand mit einheitlicher Temperatur von 15°C (± 1 K) und endet beim ersten Abschalten des Verdichters nach Erreichen der Speicherwassertemperatur von 50°C durch den Temperaturregler.

Die zum Aufheizen benötigte elektrische Energie wird gemessen.
Die Prüfung erfolgt gemäß der Norm [3].

Beispiel einer Aufheizkurve:



Die Bestimmung der Aufheizkurve erfolgt gemäß [3].

3.2.5 Meßgenauigkeit

Tabelle 1: Meßunsicherheiten der eingesetzten Meßtechnik

Messung:			
Meßgröße	Meßgerät (beispielhaft)	Meßbereich	Meßunsicherheit
Dichtheitsprüfung			
Volumenstrom	Balgengaszähler/Stoppuhr	0-25 m ³ /h	f(V)=2% v.MW
Differenzdruck	Druckdose	0-500 Pa	f(Δp)=+/-1% v.EW
Temperatur	PT100 mit Anzeigegerät	10°C-35°C	0,2 K v.MW
Relative Feuchte	Kapazitiver Feuchtesensor	10-90%	f(r.H.)=+/-2% v.MW
Luftdruck	Dosenbarometer	970-1020 hPa	f(p)=+/-1% v.EW
Druck-Volumenstromkennlinie			
Volumenstrom	Differenzdruckdüse/Druckmeßumformer	0-350 m ³ /h	f(V)=+/-5% v.EW
Differenzdruck	Druckmeßumformer	0-500 Pa	f(Δp)=+/-1% v.EW
	Druckmeßumformer	≥ 500 Pa	f _{ABS} ≤ 5 Pa
Spannung AC/DC	Meßumformer für Spannung	0-250V	f(P)=+/-2% v.EW
Wirkleistung	Meßumformer für Wirkleistung	0-100 W	f(P)=+/-2% v.EW
	Meßumformer für Wirkleistung	100-300 W	f(P)=+/-2% v.EW
Temperatur	PT100 mit Umformer	10°C-35°C	0,2 K v.MW
Relative Feuchte	Kapazitiver Feuchtesensor	10-90%	f(r.H.)=+/-2% v.MW
Drehzahl *)	Photoelektrische Abtastung	0-3000 U/min	f(n)=+/-0,1% v.MW
Strom *)	Meßumformer od. Meßwiderstand	0-5 A	f(I)=+/-2% v.EW
Luftdruck	Druckmeßumformer	970-1020 hPa	f(p)=+/-1% v.EW
Bestimmung der Enthalpieströme			
Temperatur	PT100 mit Umformer	-10°C-80°C	0,2 K v.MW
Relative Feuchte	Kapazitiver Feuchtesensor	10-90%	f(r.H.)=+/-2% v.MW
Wärmemenge	Wärmemengenrechner	0-20 kW	f(Q)=+/-5% v.MW
Volumenstrom	Meßblende/Druckmeßumformer	0-350 m ³ /h	f(V)=+/-5% v.EW
Luftdruck	Druckmeßumformer	970-1020 hPa	f(p)=+/-1% v.EW
Bestimmung der Leistungsaufnahme			
Leistung	Energiezähler / CPU-Clock	0-3 kW	f(P)=+/-2% v.MW

*) Drehzahl und Stromaufnahme des Ventilators werden nicht zwingend aufgenommen

4 Begriffe und Definitionen

Leckagen

Als Leckagevolumenstrom sind die externen und internen Undichtheiten definiert, die warme Luft in den Außen- bzw. Zuluftstrom einsaugen bzw. einblasen. Die internen Leckagen führen damit zu einer wesentlichen Verbesserung der energetischen Bewertung. Weiterhin sind diese Undichtheiten aus hygienischer Sicht zu betrachten.

Ventilatorleistung

Die Ventilatorleistung ist die elektrische Leistungsaufnahme des Ventilators, die als Summe der Motorleistung des Ventilators und der Transformatorleistung gemessen wird. Die Wirkleistung der Ventilatoren wird direkt erfaßt; sie muß lediglich noch auf eine Bezugsdichte von $1,2 \text{ kg/m}^3$ umgerechnet werden.

Lüftungstechnischer Wirkungsgrad

Der Lüftungstechnische Wirkungsgrad bezeichnet den Wirkungsgrad von Ventilatoren im Einbauzustand (im Prüfling). Er errechnet sich aus dem Produkt von Druckerhöhung (Δp) und Volumenstrom (\dot{V}) dividiert durch die aufgenommene elektrische Wirkleistung (P_{el}):

$$h_{\text{Lüftung}} = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{P_{el}}$$

Rückwärmzahl

Kennzahl zur Berechnung von Wärmeübertragern, die die Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Abluft und die Temperaturdifferenz der Ab- und Außenluft ins Verhältnis setzt. Sie ist zur Berechnung von Wohnungslüftungsgeräten ungeeignet, denn Verlust- und Umwandlungswärmeströme der Ventilatoren, des Kompressors oder der Regelung etc. werden ebenso wenig berücksichtigt, wie der Energiegehalt der feuchten Luft (latente Wärme).

Wärmerückgewinnungsgrad

Dieser Kennwert wird in der Norm VDI Norm 2071 als Verhältnis der ein- und austretenden Enthalpieströme interpretiert. Im Vergleich zur Rückwärmzahl werden hier neben der sensiblen auch die latente Wärme berücksichtigt. Mit dieser Kennzahl können sowohl Wärmetauscher als auch Wärmepumpen beschrieben werden, insbesondere, da nur auf die Energie bilanziert wird, die tatsächlich dem Abluftvolumenstrom entzogen wird.

Wärmebereitstellungsgrad

Dieser Wert wird in analoger Form zum Wärmerückgewinnungsgrad gebildet. Dabei wird jedoch nicht nur der Abluftstrom, sondern die für die Wärmebedarfsstellen (Zuluftstrom, Heizung, Warmwasserbereitung) des Hauses bereitgestellte Energie bilanziert. Der Wärmebereitstellungsgrad kann dabei je nach Wohnungslüftungsgerät zwischen einigen wenigen Prozenten (z. B. Abwärme der Ventilatoren) bis hin zu über 30 % (Wärmepumpen) größer sein als der Wärmerückgewinnungsgrad.

Elektrisches Wirkungsverhältnis

Die von dem Wohnungslüftungsgerät bereitgestellte Energie wird bei dieser Kennzahl ins Verhältnis zur verbrauchten elektrischen Leistung gesetzt. Hierzu zählen die elektrischen Verbraucher des gesamten Gerätes.

Laut DIBt geht bei der Ermittlung des Wärmebereitstellungsgrades und des elektrischen Wirkungsverhältnisses die Leistung der Ventilatoren zu 100% in die Berechnung ein. In die Temperaturerhöhung der Außenluft geht die elektrische Leistungsaufnahme des Zulüfters zu 100% ein.

Leistungszahl der Wärmepumpe (COP, Coefficient of Performance)

Die Leistungszahl gibt das Verhältnis der Heizleistung (Nutzwärmestrom) zur elektrischen Wirkleistung der Wärmepumpe bei konstanten Randbedingungen an.

Primärenergieeinsparung

Die Energieeinsparung eines Wohnungslüftungsgerätes ist sowohl abhängig vom Wärmebereitstellungsgrad als auch vom elektrischen Wirkungsverhältnis. Durch die Bilanzierung der rückgewonnenen und eingesetzten Energie ergibt sich ein Einsparpotential bezogen auf die Heizperiode und den Lüftungswärmebedarf. Die Primärenergieeinsparung wird dann aus der Energieeinsparung und einem Korrekturfaktor f auf den Primärenergiebedarf umgerechnet.

5 Auswertung

5.1 Sicherheits- und Konformitätsprüfung

Es wird protokolliert, welche Sicherheits- und Konformitätsnachweise vorliegen und welche Kriterien nach 3.2.2 eingehalten werden.

5.2 Dichtheitsprüfung

Die Leckagen werden als Kennlinie über den erzeugten Druck an den Punkten 50 Pa, 100 Pa, 150 Pa, 200 Pa, 250 Pa und 300 Pa dargestellt. Der externe Leckagestrom und bei Abluft/Zuluft-Geräten der interne Leckagestrom werden wie folgt ermittelt:

$$Leckage_{Extern} = \frac{\dot{V}_{Leckage_{Extern}} * 100}{\dot{V}_{Mittel}} \quad \text{in \%} \quad \text{(Gleichung 5.2-1)}$$

$$Leckage_{Intern} = \frac{\dot{V}_{Leckage_{Intern}} * 100}{\dot{V}_{Mittel}} \quad \text{in \%} \quad \text{(Gleichung 5.2-2)}$$

dabei sind:

$\dot{V}_{Leckage}$ Leckagevolumenströme in m^3/h

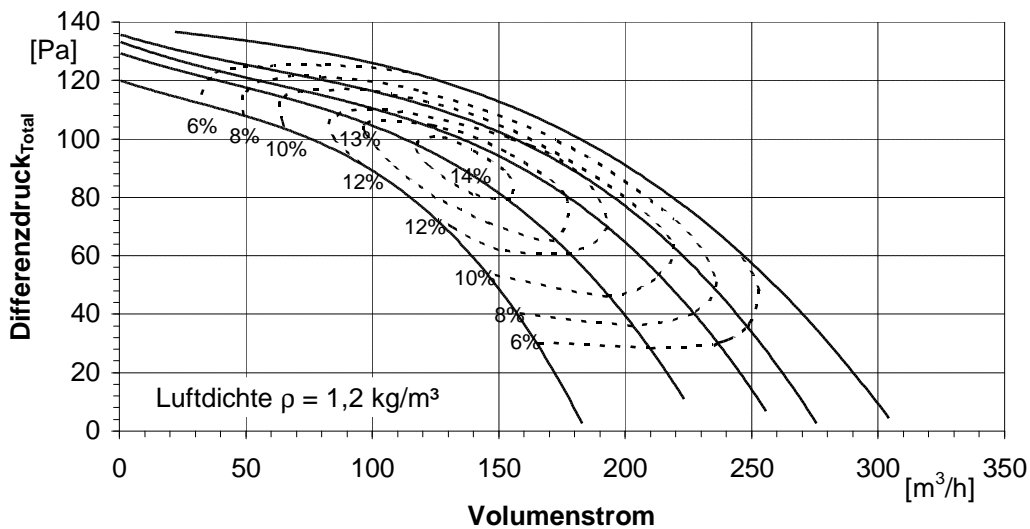
\dot{V}_{Mittel} mittlerer Betriebsvolumenstrom (wird vom Auftraggeber angegeben) in m^3/h

Der jeweilige Leckagevolumenstrom soll bei 100 Pa, gemäß den Anforderungen, nicht mehr als 5% betragen.

