

WärmeaustauscherMessungen und Meßgenauigkeit bei der Leistungsbestimmung
Deutsche Fassung EN 306 : 1997**DIN**
EN 306

ICS 27.060.30

Ersatz für
DIN V ENV 306 : 1991-02Deskriptoren: Wärmeaustauscher, Messung, Meßverfahren, Leistung,
MeßgenauigkeitHeat exchangers – Methods of measuring the parameters necessary
for establishing the performance;
German version EN 306 : 1997Echangeurs thermiques – Méthodes de mesurage des paramètres
nécessaires à l'évaluation des performances;
Version allemande EN 306 : 1997**Die Europäische Norm EN 306 : 1997 hat den Status einer Deutschen Norm.****Nationales Vorwort**

Diese Norm wurde im Technischen Komitee CEN/TC 110 "Wärmeaustauscher" erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 306 : 1991-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- EN 306 : 1997 übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 306: 1991-02

Nationaler Anhang NA (informativ)**Literaturhinweise**

DIN 1341

Wärmeübertragung – Begriffe, Kenngrößen

DIN 5483-2

Zeitabhängige Größen – Formelzeichen

Fortsetzung 21 Seiten EN

Normenausschuß Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

ICS 27.060.30

Deskriptoren: Wärmeübertragung, Wärmeaustauscher, Begriffe, thermodynamische Eigenschaft, Messung, Strömungsmessung, Druckmessung, Temperaturmessung

Deutsche Fassung

Wärmeaustauscher

Messungen und Meßgenauigkeit bei der Leistungsbestimmung

Heat exchangers – Methods of measuring the parameters necessary for establishing the performance

Echangeurs thermiques – Méthodes de mesurage des paramètres nécessaires à l'évaluation des performances

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1997-01-10 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	3	6.4.1 Zweck	14
Einleitung	3	6.4.2 Rückverfolgbarkeit	14
1 Anwendungsbereich	3	6.4.3 Unsicherheit der Kalibrierung	14
2 Normative Verweisungen	3	6.4.4 Kalibrierintervall	14
3 Definitionen	3	6.5 Stabilität	14
3.1 Temperaturmessung	3	6.6 Angaben zur Durchflußmengenmessung	14
3.2 Messung der Durchflußmenge	4	7 Druckmessung	15
3.3 Druckmessung	4	7.1 Zweck	15
3.4 Bestimmung der Fluidbeschaffenheit	5	7.2 Meßsonden und Druckentnahmestellen	15
3.5 Allgemeine Definitionen	5	7.2.1 Gesamtdruck	15
4 Meßwertaufnahme	5	7.2.2 Statischer Druck	15
4.1 Häufigkeit der Meßwertaufnahme	5	7.2.3 Dynamischer Druck	15
4.2 Dauer der Meßwertaufnahme	5	7.2.4 Druckabfall	15
4.3 Gleichzeitige Ablesung der Meßwerte	5	7.3 Ausrüstung	16
4.4 Berechnung des Mittelwertes	6	7.3.1 U-Rohr-Manometer	16
5 Temperaturmessung	6	7.3.2 Druck-Meßwandler	16
5.1 Zweck	6	7.4 Vorbereitungen	16
5.2 Einrichtung	6	7.4.1 Einbau	16
5.2.1 Ausdehnungsthermometer	6	7.4.2 Einsatzort	16
5.2.2 Widerstandsthermometer	6	7.4.3 Statischer Meßfehler	18
5.2.3 Thermoelemente	6	7.4.4 Dynamischer Meßfehler	18
5.3 Vorbereitungen	7	7.4.5 Weitere Anforderungen an den Einbau von Druckentnahmestellen	18
5.3.1 Einbau	7	7.5 Kalibrierung	18
5.3.2 Anbringungsort	8	7.5.1 Zweck	18
5.3.3 Statischer Meßfehler	8	7.5.2 Rückverfolgbarkeit	19
5.3.4 Dynamischer Meßfehler	8	7.5.3 Unsicherheit der Kalibrierung	19
5.3.5 Weitere Anforderungen an den Einbau von Temperaturfühlern	9	7.5.4 Kalibrierintervall	19
5.4 Kalibrierung	9	7.6 Stabilität	19
5.4.1 Zweck	9	7.7 Angaben zur Druckmessung	19
5.4.2 Rückverfolgbarkeit	9	8 Fluidbeschaffenheit	19
5.4.3 Kalibrierunsicherheit	9	8.1 Zweck	19
5.4.4 Kalibrierintervall	9	8.2 Dichtebestimmung	19
5.5 Stabilität	9	8.3 Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität/Enthalpie	20
5.6 Angaben zur Temperaturmessung	9	8.4 Bestimmung des Dampfverhältnisses, (x)	20
6 Durchflußmengenmessungen	10	8.5 Bestimmung des Phasenzustandes	20
6.1 Zweck	10	8.6 Bestimmung der Viskosität	20
6.2 Einrichtung	10	8.7 Bestimmung der Massenverhältnisse	20
6.2.1 Herkömmliche Meßverfahren für Flüssigkeiten und Gase	10	9 Anforderungen an periphere Einrichtungen und Medien	20
6.2.2 Meßverfahren für flüssige Durchflußmengen	12	9.1 Periphere Einrichtung	20
6.2.3 Messung zweiphasiger Strömungen	12	9.1.1 Regelsystem	20
6.3 Vorbereitungen	13	9.1.2 Erhitzer und Kühler	20
6.3.1 Einbau	13	9.1.3 Strömungen	21
6.3.2 Einsatzort	13	9.1.4 Drücke	21
6.3.3 Statischer Meßfehler	13	9.2 Medien	21
6.3.4 Dynamischer Meßfehler	13	9.2.1 Alterung	21
6.3.5 Weitere Anforderungen an den Einbau von Durchflußmengenmessern	14	9.2.2 Filtration	21
6.4 Kalibrierung	14	10 Prüfbericht	21
		10.1 Laboratoriums- und Abnahmeprüfung	21

