

Einregulierung einer Lüftungsanlage

Laborübung 3

Gruppe 3

Datum: 12.06.05

Teilnehmer: Thomas Fritsch, Rayk Fleischfresser, Lutz Willek

Betreuer: Herr Tham

Ort: Staatliche Technikerschule Berlin

Messprotokolle erstellt am: 31.05.05

Von: Thomas Fritsch, Rayk Fleischfresser, Lutz Willek

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	4
1. Aufgabenstellung	5
2. Versuchsdurchführung	6
2.1 Aufbau / Versuchsanordnung.....	6
2.2 Versuchsablauf.....	7
2.3 Versuchsdurchführung	8
2.4 Messpunkte im Kanal.....	9
3. Ergebnisse.....	10
4. Auswertung.....	11
5. Verwendete Maschinen und Messgeräte.....	12
5.1. Ventilatoren.....	12
5.2. Luftdurchlässe mit Jalousieklappen.....	13
5.3. Digital-Drehzahlmesser.....	14
5.4. Thermische Anemometer ; Hitzdraht Anemometer.....	15
5.5. Digitales Flügelradanemometer.....	17
6. Schlussbetrachtung.....	18
7. Abbildungsverzeichnis.....	18
8. Literaturverzeichnis.....	18
Anhang.....	20

Formelzeichen

A	freier Querschnitt	m^2
b	breite des Kanals	m
h	Höhe des Kanals	m
n	Drehzahl	U/min
\dot{V}	Volumenstrom	m^3/h
w	Geschwindigkeit	m/s

1. Aufgabenstellung

Die Luftdurchlässe der sich im Raum 119 der Staatliche Technikerschule Berlin befindlichen RLT-Anlage sind so einzuregulieren, dass sich ein gleichmäßiger Volumenstrom durch alle Luftdurchlässe ergibt. Der Volumenstrom der Anlage ist durch Änderung der Ventilator Drehzahl auf den Wert von $\dot{V}_2 = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$ einzustellen. Über eine Netzmessung ist der Volumenstrom im gemeinsamen Kanalquerschnitt und für die Gleichverteilung über die Luftdurchlässe zu ermitteln. Es ist eine Genauigkeit von 10% anzustreben.

2. Versuchsdurchführung

2.1 Aufbau / Versuchsanordnung

Abbildung 1 zeigt die im Raum 119 befindliche RLT- Anlage mit einem Radiallüfter. Der Lüfter saugt sich die Luft über den Raum an. Die angesaugte Luft wird über das Kanalsystem zu den 3 Luftdurchlässen befördert und strömt von dort wieder in den Raum.