5.3 Lüftungstechnische Prüfung

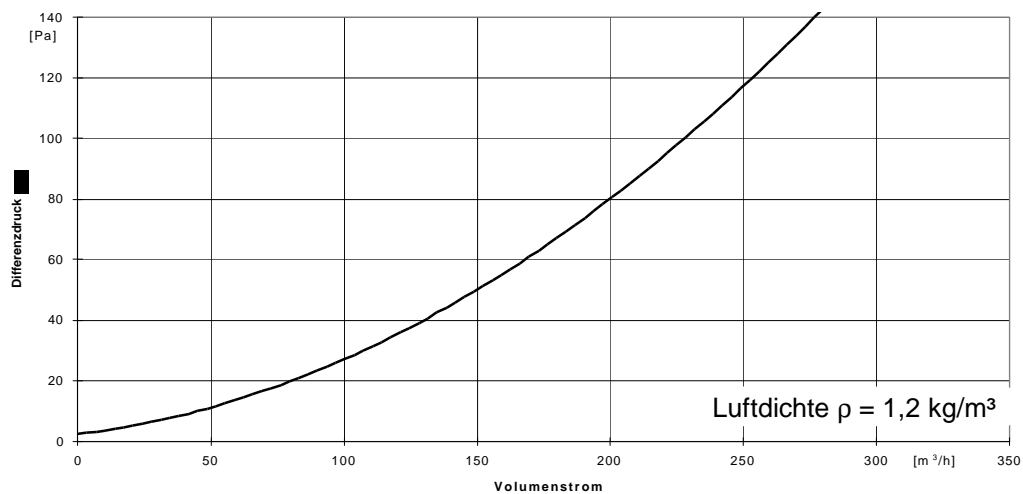
5.3.1 Einzeichnung der Wirkungsgrade in das Druck-Volumenstrom-Diagramm (Muscheldiagramm)

Muscheldiagramm



5.3.2 Erstellen einer geräteinternen Druckverlustkennlinie

Gerätekenlinie



5.4 Thermodynamische Prüfung

5.4.1 Berechnung der Ausgangsgrößen

Meßgrößen

Gemessen werden die folgenden Größen:

J	Temperatur	in °C
j	relative Feuchte	in % r.F.
\dot{V}	Luftvolumenstrom	in m ³ /h
P_{el}	elektrische Leistungsaufnahme	in W
p_a	Umgebungsluftdruck	in hPa

mit den Indices:

AU	Außenluft
ZU	Zuluft
AB	Abluft
FO	Fortluft.

Berechnete Größen

Absolute Feuchte der Luft

Für die Berechnung der absoluten Feuchten benötigt man den Partialdruck des Wasserdampfes. Dieser wird berechnet aus der Definition der relativen Feuchte:

$$j = \frac{p_D}{p''} \text{ und damit}$$

$$p_D = j \cdot p'' \quad \text{(Gleichung 5.4.1-1)}$$

mit

p_D	Partialdruck des Wasserdampfes	in Pa
p''	Sättigungsdruck des Wasserdampfes	in Pa

Der Sättigungsdruck des Wasserdampfes wird wie folgt approximiert:

$$p'' = 100 \cdot e^{19,016 - \left(\frac{4064,95}{J+236,25} \right)} \quad \text{(gültig für } J \geq 0,01 \text{ °C)} \quad \text{in Pa}$$

(Gleichung 5.4.1-2)

Der Sublimationsdruck des Wassers errechnet sich nach der Approximation:

$$p'' = 611,657 \cdot e^{22,509 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{J+273,15} \right)} \quad \text{(gültig für } J \leq 0,01 \text{ °C)} \quad \text{in Pa}$$

(Gleichung 5.4.1-3)

Damit läßt sich der Partialdruck des Wasserdampfes nach Gleichung 5.4.1-1 berechnen.

Dieser wird benötigt zur Berechnung der absoluten Feuchte aus:

$$x = 0,622 \cdot \frac{j \cdot \frac{p''}{100}}{p_a - j \cdot \frac{p''}{100}} \quad \text{in } \frac{\text{kg}_{\text{Wasser}}}{\text{kg}_{\text{tr. Luft}}} \quad (\text{Gleichung 5.4.1-4})$$

mit:

$$x \quad \text{Absolute Feuchte} \quad \text{in } \frac{\text{kg}_{\text{Wasser}}}{\text{kg}_{\text{tr. Luft}}}$$

$$\frac{M_{\text{Wasser}}}{M_{\text{Luft}}} = \frac{18,01 \text{ kg / kmol}}{28,95 \text{ kg / kmol}} = 0,622$$

$$[p''] = Pa$$

$$[p_a] = hPa$$

Dichte feuchter Luft

Um die Dichte der feuchten Luft wie folgt berechnen zu können muß zunächst die absolute Feuchte nach Gleichung 5.4.1-4 bestimmt werden.

$$r = \frac{1+x}{1+1,61 \cdot x} \cdot \frac{p_a}{R_L \cdot (J+273,15)} \quad \text{in kg/m}^3 \quad (\text{Gleichung 5.4.1-5})$$

Hierin sind:

$$r \quad \text{Dichte der feuchten Luft} \quad \text{in kg/m}^3$$

$$R_L \quad \text{Gaskonstante der trockenen Luft} \quad R_L = 287,2 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}$$

mit:

$$\frac{R_{\text{Wasserdampf}}}{R_L} = \frac{461,5 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}}{287,2 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}} = 1,61$$

Massenstrom trockener Luft

Der Volumenstrom der *feuchten* Luft ist definiert als:

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{r} \cdot 3600 \quad \text{in m}^3/\text{h} \quad (\text{Gleichung 5.4.1-6})$$

Hierin ist:

$$\dot{m} \quad \text{Massenstrom} \quad \text{in kg/s}$$

Für die nachfolgend beschriebenen spezifischen Größen wird jedoch stets ein Bezug auf den Trockenluftmassenstrom benötigt. Der Massenstrom trockener Luft berechnet sich nach:

$$\dot{m}_r = \frac{\dot{m}}{1+x} \quad \text{in kgtr. Luft/s} \quad (\text{Gleichung 5.4.1-7})$$

Der Quotient $\frac{\dot{m}_{ZU}}{\dot{m}_{AB}}$ wird als Massenstromverhältnis bezeichnet.

Die Prüfung erfolgt bei einem Massenstromverhältnis von 1.

Enthalpiestrom bezogen auf den Trockenluftmassenstrom

Für die spezifische Enthalpie *feuchter* Luft bezogen auf den *Trockenluftmassenstrom* gilt:

$$h_{1+x} = c_{pL} \cdot \mathbf{J} + x \cdot (r_0 + c_{pW} \cdot \mathbf{J}) \quad \text{in } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{tr.Luft}}} \quad (\text{Gleichung 5.4.1-8})$$

Hierin sind:

h_{1+x}	spezifische Enthalpie der feuchten Luft (Bezug: \dot{m}_{tr})	in $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{tr.Luft}}}$
c_{pL}	Spezifische isobare Wärmekapazität der trockenen Luft	$c_{pL} = 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
c_{pW}	Spezifische isobare Wärmekapazität des Wassers	$c_{pW} = 1,86 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
r_0	spezifische Verdampfungsenthalpie von Wasser bei 0°C	$r_0 = 2500 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
\mathbf{J}	Lufttemperatur	in °C
x	Absolute feuchte der Luft	in $\frac{\text{kg}_{\text{Wasser}}}{\text{kg}_{\text{tr.Luft}}}$

Der Enthalpiestrom feuchter Luft bezogen auf den Trockenluftmassenstrom ergibt sich durch Multiplikation des Trockenluftmassenstroms mit der spezifischen Enthalpie:

$$\dot{H} = \dot{m}_{tr} \cdot h_{1+x} \quad \text{in kW} \quad (\text{Gleichung 5.4.1-9})$$

mit:

$$\dot{H} \quad \text{Enthalpiestrom feuchter Luft bezogen auf den Trockenluftmassenstrom} \quad \text{in kW}$$

Durch Einsetzen von Gleichung 5.4.1-7 und 5.4.1-8 ergibt sich die Bestimmungsgleichung für den Enthalpiestrom feuchter Luft bezogen auf den Trockenluftmassenstrom zu :

$$\dot{H} = c_{pL} \cdot \mathbf{J} + x \cdot (r_0 + c_{pW} \cdot \mathbf{J}) \cdot \frac{\dot{m}}{1+x} \quad \text{in kW} \quad (\text{Gleichung 5.4.1-10})$$

Die Größen c_{pL} , c_{pW} und r_0 können für den Anwendungsbereich dieses Prüfreglements mit hinreichender Genauigkeit als konstant angenommen werden (Werte siehe oben). Die Alternative, die Werte durch Approximationsgleichungen in Abhängigkeit von der Temperatur zu ermitteln wird nicht angewendet.