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 110 "Wärmeaustauscher" erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument wurde 1990 als Europäische Vornorm (ENV) übernommen und es wurden keine technischen Änderungen vorgenommen.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 1997, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 1997 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Einleitung

Diese Europäische Vornorm ist Teil einer Reihe Europäischer Normen über Wärmeaustauscher.

Wenn das Ergebnis einer Leistungsermittlung eines Wärmeaustauschers aussagekräftig sein soll, ist es notwendig, mit bekannten Meßgeräten, Meßwandlern und nach allgemein bekannten Methoden zu messen.

Die Norm beschäftigt sich mit unterschiedlichen Meßgeräten, Meßwandlern und Methoden für die Messung der Temperaturen, Durchflußmengen, Drücke und Fluidbeschaffenheit für Wärmeaustauscher.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Europäische Norm beschreibt Methoden und Meßgenauigkeit für Temperatur, Druck, Fluidbeschaffenheit und Massenstrom unterschiedlicher Fluide und wie der Druckabfall durch einen Wärmeaustauscher zu bestimmen ist.

Die Messungen beschränken sich auf die, die für die Leistungsermittlung der in der EN 247 eingeteilten Wärmeaustauscher mit Hilfe der in EN 247 aufgeführten Fluide notwendig sind.

Diese Europäische Norm gilt bei Verweisungen auch für verschiedene sich überschneidende Fachbereiche.