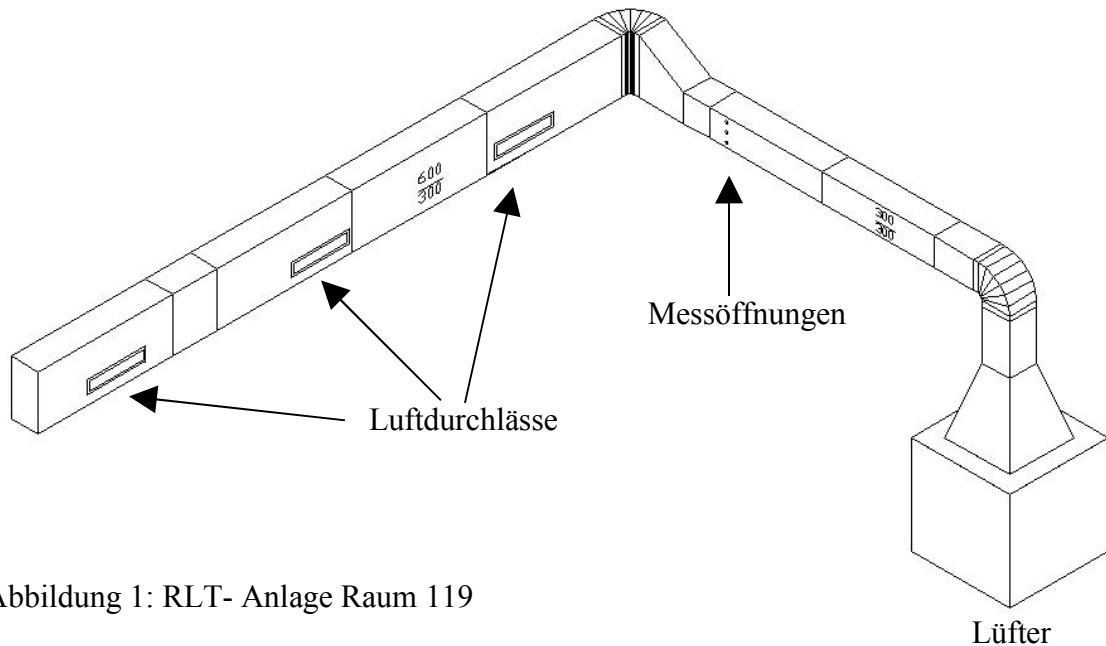


Abbildung 1: RLT- Anlage Raum 119

2.2 Versuchsablauf

Alle Luftdurchlässe wurden auf ihr Maximum geöffnet. Hierfür dienten die Jalousieklappen unmittelbar hinter dem Luftauslass. Mit einem Schraubendreher ließ sich der Volumenstrom \dot{V} durch den Luftdurchlass regulieren.

Der Stelltrafo des Ventilators wurde auf 70 % Leistung eingestellt. Wir ermittelten die Drehzahl des Ventilators mit Hilfe eines Reflexionsdrehzahlmessers. Mit einem Flügelradanemometer führten wir eine Messung der Strömungsgeschwindigkeit an den Luftdurchlässen durch. Der gesamte Volumenstrom soll gleichmäßig auf die drei Luftauslässe aufgeteilt werden.

Danach erfolgte die Einregulierung jedes einzelnen Luftdurchlasses auf eine gleich große Strömungsgeschwindigkeit.

Mit einem Hitzedraht- Anemometer wurde danach die Strömungsgeschwindigkeit \bar{w} durch eine Netzmessung ermittelt. Die Messung dieser Geschwindigkeiten erfolgte vor den Luftdurchlässen. Der Querschnitt des Luftkanals wurde in drei Messebenen mit jeweils drei Messpunkten aufgeteilt. Aus den ermittelten Einzelwerten wurde die mittlere Strömungsgeschwindigkeit errechnet, die mit der Querschnittsfläche des Kanals multipliziert den Volumenstrom \dot{V}_1 ergab. Um die Anlage mit dem vorgegebenen Volumenstrom \dot{V}_2 von 1100 m³/h betreiben zu können, musste eine neue Drehzahl n_2 des Ventilators errechnet werden. Diese ermittelte Drehzahl wurde wieder mit Hilfe des Reflexionsdrehzahlmessers über den Stelltrafo am Ventilator eingestellt. Eine erneute Netzmessung diente der Überprüfung, ob der vorgegebene Volumenstrom erreicht wurde.

2.3 Versuchsdurchführung

- alle Luftdurchlässe maximal öffnen
- den Stelltrafo des Ventilators auf 70 % Leistung einstellen
- Geschwindigkeiten an den Luftdurchlässen messen
- mittlere Geschwindigkeit der Luftdurchlässe berechnen
- Luftdurchlässe mit einem Schraubendreher einstellen, so dass die Geschwindigkeit an allen drei Durchlässen gleich ist
- Messung der Strömungsgeschwindigkeiten im Kanal mit einem Hitzedraht-Anemometer
- aus den ermittelten Einzelwerten die mittlere Strömungsgeschwindigkeit errechnen
- den Volumenstrom aus mittlerer Strömungsgeschwindigkeit und der Querschnittsfläche des Kanals errechnen
- Messung der Drehzahl mit dem digitalen Drehzahlmesser
- neue Drehzahl des Ventilators errechnen
- diese mit Hilfe des Drehzahlmessers am Stelltrafo des Ventilators einstellen
- erneute Messung der Strömungsgeschwindigkeit im Kanal, um zu überprüfen ob der gewünschte Volumenstrom erreicht wurde
- eventuell muss die Drehzahl korrigiert werden

2.4 Messpunkte im Kanal

Zur Ermittlung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im Kanal, teilten wir den Querschnitt des Kanals in neun flächengleiche Teile. Die Mittelpunkte dieser Teilflächen ergaben unsere Messpunkte, wie in Abbildung 2 dargestellt.