Grundlage für die Gleichungen 5.4.1-1 bis 5.4.1-10 : Baehr, Thermodynamik, 8.Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1992

5.4.2 Berechnung thermodynamischer Kenngrößen

Wärmebereitstellungsgrad

$$h'_W = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{\dot{H}_{ZU}^* - \dot{H}_{AU}} \cdot 100 \quad \text{in \%} \quad (\text{Gleichung 5.4.2-1})$$

dabei sind:

h'_W Wärmebereitstellungsgrad in %

\dot{H} Enthalpiestrom (Indices laut 5.4.1) in W

Hier wird von gleichen Massenströmen auf der Zu- und Abluftseite des Lüftungsgerätes ausgegangen (Massenstromverhältnis = 1). Der Enthalpiestrom \dot{H}_{ZU}^* kennzeichnet den Luftzustand, den die bereits auf Raumtemperatur erwärmte Luft hat, bevor ihr im Raum Feuchte zugeführt wird:

$$\dot{H}_{ZU}^* = \dot{H}(T_{AB}; x_{AU}) \quad \text{in W} \quad (\text{Gleichung 5.4.2-2})$$

Elektrisches Wirkungsverhältnis

$$e_{El} = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{P_{El,Ges}} \quad (\text{Gleichung 5.4.2-3})$$

dabei sind:

e_{El} elektrisches Wirkungsverhältnis *dimensionslos*

$P_{el,Ges}$ Elektrische Wirkleistung des Gesamtgerätes in W

Leistungszahl (bei Geräten mit Wärmepumpe)

$$e_{WP} = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{P_{El,WP}} \quad (\text{Gleichung 5.4.2-4})$$

dabei sind:

e_{WP} Leistungszahl der Wärmepumpe *dimensionslos*

$P_{el,WP}$ Elektrische Wirkleistung der Wärmepumpe in W

Rechnerisch ermittelte Primärenergieeinsparung

$$\Delta PE = \frac{h_W * \left(f_{fossil} - \frac{f_{Strom}}{e_{EL}} \right)}{f_{fossil}} \quad \text{(Gleichung 5.4.2-5)}$$

mit:

ΔPE	rechnerisch ermittelte Primärenergieeinsparung	in %
h_W	Wärmebereitstellungsgrad	in %
$f_{fossil} = 1,15$	Umrechnungsfaktor auf Primärenergie für fossile Energieträger	<i>dimensionslos</i>
$f_{Strom} = 2,99$	Umrechnungsfaktor auf Primärenergie für Strom	<i>dimensionslos</i>
(GEMIS-Daten, Fichtner Studie Mai 1996)		
ϵ_{EL}	elektrisches Wirkungsverhältnis	<i>dimensionslos</i>

Äquivalenter Wärmebereitstellungsgrad

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 (Gleichung 5.4.2-5) ein äquivalenter Wärmebereitstellungsgrad berechnet werden:

$$h'_{W, \text{äquivalent}} = \frac{\Delta PE \cdot f_{fossil}}{\left(f_{fossil} - \frac{f_{Strom}}{e_{El}} \right)} \quad \text{(Gleichung 5.4.2-6)}$$

mit:

$h'_{W, \text{äquivalent}}$	äquivalenter Wärmebereitstellungsgrad	in %
ΔPE	rechnerisch ermittelte Primärenergieeinsparung	in %
e_{El}	elektrisches Wirkungsverhältnis	<i>dimensionslos</i>

Unter der Annahme, daß das elektrische Wirkungsverhältnis (vgl. Gleichung 5.4.2-3) nach den Anforderungen der WSchV '95 für Geräte mit Wärmepumpe $\epsilon_{El} = 4$ und ohne Wärmepumpe $\epsilon_{El} = 5$ betragen muß, sind alle Größen im rechten Term der Gleichung 5.4.2-6 bekannt. Damit ergibt sich für den äquivalenten Wärmebereitstellungsgrad folgender Zusammenhang:

$$\text{Geräte mit Wärmepumpe: } \eta'_{W, \text{äquivalent}} = \frac{1,15 \cdot \Delta PE}{\left(1,15 - \frac{2,99}{4} \right)} = 2,86 \cdot \Delta PE \quad \text{(Gleichung 5.4.2-7)}$$

$$\text{Geräte ohne Wärmepumpe: } \eta'_{W, \text{äquivalent}} = \frac{1,15 \cdot \Delta PE}{\left(1,15 - \frac{2,99}{5} \right)} = 2,08 \cdot \Delta PE \quad \text{(Gleichung 5.4.2-8)}$$

5.5 Kennzeichnung zulässiger Betriebsbereiche im Kennfeld

5.5.1 Grundlage der Kennzeichnung

Die Ermittlung und Kennzeichnung der zulässigen Betriebsbereiche geschieht graphisch im Kennlinienfeld (5.5.2) des Wohnungslüftungsgeräts und wird nach folgender Bilanzierung durchgeführt.

Zu Anfang wird die durch das Wohnungslüftungsgerät bereitgestellte Energiemenge berechnet.

$$\dot{Q}_{Zu,ges} = \dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU} \quad \text{in W} \quad \text{(Gleichung 5.5-1)}$$

Die durch das Lüftungsgerät zugeführte thermische Leistung ergibt sich aus den zu berechnenden Enthalpieströmen. Der darin enthaltene Massenstrom läßt auf den dazugehörigen Volumenstrom schließen. Mit Hilfe dieser Angaben kann für jeden Punkt im Kennfeld das elektrische Wirkungsverhältnis des Gerätes bestimmt werden.

$$e_{IST} = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{P_{EL,GES}} \quad \text{dimensionslos} \quad \text{(Gleichung 5.5-2)}$$

Durch eine festgelegte Primärenergieeinsparung und einem bekannten Wärmebereitstellungsgrad ergibt sich ein minimal notwendiges elektrisches Wirkungsverhältnis

$$e_{SOLL} = \frac{f_{Strom}}{f_{fossil} - \frac{\Delta PE \cdot f_{fossil}}{h_w}} \quad \text{in W} \quad \text{(Gleichung 5.5-3)}$$

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

$$\frac{f_{Strom}}{f_{fossil} - \frac{\Delta PE \cdot f_{fossil}}{h_w}} \leq \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{P_{EL,GES}} \quad \text{dimensionslos} \quad \text{(Gleichung 5.5-4)}$$

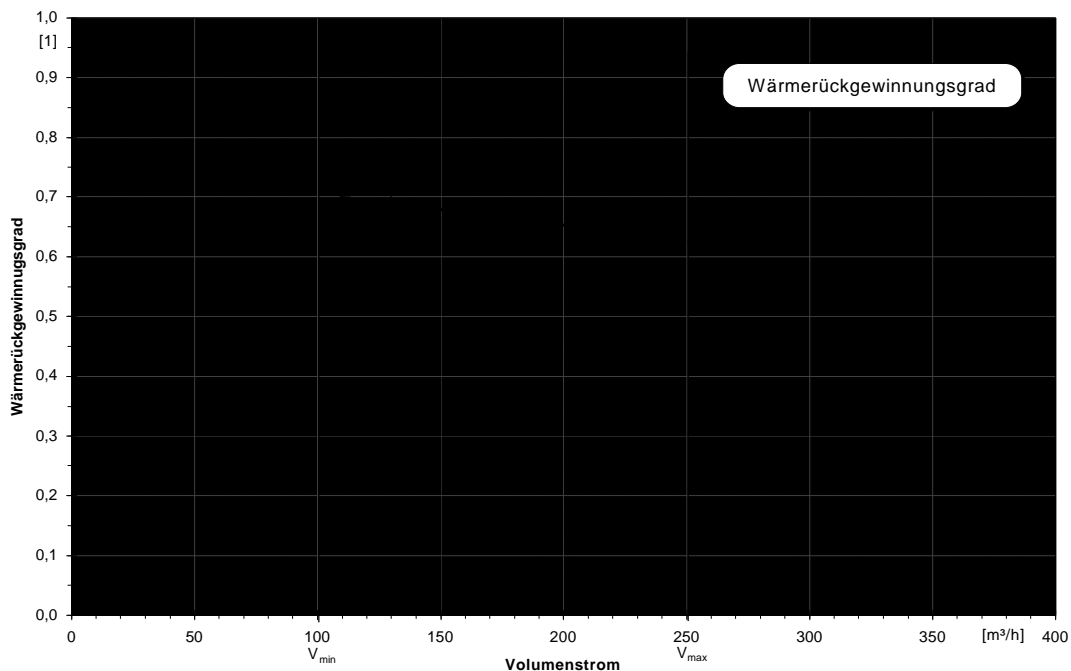
5.5.2 Konstruktion von Kennfeldern zur Beurteilung von Wohnungslüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung

Das elektrische Wirkungsverhältnis, die Primärenergieeinsparung, der äquivalente Wärmerückgewinnungsgrad sowie der Abminderungsfaktor (lt. Wärmeschutzverordnung) sollen als Kennfeld in das Druck-Volumenstrom-Diagramm der Lüftungsgeräte eingetragen werden.