Die spezifische Anwendung Europäischer Normen hat bei den Dokumenten, auf die verwiesen wird, Vorrang.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 247^{N1})

Wärmeaustauscher – Terminologie

EN 305^{N1})

Wärmeaustauscher – Leistungsbegriffe von Wärmeaustauschern und allgemeines Prüfverfahren für die Leistungskriterien aller Wärmeaustauscher

EN 307^{N1})

Wärmeaustauscher – Richtlinien für die Erstellung von Montage-, Betriebs- und Wartungsanweisungen, die für die Aufrechterhaltung der Leistung aller Wärmeaustauscher erforderlich sind

EN ISO 9000

Qualitätsmanagement- und Qualitätssicherungsnormen

ISO 2186

Fluid flow in closed circuits – Connections for pressure signal transmission between primary and secondary elements

ISO 5167-1

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices – Part 1: Orifice plates, nozzles and venturi tubes inserted in circular cross conduits running full

ISO 5221

Air distribution and air diffusion – Rules for methods of measuring air flow rate in an air handling duct

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Temperaturmessung

3.1.1 Temperatur: Eine Messung der mittleren kinetischen Energie von Fluidteilchen infolge ihrer zufälligen Bewegung in einem sich im thermischen Gleichgewicht befindlichen Fluid.

3.1.2 Gesamttemperatur: Fluidtemperatur einschließlich des Temperaturanstiegs an einen Staupunkt in einer Fluidströmung.

3.1.3 Eintrittstemperatur: Die mittlere Gesamttemperatur am vorgesehenen Eintrittspunkt eines Wärmeaustauschers.

3.1.4 Austrittstemperatur: Die mittlere Gesamttemperatur am vorgesehenen Austrittspunkt eines Wärmeaustauschers.

3.1.5 Betriebstemperatur: Die Eintrittstemperatur auf der Primär- bzw. Sekundärseite.

^{N1}) In der ratifizierten Fassung der EN 306 sind diese EN noch als Entwürfe aufgeführt.

3.2 Messung der Durchflußmenge

3.2.1 Durchflußmenge eines Fluids durch einen Leitungsquerschnitt: Die Menge eines Fluids, die je Zeiteinheit durch einen Leitungsquerschnitt fließt.

3.2.2 Durchflußmengenmesser: Ein Gerät für die Messung der Durchflußmenge.

3.2.3 Gerade Länge: Der Anteil einer Leitung, dessen Achse und in der die Querschnittsfläche und die Querschnittsform konstant sind; die Querschnittsform ist gewöhnlich rund.

3.2.4 Geschwindigkeitsverteilung: Eine Geschwindigkeit, die sich zwischen zwei Strömungsquerschnitten nicht verändert. Sie wird im allgemeinen nach dem Passieren eines ausreichend langen, geraden Leitungsabschnitts erreicht.

3.2.5 Reguläre Geschwindigkeitsverteilung: Die Geschwindigkeitsverteilung, die der ausreichend nahekommt, die für eine lange gerade Länge des geschlossenen Systems festgelegt ist, um eine genaue Messung der Durchflußmenge zu ermöglichen.

3.2.6 Strömungsgleichrichter:

- a) Eine Einrichtung, die in eine Leitung eingebaut wird, um die Komponenten der Umfangsgeschwindigkeit zu eliminieren oder zu vermindern, die Drallströmungen hervorrufen (Drallreduzierer).
- b) Eine Einrichtung, die in eine Leitung eingebaut wird, um die gerade Länge herabzusetzen, die notwendig ist, um eine reguläre Geschwindigkeitsverteilung zu erzielen (Strömungsprofilausrichter).

3.2.7 Konstante Strömung:¹⁾ Strömung, bei der sich die Durchflußmenge durch einen Meßabschnitt zeitlich nicht wesentlich ändert.

3.2.8 Pulsierende Strömung mit mittlerer konstanter Durchflußmenge:²⁾ Strömung, bei der die Durchflußmenge in einem Meßabschnitt eine Funktion der Zeit ist, jedoch einen konstanten Mittelwert aufweist, wenn über einen ausreichend langen Zeitraum gemittelt wird.

3.2.9 Unregelmäßige Strömung:³⁾ Strömung, bei der die Durchflußmenge in einem Meßabschnitt willkürlich zeitlich schwankt.