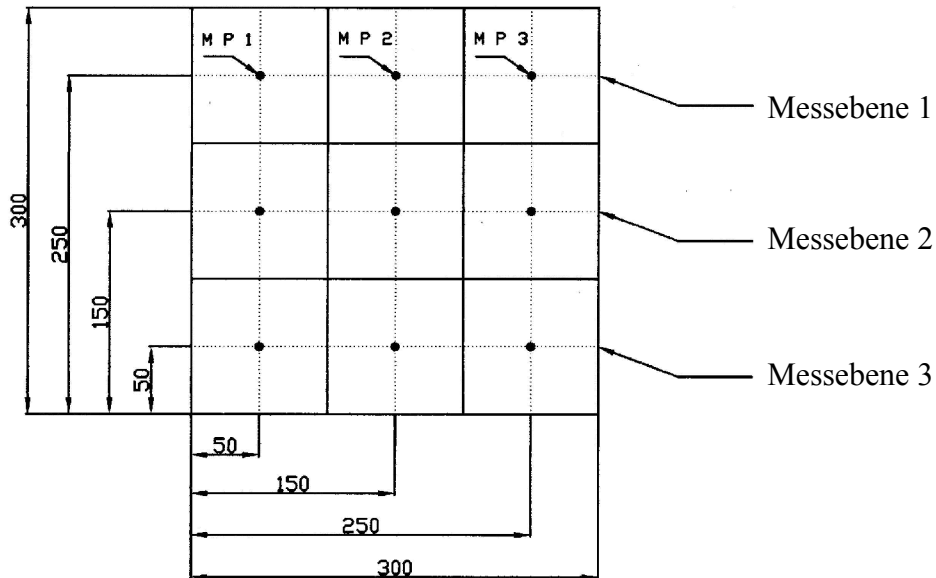


Abbildung 2: Aufteilung der Messpunkte im Kanal

3. Ergebnisse

w_i der Netzmessung 1	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
Messpunkt 1	11,50 m/s	12,00 m/s	12,00 m/s
Messpunkt 2	12,50 m/s	12,50 m/s	12,00 m/s
Messpunkt 3	11,00 m/s	12,00 m/s	11,00 m/s

Kanalmaße	
Breite b	0,3 m
Höhe h	0,3 m

Berechnung	Netzmessung 1:
$A = b \cdot h$	$A = 0,09 \text{ m}^2$
$\bar{w}_1 = \frac{\sum w_i}{n}$	$\bar{w}_1 = 11,83 \text{ m/s}$
$\dot{V}_1 = A \cdot \bar{w}_1$	$\dot{V}_1 = 1,07 \text{ m}^3/\text{s}$ $\dot{V}_1 = 3834 \text{ m}^3/\text{h}$
$n_2 = \frac{\dot{V}_2 \cdot n_1}{\dot{V}_1}$	$n_2 = 355 \text{ U/min}$

Überprüfung der eingestellten Drehzahl:

w_i der Netzmessung 2	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
Messpunkt 1	3,5 m/s	3,5 m/s	3,0 m/s
Messpunkt 2	3,5 m/s	3,5 m/s	3,5 m/s
Messpunkt 3	3,5 m/s	3,5 m/s	3,0 m/s

Berechnung	Netzmessung 2:
$\bar{w}_2 = \frac{\sum w_i}{n}$	$\bar{w}_2 = 3,39 \text{ m/s}$
$\dot{V}_2 = A \cdot \bar{w}_2$	$\dot{V}_2 = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ $\dot{V}_2 = 1098 \text{ m}^3/\text{h}$

Die prozentuale Abweichung zum Sollwert von 1100 m³/h beträgt 0,18 %.