Um die thermische Leistung an jedem Volumenstrompunkt auf der Abszisse zu kennen, muß der Bereich außerhalb des Gemessenen konstruiert werden. Auf der Grundlage einer Forschungsarbeit [1] der Universität Dortmund wird angenommen, daß die thermische Leistung eines Lüftungsgeräts innerhalb des Volumenstrom-Einsatzbereichs linear verläuft (*Diagramm 5.5.2-1, Gerade entlang der gestrichelten Linie*).

Das folgende Beispiel soll zeigen, wie die Kennfelder nachvollziehbar und plausibel konstruiert werden können. Stellvertretend für die thermische Leistung eines Geräts wird zunächst die Abhängigkeit des Wärmerückgewinnungsgrads zum Volumenstrom betrachtet. In diesem Beispiel ist der Volumenstrom-Einsatzbereich von 100-250 m³/h angegeben worden. Die Meßpunkte wurden mit 130 und 205 m³/h festgelegt.

Diagramm 5.5.2-1: Wärmerückgewinnungsgrad



[1] Erarbeitung praktikabler, systemorientierter Leistungskennzahlen zur Überwachung der technischen Anforderungen an mechanische Wohnungslüftungsanlagen und ihres Stromverbrauchs. (Nov. 1995)

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse, können die Kennfelder angefertigt werden.

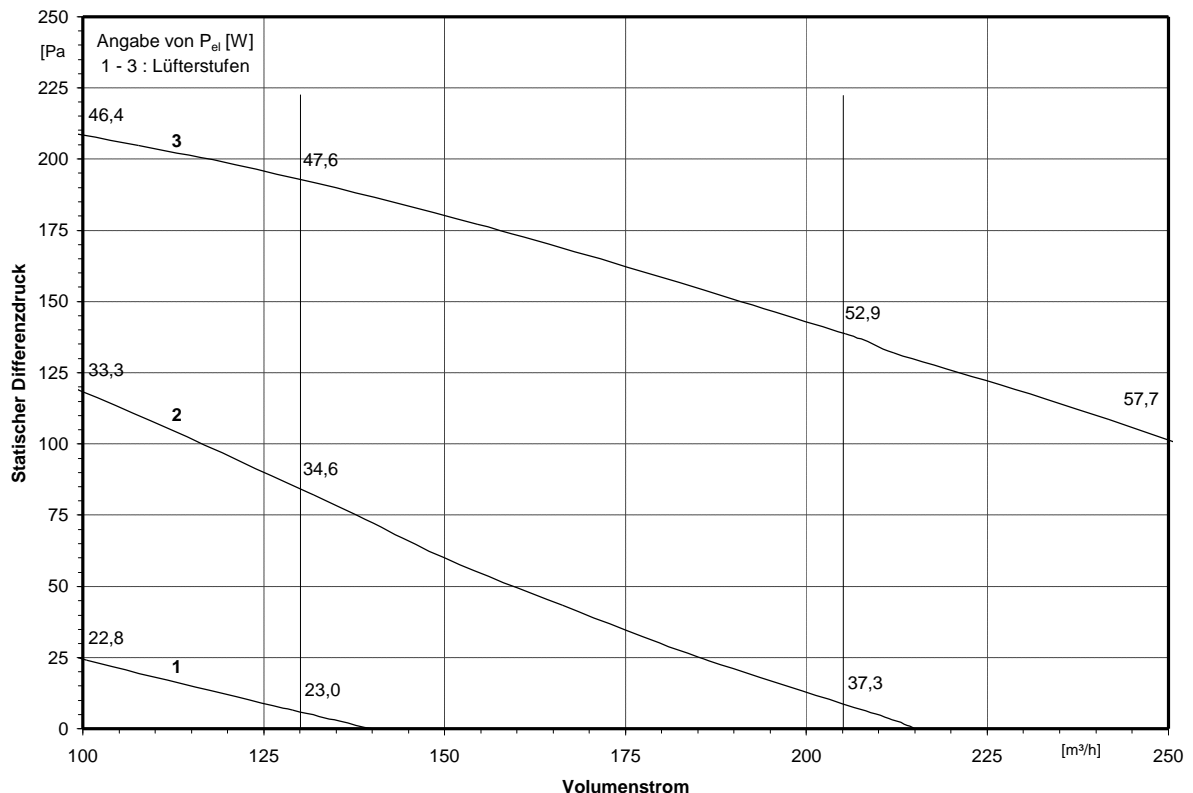
Kennfeld mit den Bereichen gleichen elektrischen Wirkungsverhältnisses

Das elektrische Wirkungsverhältnis ergibt sich aus dem Quotienten aus thermischer und elektrischer Leistung.

$$e_{IST} = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{P_{EL,GES}} \quad (\text{Gleichung 5.5.2-1})$$

Zur Ermittlung der elektrischen Wirkleistung werden im Druck-Volumenstromdiagramm (Diagramm 5.5.2-2) an den gemessenen Volumenströmen und im Abstand von max. 1:1,6 Orthogonale zur Abszisse eingezeichnet (im Diagramm bei 130 m³/h und 205 m³/h). An den Schnittpunkten der Senkrechten mit den Druck-Volumenstromkennlinien kann die elektrische Wirkleistung angegeben werden.

Diagramm 5.5.2-2: elektrische Wirkleistung an den Schnittpunkten der Orthogonalen mit den Druck-Volumenstrom-Kennlinien



Um die thermische Leistung an verschiedenen Volumenstrommeßpunkten zu erhalten, muß die Energiemenge pro Kubikmeter Luft bekannt sein.

Für das elektrische Wirkungsverhältnis wird die Enthalpiedifferenz aus Zu- und Außenluft benötigt. Der jeweilige Enthalpiestrom errechnet sich aus:

$$\dot{H} = (\mathbf{J}^* c_p + x^* (r_0 + \mathbf{J}^* c_{p_D})) \cdot \frac{\dot{m}}{1+x} \quad \text{in kW} \quad (\text{Gleichung 5.5.2-2})$$

An den Meßpunkten (130 und 205 m³/h) kann die volumenstrombezogene Enthalpiedifferenz (Energie) angegeben werden.

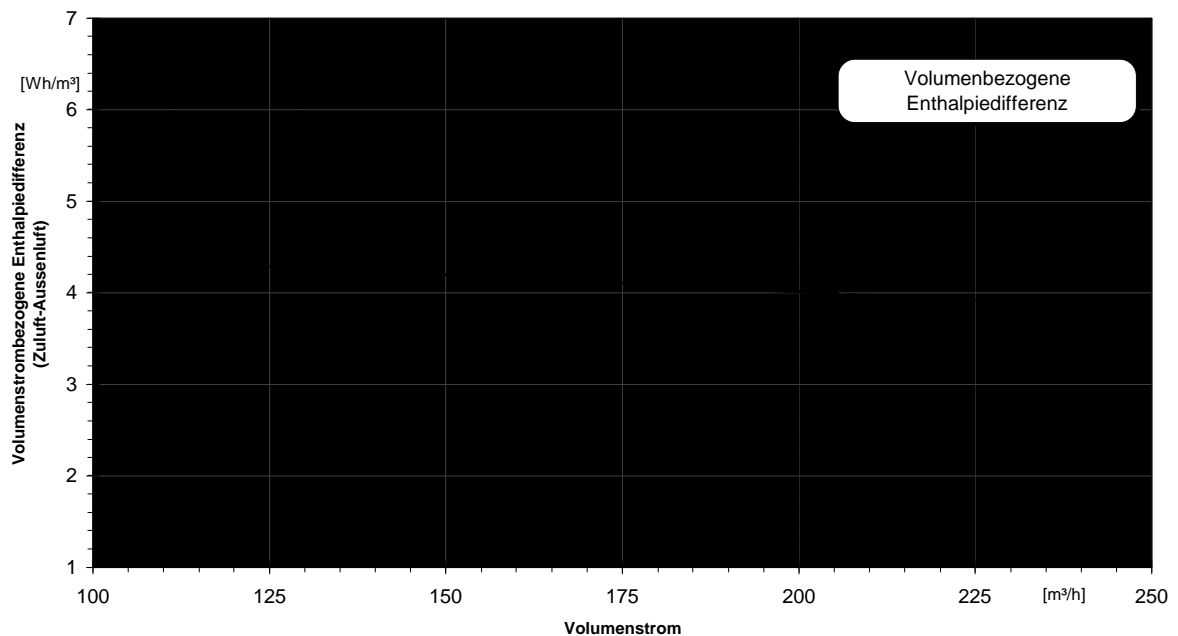
$$h_{vol} = \frac{\dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU}}{\dot{V}} \quad \text{in kWh/m}^3 \quad (\text{Gleichung 5.5.2-3})$$

Das Produkt aus volumenstrombezogener Energie und Volumenstrom ergibt die vom Lüftungsgerät bereitgestellte Luftleistung.

$$\dot{Q}_{ZU,GES} = \dot{H}_{ZU} - \dot{H}_{AU} = h_{vol} \cdot \dot{V} \quad \text{in kW} \quad (\text{Gleichung 5.5.2-4})$$