3.2.10 Hydraulischer Durchmesser:⁴⁾ Das Vierfache des benetzten Querschnitts dividiert durch den benetzten Umfang.

3.2.11 Laminare Strömung:⁵⁾ Strömung unter Bedingungen, bei den die Reibungskräfte im Vergleich zu den Trägheitskräften beträchtlich sind.

3.2.12 Turbulente Strömung: Strömung unter Bedingungen, bei denen die Reibungskräfte im Vergleich zu den Trägheitskräften gering sind.

3.2.13 Übergangsströmung:⁶⁾ Strömung, die zwischen einer laminaren und einer turbulenten Strömung liegt.

3.2.14 Reynolds-Zahl:⁷⁾ Ein dimensionsloser Parameter, der das Verhältnis der Trägheitskraft zur Reibungskraft ausdrückt. Sie ist gegeben durch die Gleichung:

$$R_e = \frac{u \cdot l}{\nu}$$

Dabei sind:

- u die mittlere, räumliche Geschwindigkeit des Fluids in Meter je Sekunde (m/s).
- l eine charakteristische Dimension des Systems, in dem die Strömung auftritt, ausgedrückt in Meter (m).
- ν die kinetische Zähigkeit (Viskosität) des Fluids, ausgedrückt in Quadratmeter je Sekunde (m²/s).

3.3 Druckmessung

3.3.1 Druck: Verhältnis von Kraft und Fläche.

3.3.2 Statischer Druck: Druck, der durch die willkürliche Bewegung der Fluidteilchen hervorgerufen wird. In Fluidströmungen wird der statische Druck so bestimmt, daß die Strömung die Bestimmung des statischen Druckes nicht beeinflusst.

3.3.3 Dynamischer Druck: Druck, der durch die systematische Bewegung von Fluidteilchen in einer Fluidströmung hervorgerufen wird.

3.3.4 Gesamtdruck: Die Summe von statischem Druck und dynamischem Druck in einer Fluidströmung (Äquivalent zum Verhältnis von mechanischer Energie und Volumen).

3.3.5 Staudruck: Summe von statischem Druck und dynamischem Druck. Er kennzeichnet den Zustand des Fluids, wenn dessen Strömungsenergie vollständig in Druck umgewandelt wird.

3.3.6 Effektiver (Meß-)Druck: Die Differenz zwischen dem örtlichen absoluten Druck des Fluids und dem Atmosphärendruck am Ort und zum Zeitpunkt der Messung.

3.3.7 Druckverlust: Der statische Druckverlust, der durch das Vorhandensein eines Wärmeaustauschers in der Leitung hervorgerufen wird.

3.3.8 Piezometerring: Eine Druckausgleichskammer, die zwei oder mehr in einen Leitungsquerschnitt eingebaute Druckentnahmestellen miteinander verbindet und an die ein Druck-Meßwandler angeschlossen werden kann.

Sie kann entweder außerhalb der Leitung angebracht oder in die Leitung eingegliedert sein.

3.3.9 Ringkammer: Ein in die Leitung eingegliedertes Piezometerring oder das Primärgerät. Das macht die Einrichtung von Druckentnahmestellen erforderlich.

3.3.10 Wandanzapfung (Druckanzapfung): Ein ringförmiges oder kreisförmiges Loch, das so in die Wand einer Leitung gebohrt wird, daß sein Rand mit der Innenfläche der Leitung bündig ist; die Anzapfung muß so ausgeführt sein, daß der Druck innerhalb des Loches gleich dem statischen Druck an diesem Punkt der Leitung ist.

¹⁾ Die in Leitungen beobachteten konstanten Strömungen sind in der Praxis Strömungen, bei denen sich die Größen wie Geschwindigkeit, Druck, Dichte und Temperatur allmählich um Mittelwerte zeitunabhängig ändern; real bedeutet "statistisch konstante Strömungen".