Luftauslass einregulieren:

Einreguliersversuch	1	2	3	4
Luftauslass 1 in m/s	6,5	7,9	7,0	7,2
Luftauslass 2 in m/s	7,0	6,4	7,2	7,5
Luftauslass 3 in m/s	8,0	7,8	7,4	7,2
errechnete mittlere Geschwindigkeit \bar{w} in m/s	7,17	7,4	7,2	7,3
maximale prozentuale Abweichung w_i von \bar{w}	11,57 %	13,51 %	2,78 %	2,74 %
maximale Abweichung $w_{i,min}$ zu $w_{i,max}$ in m/s	1,5	1,4	0,4	0,3

Die prozentuale Abweichung zum Mittelwert beträgt 2,74 %.

4. Auswertung

Die Aufgabenstellung war, den Luftstrom der Luftauslässe gleichmäßig zu verteilen sowie den vorgegebenen Volumenstrom von 1100 m³/h mit einer Genauigkeit von 10 % einzuregulieren. Das ist uns sehr gut mit einer Genauigkeit von 0,18 % für den Volumenstrom und 2,74 % für die gleichmäßige Verteilung gelungen.

Als schwierig erwies sich während der Versuchsdurchführung die gleichmäßige Verteilung des Luftstromes über die drei Öffnungen, da er sich natürlich an den anderen Öffnungen verändert, wenn man eine Öffnung reguliert. Hinzu kommt die große Empfindlichkeit der Einregulierschraube, die bei einer relativ geringen Änderung eine starke Veränderung des Luftstromes am Auslass bewirkt. Als vorteilhaft erwies es sich, mit sehr kleinen Veränderungen der Einregulierschraube sich an ein Optimum der Verteilung des Luftstromes heranzutasten.

5. Verwendete Maschinen und Messgeräte

5.1. Ventilatoren

Ventilatoren sind Hauptbestandteil von Raumlufttechnischen Anlagen, sie sorgen für den Transport der Luftmengen zu den jeweiligen Räumen.

Nach ihrer Bauart werden Ventilatoren in Axial- und Radiallüfter unterschieden. In der Praxis sind meistens Radiallüfter anzutreffen. Bei Axialventilatoren strömt die Luft in Richtung der Achse durch das Laufrad, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist.

Bei dem im Raum 119 vorhanden Ventilator handelt es sich um einen doppelt saugenden Radialventilator mit vorwärts gekrümmten Schaufeln, dessen Drehzahl sich über einen Stelltrafo stufenlos von 0- 100 % regeln lässt. Er wurde in eine Metallbox eingebaut. Diese Bauart von Ventilatoren lässt sich grundsätzlich in jeder Stellung einbauen.

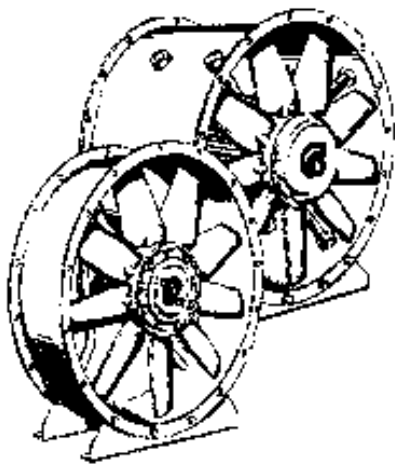


Abbildung 3: Axialventilator

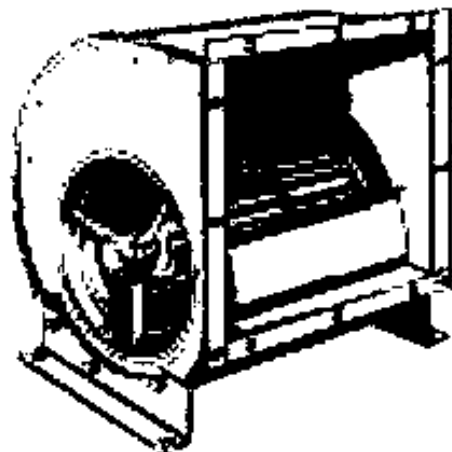


Abbildung 4: Radialventilator

Bei Radialventilatoren wird im allgemeinen die Luft axial angesaugt und radial gefördert, sie sind in der Lage höhere Druckdifferenzen als Axialventilatoren zu erzeugen.