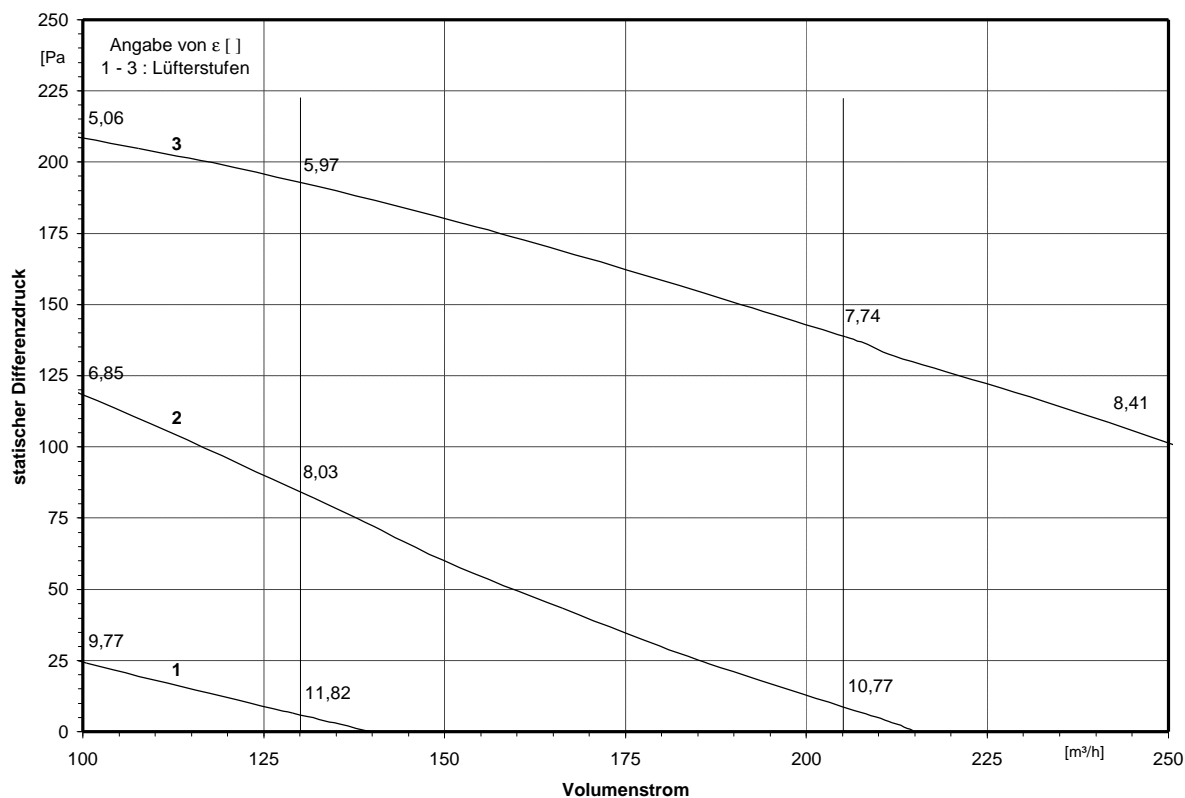
Mit Hilfe der linearen Trendlinie (Diagramm 5.5.2-3) kann dem Volumenstrom eine volumenstrombezogene Enthalpiedifferenz zugeordnet werden.

Diagramm 5.5.2-3: Ermittlung der volumenstrombezogenen Enthalpiedifferenz (thermische Leistung) aus Zuluft und Außenluftstrom



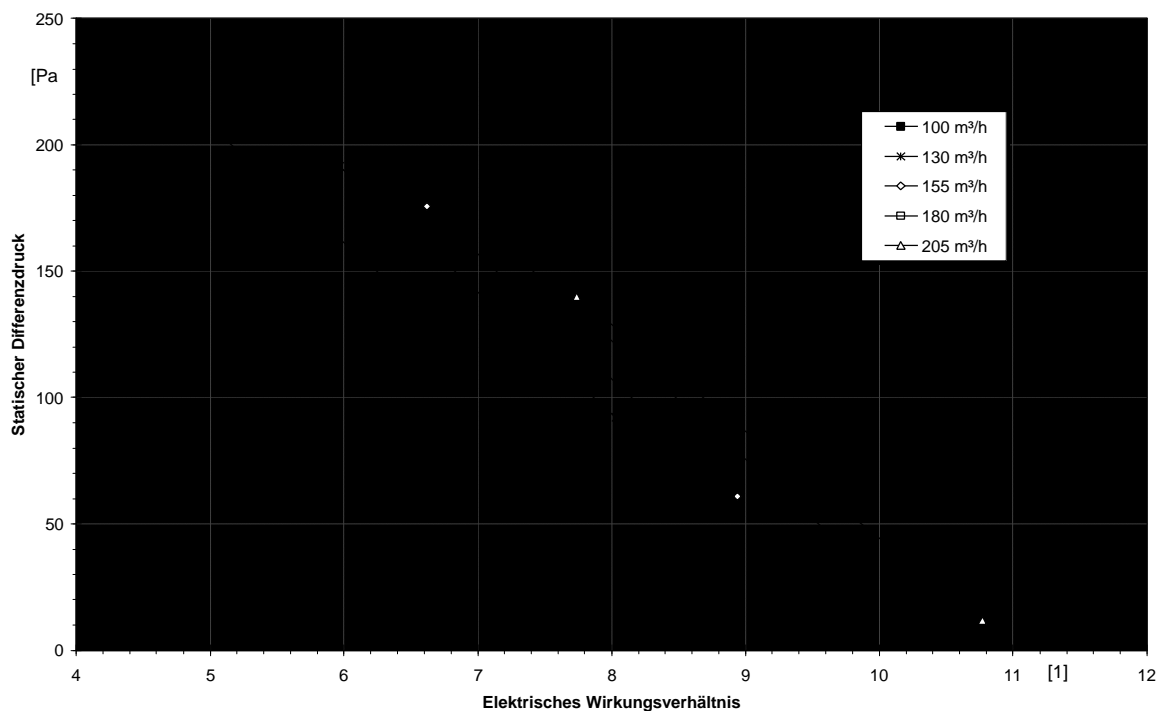
Das elektrische Wirkungsverhältnis kann jetzt gemäß der Gleichung 5.5.2-1 an jedem Punkt (Diagramm 5.5.2-2) berechnet werden. Es wird an jedem Schnittpunkt mit der Druck-Volumenstrom-Kennlinie angegeben.

Diagramm 5.5.2-4: elektrische Wirkungsverhältnis an den Schnittpunkten der Orthogonalen mit den Druck-Volumenstrom-Kennlinien



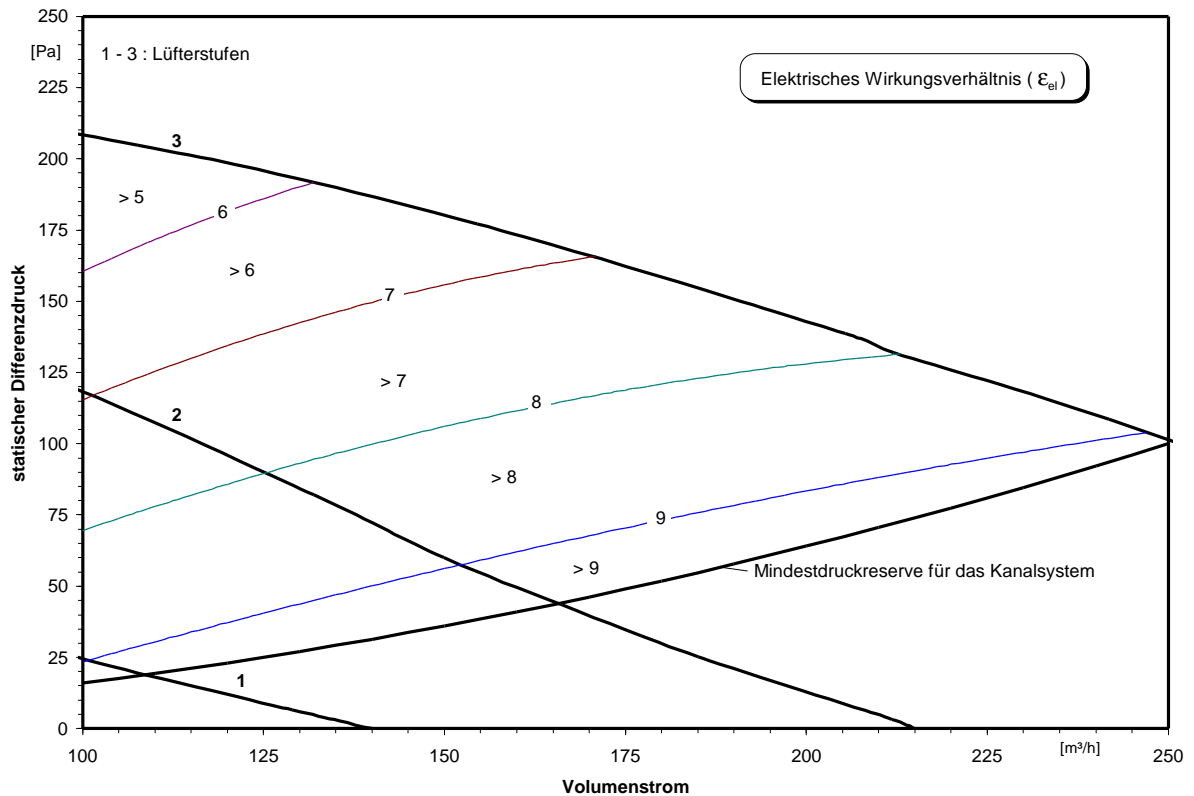
Um die ganzzahligen Punkte auf der jeweiligen Orthogonalen zu erhalten wird zwischen den Schnittpunkten interpoliert.