²⁾ Es gibt zwei Arten der pulsierenden Strömung:

- periodisch pulsierende Strömung
- zufällig pulsierende Strömung

³⁾ Der zu berücksichtigende Zeitraum muß ausreichend lang sein, um bei dieser Definition die willkürlichen Komponenten der turbulenten Strömung auszuschließen.

⁴⁾ Bei einer runden, voll durchströmten Leitung ist der hydraulische Durchmesser gleich dem Durchmesser der Leitung.

⁵⁾ Die Laminare Strömung kann unregelmäßig sein, sie ist jedoch völlig frei von turbulenten Vermischungen.

⁶⁾ Als Richtwert liegt die Reynolds-Zahl für die Übergangsströmung einer Newtonschen Flüssigkeit, bezogen auf den Leitungsdurchmesser, im allgemeinen zwischen einem unteren Grenzwert von 2000 und einem oberen Grenzwert, der zwischen 7000 und 12000 je nach Oberflächenrauheit der Leitung und weiteren Faktoren schwankt.

⁷⁾ Bei der Festlegung einer Reynolds-Zahl sollte die charakteristische Dimension angegeben werden, auf der sie beruht (z. B. Leitungsdurchmesser, Durchmesser des Differenzdruckmeßgerätes, Durchmesser eines Stauorkopfes usw.).

3.4 Bestimmung der Fluidbeschaffenheit

3.4.1 Fluidbeschaffenheit (x): Benennung, die aus mehreren Komponenten bestehende oder mehrphasige Fluide durch das Massenverhältnis einer besonderen Komponente der Fluidphase und des Fluidgemisches beschreibt. Z. B. ist

- x_v das Dampfverhältnis von feuchter Luft, ausgedrückt als Dampfmasse je Masse trockener Luft.
- x_R das Dampfverhältnis von Kältemitteln, ausgedrückt als Masse Dampfphase je Gesamtmasse Kältemittel.

Die Bestimmung der Fluidbeschaffenheit kann auch weitere Größen einschließen, die die Leistung des Wärmeaustauschers beeinflussen können.

3.5 Allgemeine Definitionen

3.5.1 Einflußgröße: Größe, die kein Gegenstand der Messung ist, jedoch das Ergebnis der Messung beeinflussen kann.

3.5.2 Messung: Verfahren für die Bestimmung des Wertes einer gegebenen Größe.

3.5.3 Meßungenauigkeit: Die Ungenauigkeit, die durch die Gesamtheit der Meßabweichungsgrenzwerte einschließlich aller systematischen Fehler sowie der statistischen Fehlergrenzwerte ausgedrückt wird.

3.5.4 Wiederholpräzision von Messungen: Die Nähe der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen aufeinanderfolgender Messungen derselben Größe, die nach derselben Methode, vom selben Prüfer, mit denselben Meßgeräten im selben Laboratorium in sehr kurzen Zeitabständen bestimmt werden.

3.5.5 Vergleichpräzision der Messungen: Die Nähe der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Messungen derselben Größe, wobei die Einzelmessungen vorgenommen werden:

- nach unterschiedlichen Methoden mit unterschiedlichen Meßgeräten;
- von unterschiedlichen Prüfern in unterschiedlichen Laboratorien;
- nach sehr langer Zeit im Vergleich zur Dauer einer Einzelmessung unter unterschiedlichen normalen Bedingungen beim Gebrauch der eingesetzten Meßgeräte.

3.5.6 Meßfehler: Die Diskrepanz zwischen dem Meßergebnis und dem tatsächlichen Wert der gemessenen Größe. Dieser kann als absoluter Fehler ausgedrückt werden

$$E_a = M - T$$

oder als ein relativer Fehler

$$E_r = \frac{M - T}{T} 100\%$$

Dabei sind:

- E_a ein absoluter Meßfehler;
- E_r ein relativer Meßfehler;
- M der Wert als Ergebnis der Messung;
- T der tatsächliche oder als tatsächlich betrachtete Wert.