Radialventilatoren werden wie folgt unterschieden :

1. Durch Bauartklassen

- Nach der Schaufelanordnung in :
Trommelläufer mit vielen (ca.30..70) vorwärts gekrümmten Schaufeln am Umfang des Laufrades wie auf einer Trommel .
Schaufelräder mit wenigen (ca.5..12) rückwärts gekrümmten Schaufeln, profiliert oder einfaches Blech.
- Nach der Schaufelform:
Vorwärts gekrümmte Schaufeln (Anwendung bei geringen Drücken)
Rückwärts gekrümmte Schaufeln (Anwendung bei hohen Drücken)
Diese Gruppe wird noch in ein- und doppelflutig untergliedert
Gerade endend Schaufeln

2. Nach den Druckklassen in:

- Niederdruckventilator, etwa bis 700 Pa Gesamtdruck
- Mitteldruckventilator, 700 bis 3000 Pa Gesamtdruck
- Hochdruckventilator, 3000 bis mehr als 30000 Pa Gesamtdruck

Weiterhin unterscheidet man zwischen einseitig und zweiseitig saugend. Einseitig saugend bedeutet, dass der Lüfter nur einen Ansaugstutzen hat. Bei zweiseitig saugenden ist er auf beiden Seiten offen und verfügt somit auch über zwei Ansaugstutzen.

5.2. Luftdurchlässe mit Jalousieklappen

Die Luftdurchlässe haben im Grunde folgende Aufgaben zu erfüllen

- Absperrung des Luftstromes
- Beeinflussung der Strahlrichtung
- Umlenkung des Zuluftstromes
- Drosselung des Zuluftstromes

Die Jalousieklappen befinden sich unmittelbar hinter dem Luftdurchlass. Die Hersteller von Jalousieklappen bieten diese mit horizontalen oder vertikalen Klappen an. Diese werden mit einem Schraubendreher auf die gewünscht Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Volumenstrom eingestellt. Die Lamellen am Luftdurchlass lassen sich horizontal verstellen um eine gleichmäßige Verteilung der einströmenden Luft zu gewährleisten.

5.3. Digital-Drehzahlmesser

Aus der Gebrauchsanweisung des Gerätes

Der Drehzahlmesser Typ DT 2234 A dient zum messen von Drehzahlen bewegter Teile (Achsen, Motoren). Dabei wird ein reflektierendes Klebeband (Reflexmarke) auf eine Welle geklebt. Die Reflexmarke sollte mindestens 12 mm lang sein aber nicht größer als die Fläche der Welle die nicht reflektiert.

Bedienung: Die Stromversorgung einschalten und den seitlichen Messknopf drücken. Das Gerät mit dem Messkopf in einem Abstand von mindestens 50 mm und maximal 300 mm (abhängig vom Umgebungslicht) auf die zu messende Stelle richten. Es ist darauf zu achten, dass in der linken oberen Ecke des Displays ein Symbol im Rhythmus des Reflexes blinkt. Sobald die Anzeige stabil ist, kann der Messknopf wieder losgelassen werden. Bei Messungen unter fünf Umdrehungen pro Minute können mehrere Reflexmarken in gleichem Abstand geklebt werden. Die Anzahl der Reflexmarken wird durch den angezeigten Betrag dividiert.