Diagramm 5.5.2-5: Ermittlung der ganzzahligen Punkte an den einzelnen Volumenströmen



Die ganzzahligen Punkte lassen sich nun ermitteln und auf die jeweilige Orthogonale im Kennfeld übertragen. Sie werden verbunden und ergeben das folgende Kennfeld.

Diagramm 5.5.2-6: Bereiche gleichen elektrischen Wirkungsverhältnisses



Hinweis !

Die konstruierten Bereiche müssen schraffiert dargestellt werden, da es sich nicht um Meßwerte handelt. Der Sachverhalt muß auch im Prüfbericht deutlich gemacht werden. Die tatsächlichen Meßpunkte werden in die Kennfelder eingezeichnet.

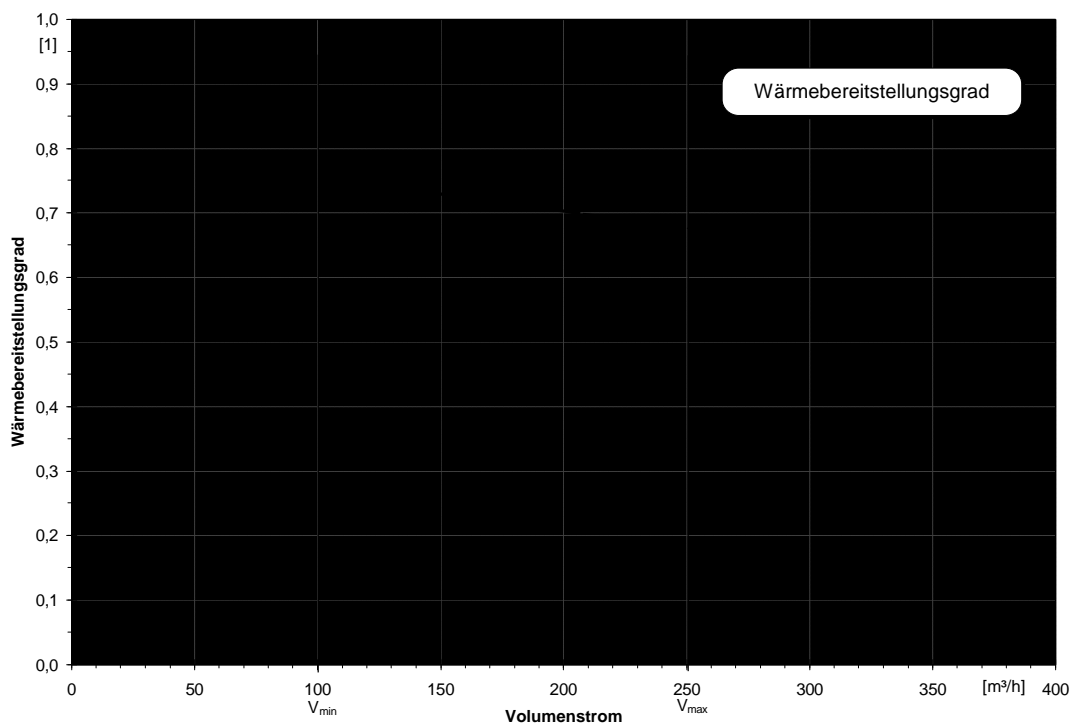
Kennfeld mit den Bereichen gleicher Primärenergieeinsparung

Zur Berechnung der Primärenergieeinsparung ist neben dem bekannten elektrischen Wirkungsverhältnis auch der Wärmebereitstellungsgrad notwendig.

$$\Delta PE = \frac{h_W * \left(f_{fossil} - \frac{f_{Strom}}{e_{EL}} \right)}{f_{fossil}} * 100 \quad \text{in \%} \quad \text{Gleichung 5.5.2-5}$$

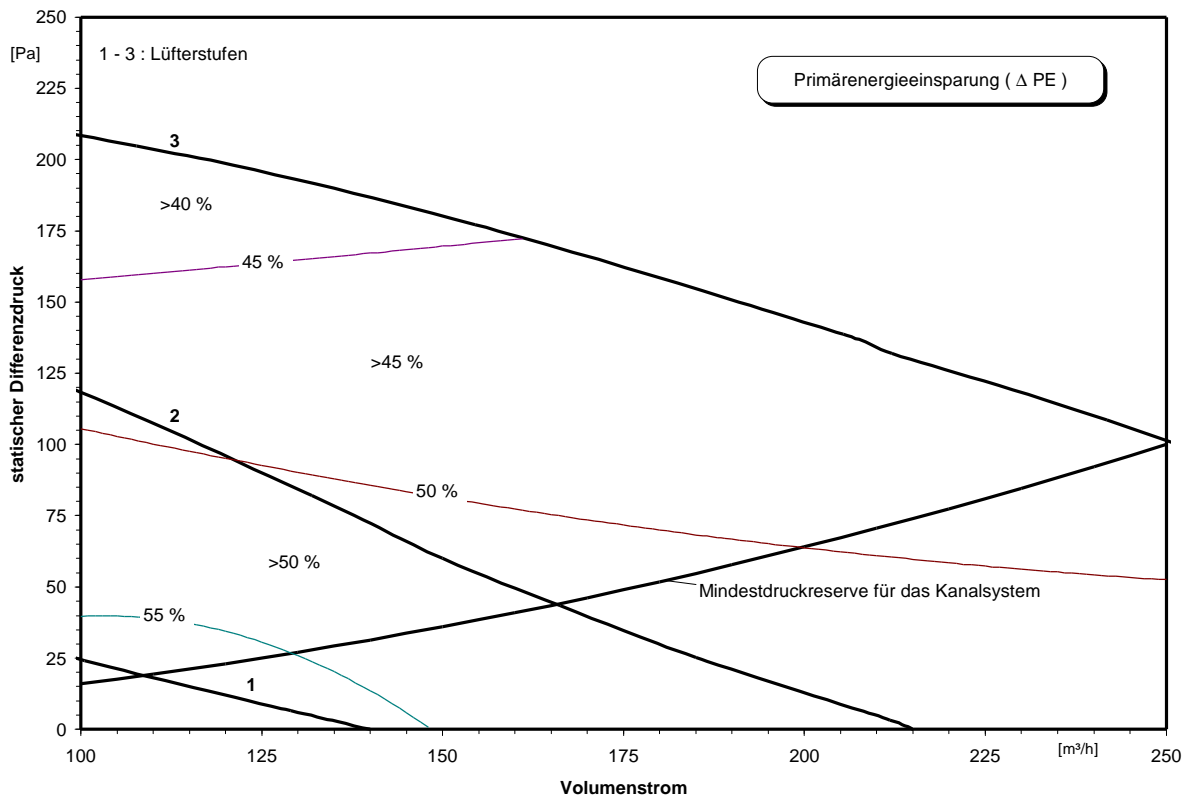
Der Wärmebereitstellungsgrad ist an den Meßpunkten bekannt. Durch eine lineare Trendlinie wird der Wärmebereitstellungsgrad an den fiktiven Volumenstrompunkten ermittelt.

Diagramm 5.5.2-7: Wärmebereitstellungsgrad



Die Primärenergieeinsparung wird anhand der Gleichung (5.5.2-5) errechnet und an jedem Schnittpunkt der Orthogonalen mit der Druck-Volumenstrom-Kennlinie angegeben. Ab hier ist das Procedere analog zum elektrischen Wirkungsverhältnis (ab Diagramm 5.5.2-4).