3.5.7 Meßgerät: Technische Einrichtung für die Messung einer Größe.

3.5.8 Meßwandler: Meßgerät, das den Wert einer Größe in einen Wert einer anderen Größe oder in einen unterschiedlichen Wert derselben Größe umwandelt.

3.5.9 Meßfühler: Teil eines Meßgerätes, das Informationen über eine meßbare Größe aufnimmt. Der Meßfühler ist das erste Element eines Meßwandlers.

3.5.10 Fühlelement: Fühlelement des Meßfühlers, das unter dem direkten Einfluß der zu messenden Größe steht.

3.5.11 Fluid: Flüssigkeit, Gas oder Dampf. In der vorliegenden Norm vorzugsweise Wasser, Luft, Dampf oder sämtliche Fluide, die zur Wärmeübertragung verwendet werden.

3.5.12 Primärfluid: Fluid, das als Wärmequelle wirkt.

3.5.13 Sekundärfluid: Fluid, das als Wärmesenke wirkt.

3.5.14 Einphasiges Fluid: Ein Fluid in einer einzelnen Phase kann flüssig oder gasförmig sein.

3.5.15 Mehrphasiges Fluid: Ein Fluid mit zwei oder mehreren Phasen kann flüssig oder gasförmig sein.

3.5.16 Primärkältemittel: Fluid, das eine niedrige Temperatur erzeugt, indem es bei der Verdampfung unter niedrigem Druck Wärme aufnimmt und bei der Kondensation unter hohem Druck Wärme abgibt.

3.5.17 Sekundärkältemittel: Fluid, das Wärme von der Niedrigtemperaturquelle zum verdampfenden Primärkältemittel transportiert.

4 Meßwertaufnahme

4.1 Häufigkeit der Meßwertaufnahme

Die Häufigkeit der Meßwertaufnahme oder der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ablesungen muß ausreichend lang sein, damit sich das Medium in der Umgebung der Meßstellen verändert haben kann.

Die folgende Gleichung kann als Richtlinie für die Häufigkeit der Meßwertaufnahme angewendet werden:

$$t_s = \frac{M}{10q_m}$$

Dabei sind:

- t_s die Dauer der Meßwertaufnahme, ausgedrückt in Sekunden (s);
- M die Gesamtmasse des Mediums im System, ausgedrückt in Kilogramm (kg);
- q_m der Massestrom, ausgedrückt in Kilogramm je Sekunde (kg/s).

Das sind etwa 10 Messungen in einem Zeitraum, der der Austauschrate des Volumens im System entspricht.

Beträchtlich höhere Häufigkeiten der Meßwertaufnahme können für den Betrieb des Regelsystems notwendig sein.

4.2 Dauer der Meßwertaufnahme

Die Messungen sind über einen ausreichend langen Zeitraum vorzunehmen, damit statistisch zufriedenstellende Ergebnisse erhalten werden.

Die durchgeführten Messungen müssen auch die Stabilität des Meßpunktes erkennen lassen.

4.3 Gleichzeitige Ablesung der Meßwerte

Bei jeder Messung müssen die von den Meßwandlern angezeigten Werte möglichst schnell abgelesen werden. Die Messung muß den augenblicklichen Zustand des Wärmeaustauschers ergeben. Die folgende Gleichung liefert eine Richtlinie für gleichzeitig vorgenommene Messungen bezogen auf die Zeit (t).

$$t < \frac{M}{100q_m} = \frac{t_s}{10}$$

Dabei sind:

- t die Zeit, ausgedrückt in Sekunden (s);
- t_s die Dauer der Meßwertaufnahme, ausgedrückt in Sekunden (s);
- M die Gesamtmasse des Mediums im System, ausgedrückt in Kilogramm (kg);
- q_m der Massestrom, ausgedrückt in Kilogramm je Sekunde (kg/s).