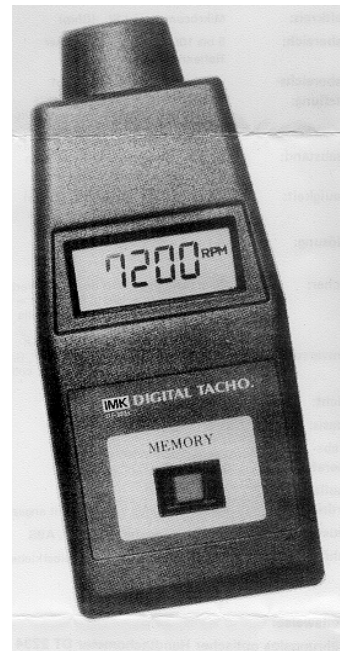


Abbildung 5: Digital- Drehzahlmesser

Das Gerät hat eine fünfstellige LCD- Anzeige mit einem Messbereich von 5 bis 100.000 U/min bei einer Reflexmarke. Die automatische Messbereichseinstellung auf die Empfindlichkeit des Messobjektes findet unter Ausschaltung von Fremdlichteinfluss statt. Die Betriebstemperatur des Drehzahlmessers beträgt 0 bis 50 °C. Bei 5 bis 5000 U/min beträgt die Messgenauigkeit \pm eine U/min. Bei über 5000 U/min muss mit einer Ungenauigkeit von \pm 0,05 % gerechnet werden. Die LCD- Anzeige hat bei 0,5 bis 999,9 U/min eine Auflösung von 0,1 und ab 1000 U/min wird in Einerschritten angezeigt. Der Drehzahlmesser kann ohne Netzanschluss mit 4x 1,5 V Batterien betrieben werden.

5.4. Thermische Anemometer ; Hitzedraht Anemometer

Diese Art der Geschwindigkeitsmessinstrumente wird insbesondere zur Messung von Raumluft- und Kanalgeschwindigkeiten eingesetzt.

Thermische Anemometer benutzen zur Ermittlung der Luftgeschwindigkeit einen elektrisch beheizten Widerstand oder Thermistor. Der elektrische Widerstand ändert sich mit der Größe der Luftgeschwindigkeit. Dabei unterscheidet man bei den thermischen Anemometern zwischen dem Konstant- Strom Prinzip und dem Konstant- Temperatur Prinzip.

Bei dem Konstant- Strom Prinzip, wird der Sensor mit konstantem elektrischen Strom geheizt und der Widerstand gemessen. Im Gegensatz dazu, bleibt bei dem Konstant-Temperatur Prinzip die Temperatur des Sensors gleich. Der dazu benötigte Heizstrom ist ein Maß für die Luftgeschwindigkeit.

Hitzedraht Anemometer werden ebenfalls in die Kategorie der thermischen Anemometern zugeordnet. Der Sensor dieser Messgeräte besteht aus einem dünnen, beheizten Draht. Bei Hitzedrahtanemometern mit 2 oder 3 gekreuzten Drähten, kann eine 2 oder 3 dimensionale Geschwindigkeitsverteilung gemessen werden.

Das im Versuch zur Anwendung gekommene war ein Anemometer der Firma Airflow vom Typ TA2-15. Es ist wie in Abbildung 6 dargestellt mit einer Teleskopsonde (10) ausgestattet, die bis zu einer Länge von 93 cm ausziehbar ist. Dadurch ist es geeignet, Messungen an schlecht zugänglichen Messpunkten durchzuführen. Es gibt Varianten mit den Messbereichen 0..2 m/s, 0..15 m/s und 0..30 m/s.

Die maximale Fehlertoleranz bei 20°C beträgt $\pm 0,2$ bis 0,7 m/s. Die Energieversorgung erfolgt über 4 Mignon-Batterien mit je 1,5 Volt.