Diagramm 5.5.2-8: Bereiche gleicher Primärenergieeinsparungen



**Kennfeld mit den Bereichen gleicher Abminderungsfaktoren
(lt. Wärmeschutzverordnung)**

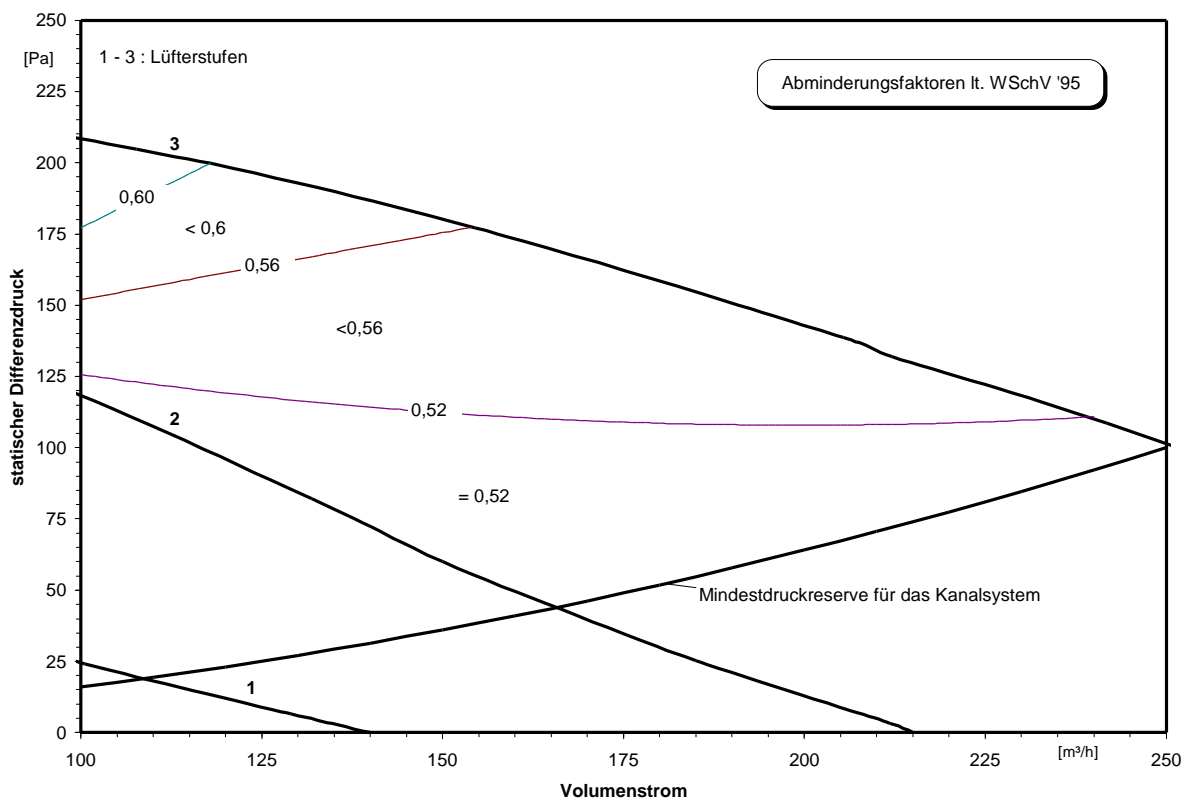
Die Ermittlung dieser Bereiche geschieht analog zu denen der Primärenergieeinsparung, denn für den äquivalenten Wärmerückgewinnungsgrad gilt:

$$\eta_{WRG \text{ äquiv.}} = f(\Delta PE)$$

Der Abminderungsfaktor berechnet sich anhand des äquivalenten Wärmerückgewinnungsgrades, denn es gilt:

$$f_{Abmind.} = f(\eta_{WRG \text{ äquiv.}})$$

Diagramm 5.5.2-9: Bereiche gleicher Abminderungsfaktoren (lt. Wärmeschutzverordnung)



6 Ergebnisdarstellung

Es werden zwei verschiedene Ergebnisdarstellungen erstellt.
Verantwortlich für die Ergebnisdarstellungen ist der Prüfstellenleiter .

6.1 Ergebnisdarstellung A - Vollständiger Prüfbericht

Dieser Prüfbericht enthält die kompletten, detaillierten Prüfungsunterlagen gemäß der Norm DIN EN 45001 und ist Bestandteil der Prüfung. Der Bericht wird nur an den jeweiligen Auftraggeber ausgegeben.

6.2 Ergebnisdarstellung B - zur Vorlage beim deutschen Institut für Bautechnik

Der Prüfbericht B wird auf der Grundlage der Prüf- und Zulassungskriterien des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) erstellt. In diesem Prüfbericht werden ausschließlich die für die Zulassung erforderlichen Angaben gemacht.

6.3 Inhalt der Ergebnisdarstellungen

6.3.1 Ergebnisdarstellung A - (Vollständiger Prüfbericht nach DIN EN 45001)

1 Einleitung

2 Eingangskontrolle / Erfassung des Geräts

- 2.1 Photo des geöffneten Prüflings
- 2.2 Herstellerfirma
- 2.3 Erfassung des Geräts
- 2.4 Gerätekenzeichnung (Typenschild)
- 2.5 Bedienungs- und Montageanleitung
- 2.6 Technische Daten
 - 2.6.1 Gerätedaten / Anschlüsse
 - 2.6.2 Filter
 - 2.6.3 Ventilatoren
 - 2.6.4 Regelung der Ventilatoren
 - 2.6.5 Wärmeübertrager
 - 2.6.6 Sonstige elektrische Verbraucher
- 2.7 Sonstige elektrische Verbraucher
- 2.8 Einsatzgrenzen

3 Aussagen zu den bauaufsichtlichen Anforderungen

4 Prüfung der internen und externen Leckagen

- 4.1 Kennlinie der externen Leckagen
- 4.2 Kennlinie der internen Leckagen
- 4.3 Angabe der internen und externen Leckagen
- 4.4 Umgebungsbedingungen und Fehler der Leckagemessung

5 Lüftungstechnische Prüfung

- 5.1 Druck-Volumenstrom-Kennlinie mit Lüfterwirkungsgraden
- 5.2 Geräteinterne Druckdifferenz
- 5.3 Umgebungsbedingungen und Fehler der Lüftungstechnischen Prüfung

6 Thermodynamische Prüfung

- 6.1 Wärmerückgewinnungsgrad
- 6.2 Wärmebereitstellungsgrad
- 6.3 Kennfeld mit den Bereichen gleichen Wirkungsverhältnisses
- 6.4 Kennfeld mit den Bereichen gleicher Primärenergieeinsparung
- 6.5 Kennfeld mit den Bereichen gleicher äquivalenter Wärmerückgewinnungsgrade
- 6.6 Kennfeld mit den Bereichen gleicher Abminderungsfaktoren
- 6.7 Darstellung des Energiestroms der Zuluft

Anhang1 Meßdaten und berechnete Größen

- 1.1 Dichtheitsprüfung
- 1.2 Lüftungstechnische Prüfung
- 1.3 Thermodynamische Prüfung
- 1.4 Konstruktionsdiagramme für die Kennfelder (Pkt. 6.3-6.6)

Anhang 2 Fehlerbetrachtungen

- 2.1 Dichtheitsprüfung
- 2.2 Lüftungstechnische Prüfung
- 2.3 Thermodynamische Prüfung

6.3.2 Ergebnisdarstellung B - (zur Vorlage beim deutschen Institut für Bau- technik)

Spezifikation des Wohnungslüftungsgeräts (Prüfling)

- Photo des Prüflings
- Beschreibung der Systemtechnik
- Spezifikation und technische Beschreibung des Versuchsgerätes mit den wesentlichen Angaben

Nennung der Prüfgrundlage

- Richtlinie des DIBt, LÜ A in der jeweils gültigen Fassung
- DIN 24163 T1-3
- DIN EN 308

Aussagen zu bauaufsichtlichen Anforderungen

- Allgemeine Aussagen zur Betriebssicherheit, zur Bedienung und zur Wartung einzelner Komponenten
- Ventilatoren
- Schalleistung
- Wärmeübertrager
- Wärmepumpe
- Filter
- Verhinderung des Rückströmens von Zu- und Abluft

Prüfergebnisse

Dichtheitsprüfung

- Kennlinien der externen und internen Leckagen
- Angabe der internen und externen Leckagen bei Prüfdruck 100 Pa

Lüftungstechnische Prüfung

- Druck- Volumenstrom- Kennlinien für Zuluft und Abluft
- Nennung der Ventilator-Spannungsstufen

Thermodynamische Prüfung

- Wärmerückgewinnungsgrad
- Wärmebereitstellungsgrad
- Praxisbezogenes Kennfeld mit den Bereichen gleichen elektrischen Wirkungsverhältnisses (ϵ_{el})
- Praxisbezogenes Kennfeld mit den Bereichen gleicher Primärenergieeinsparung (ΔPE)
- Praxisbezogenes Kennfeld mit den Bereichen gleicher Abminderungsfaktoren nach WSchV '95)

Anhang

- Meßprotokolle der thermodynamischen Prüfung

7 Fehlerbetrachtung der Prüfergebnisse

Zur Bestimmung der Folgefehler wurde das Monte-Carlo-Verfahren verwendet.

Die Monte-Carlo-Simulation wird eingesetzt, um kostspielige oder nicht durchführbare Stichprobenverfahren zu ersetzen. Hierbei wird die tatsächliche Gesamtheit durch ihr theoretisches Abbild, das stochastische Simulationsmodell ersetzt [Sachs], wobei diese durch eine angenommene Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben wird, um dann Stichproben aus der theoretischen Gesamtheit mit Hilfe von Zufallszahlen zu entnehmen. Diese simulierten Stichproben weisen dieselbe vorgegebene stochastische Verteilung auf wie die echten Meßwerte, z.B. Gleichverteilung, Normalverteilung oder Poisson-Verteilung [Reu].

Innerhalb der Ergebnisdarstellungen wurde die Monte-Carlo-Methode zur Bestimmung der Standardabweichung der Primärenergieeinsparung herangezogen. Hierbei wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Aufstellen des stochastischen Modells zur Simulation der Schwankungen der einflußnehmenden Parameter Temperatur, Feuchte, Volumenstrom und elektrischer Energieverbrauch um den Meßwert innerhalb der Fehlergrenzen des Meßgerätes unter der Annahme der Gaußschen Normalverteilung.
2. Erzeugung von Zufallszahlen, mit deren Hilfe über das stochastische Modell aus Punkt 1 Stichproben aus der theoretischen Grundgesamtheit gezogen werden, die die realen Schwankungen der einflußnehmenden Parameter innerhalb der Fehlergrenzen des Meßgerätes simulieren.
3. Aufstellen von mathematischen Zusammenhängen zwischen den einflußnehmenden Parametern und der Primärenergieeinsparung und Berechnung der Werte der Primärenergieeinsparung für die simulierten Stichproben.
4. Bestimmung der Standardabweichung der Primärenergieeinsparung.