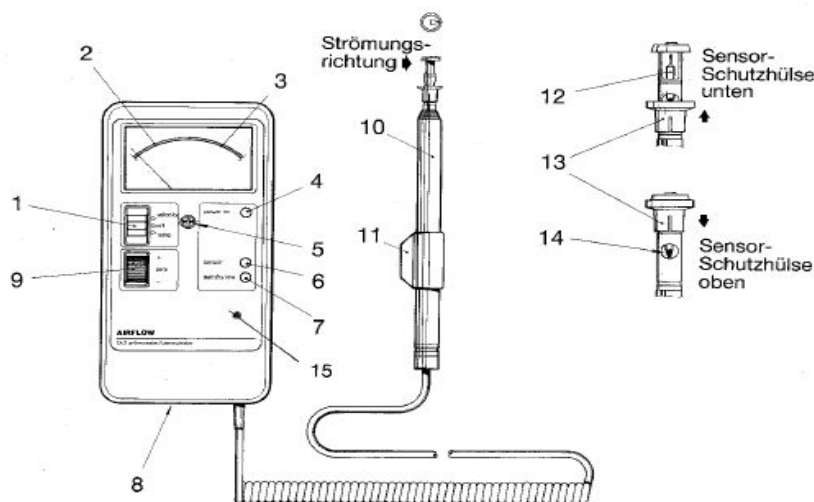


Abbildung 6: thermisches Anemometer TA-2

Zur Vermeidung von Fehlmessungen ist dafür zu sorgen, dass die Batteriespannung in vollem Umfang zur Verfügung steht. Eine Batteriekontrolle (7) zeigt die zu geringe Spannung an.

Bedienung des Gerätes: (Zahlen beziehen sich auf Abbildung 6)

1. Elektrische Nullabgleichung

- Die Durchgangsöffnung des Fühlerkopfes ist zu schließen (13).
Gerät mittels Schiebeschalter (1) für die Geschwindigkeitsmessung einschalten. Nach einigen Sekunden muss an der Skala die Null angezeigt werden, ansonsten mittels Rändelschraube (9) auf Null stellen.
- Bei großem Temperaturunterschied zwischen Außenluft und der Luft im Strömungskanal ist die Nullabgleichung erst nach Temperaturanpassung der Sondenspitze (14) durchzuführen.

2. Die Teleskopsonde

Die Kunststoffhülse (11) auf dem Sondenstab dient mit ihrem flachen Teil als Richtungsanzeiger, der beim Eintauchen der Sonde in den Luftkanal in Strömungsrichtung zeigen muss, so dass der Sensor (12) frei angeströmt wird. Während der Messung darf die Sonde nicht in sich verdreht werden.

3. Messvorgang

- Sensor-Schutzhülle (13) nach unten ziehen, so dass der Hauptsensor (12) frei angeströmt werden kann
- Sondenspitze an den Messpunkt führen. Nach einigen Sekunden den Messwert in m/s an der Skala ablesen. (Bei größerem Temperaturunterschied ca. 30 Sek. warten.)
- Die Temperatur der strömenden Luft kann nach Umschalten des Schiebeschalters (1) auf der unteren Skala abgelesen werden.
- Nach der Messung die Schutzhülle nach oben schieben, um den Hauptsensor zu schützen.
- Bei der Messung an großen Querschnitten ist eine Anzahl von Punktmessungen, gleichmäßig über den Querschnitt verteilt, durchzuführen. Der arithmetische Mittelwert aller Messwerte ergibt dann die mittlere Strömungsgeschwindigkeit.
- Bei der Messung an einstellbaren Lüftungsgittern sollten die Lamellen parallel zur Strömungsrichtung gestellt werden, um große Messabweichungen wegen turbulenter Strömung zu vermeiden.

5.5. Digitales Flügelradanemometer

Auszug Gebrauchsanweisung:

Bei elektrischen Flügelradanemometern wird die Drehzahl des Flügels im Messkopf durch Lichtschranken abgetastet.

Durch einen zu Beginn festgelegten Zeitraum (am Gerät einstellbar oder fest eingestellt) kann der resultierende Mittelwert der Geschwindigkeit direkt abgelesen werden.

Es ist bei der Versuchsdurchführung nach den vom Hersteller festgelegten Regeln zur Geschwindigkeitsermittlung zu verfahren, d. h. der Messkopf muss parallel zur Messöffnung gehalten werden, so dass der Luftstrom direkt durch das Gerät strömt. Während der Messung ist der Luftdurchlass wie in Abbildung 7 zu sehen abzufahren. Ein weiteres Messinstrument, was vorwiegend in der Meteorologie zum Einsatz kommt ist das Schalenkreuzanemometer. Dieses ist im Gegensatz zum elektrischen Flügelradanemometer nicht in der Ebene von der Richtung der Luftbewegung abhängig.

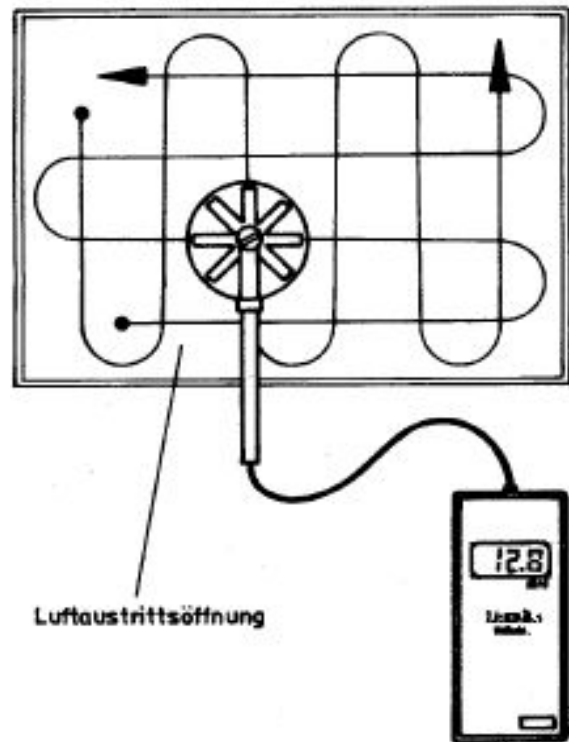


Abbildung 7: Flügelradanemometer

6. Schlussbetrachtung

Der Versuchsaufbau und die Durchführung sind relativ einfach und stimmen soweit mit der theoretischen Vorbetrachtung überein. Bei der Durchführung stellte sich aber heraus, dass sich der einzustellende Wert im unteren Drehzahlbereich befindet und es dadurch sehr schwierig wird, den gewünschten Volumenstrom exakt einzustellen, da schon die geringste Veränderung der Drehzahl den Volumenstrom sprunghaft ansteigen lässt. Der Lüfter reagiert in diesem Bereich sehr träge auf die Veränderungen am Trafo.

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: RLT- Anlage Raum 119, gezeichnet von Thomas Fritsch

Abbildung 2: Aufteilung der Messpunkte im Kanal, gezeichnet von Raik Fleischfresser

Abbildung 3: Axialventilator, Bildquelle <http://www.anson.ch/imagesaxialvent-axv-bxv.jpg>

Abbildung 4: Radialventilator, Bildquelle <http://www.anson.ch/radialventilatoren.htm>

Abbildung 5: Digital-Drehzahlmesser DT 2234 A, Quelle: Schulserver

Abbildung 6: thermisches Anemometer TA-2, Quelle: Schulserver

Abbildung 7: Flügelradanemometer, Quelle: Schulserver

8. Literaturverzeichnis

- Recknagel – Sprenger – Schramek, Taschenbuch für Heizung + Klima Technik Oldenbourg 97 / 98, 68. Auflage, Seite 1115 – 1142
- Dipl.-Ing. U.-O. Andeas / Dipl.- Ing. H. Strieder, Regelungstechnik für Heizungs- und Lüftungsbauer, Neuauflage 2002, Seite 199- 201
- Anette Becker, Lüftungsanlagen, 1. Auflage, Vogel Verlag 2000, Seite 126
- Gebrauchsanweisungen zu den verwendeten Messgeräten, Quelle Schulserver
- eigene Aufzeichnungen aus dem Unterricht

Einregulieren einer Lüftungsanlage

Anhang

Laborübung 3

Gruppe 3

Inhaltsverzeichnis

A1 Messprotokolle im Original	20
A2 Laborbericht in elektronischer Form	23
A3 Selbständigkeitserklärung	23

A1 Messprotokolle im Original

Nachfolgend finden Sie die verwendeten Messprotokolle zur Einregulierung einer Lüftungsanlage.

A2 Laborbericht in elektronischer Form

Angehängt an diese Seite finden Sie den kompletten Laborbericht auf CD im Pdf- Format.

A3 Selbständigkeitserklärung

Wir versichern hiermit an Eides statt, dass wir die vorliegende Arbeit bzw. die von uns namentlich gekennzeichneten Teile selbständig und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel verfasst haben.

Berlin, der 12.06.05

Thomas Fritsch

Rayk Fleischfresser

Lutz Willek