Die Fehler betragen unter Berücksichtigung der Meßfehler und einem angenommenen Wärmerückgewinnungsgrad von 60 %:

Wärmerückgewinnungsgrad:	5,5%
Wärmebereitstellungsgrad:	4,2%
elektrisches Wirkungsverhältnis:	6,8%
Primärenergieeinsparung:	6,0%

Literatur:

- [Sachs]: Sachs L., Angewandte Statistik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1978
[Reu]: Rubinstein R. Y., Monte carlo Optimization, Simulation and Sensitivity of Queueing Networks, John Wiley & Sons, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore, 1986

8 Freigabe und Veröffentlichung der Prüfergebnisse

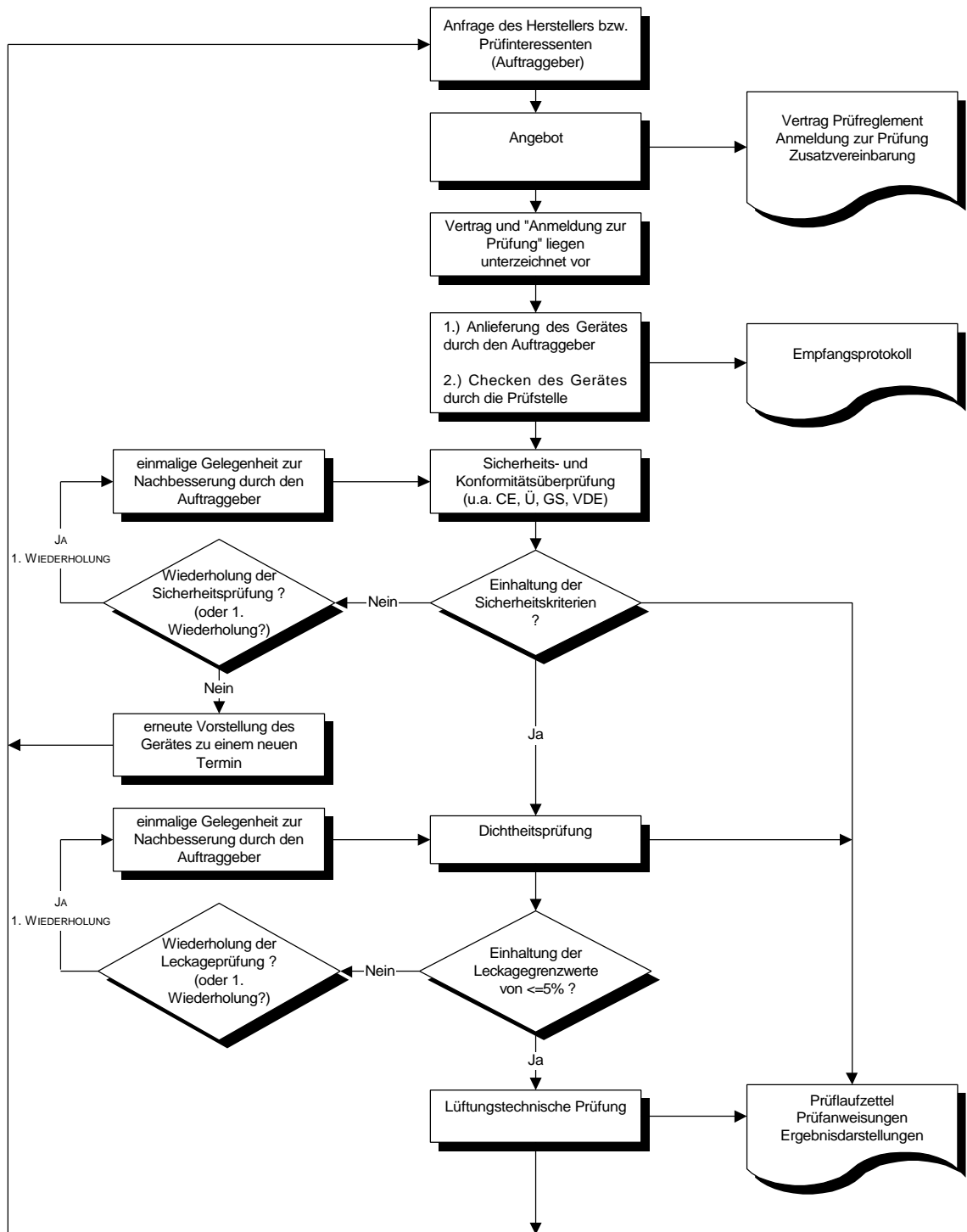
Die Ergebnisdarstellung A wird dem Auftraggeber ausgehändigt.

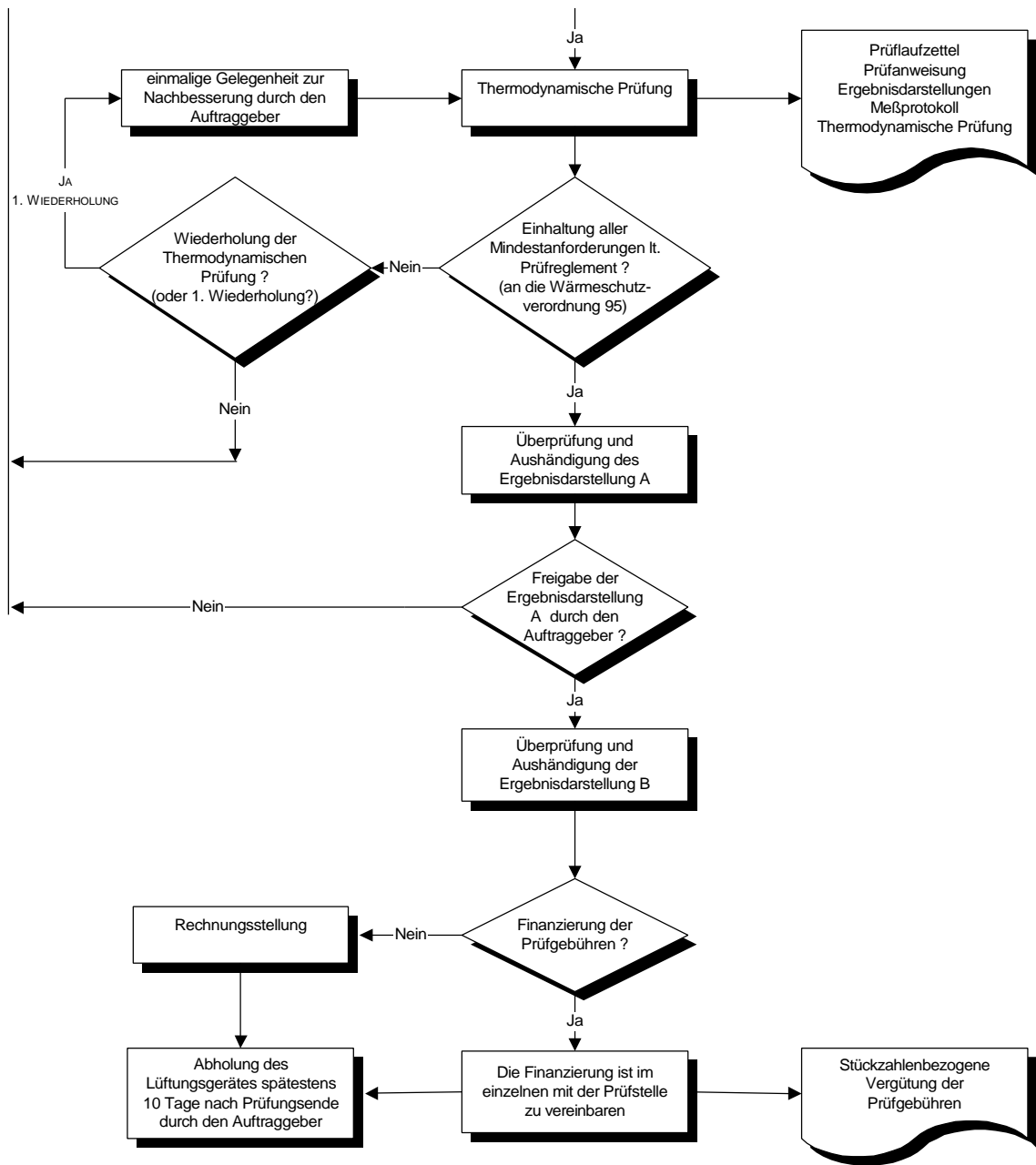
Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf das vorgestellte Gerät, daher müssen Modifikationen in der Serie der Prüfstelle mitgeteilt werden (siehe auch Punkt. 3.6. des Vertrages). Die Prüfstelle entscheidet daraufhin über eine eventuelle Nachprüfung.

Berichtigungen oder Zusätze nach der Herausgabe des Prüfberichts werden in einem gesonderten Schriftstück dokumentiert. Die Kennzeichnung erfolgt analog zum Prüfbericht.

9 Auftragsabwicklung

Die Auftragsabwicklung ist in dem folgenden Ablaufdiagramm dargestellt. Es ist chronologisch geordnet und beginnt daher mit der Anfrage des Prüfinteressenten. Darunter sind die verschiedenen Abläufe aufgezeichnet, die sich aus den Möglichkeiten ergeben, die Prüfung vorzeitig abzubrechen, Teilprüfungen zu wiederholen und die Art der Finanzierung mit der Prüfstelle abzustimmen. Am Ende des Ablaufdiagramms stehen die Rechnungsstellung durch den Auftragnehmer und die Abholung des geprüften Gerätes durch den Auftraggeber.





10 Mitgeltende Unterlagen

1. Vertrag
2. Angaben zum Prüfling (Anhang 2 zum Vertrag)