

**TECHNIQUE OF AERAILIC MEASUREMENTS FOR
LABORATORY TESTS OF FANNED WARM AIR
GENERATORS FOR DUCTS-EXPLANATORY METHOD**

**TECHNIQUE DES MESURES AERAILIQUES POUR
ESSAIS EN PLATE-FORME DES GENERATEURS
PULSEURS D'AIR CHAUD POUR CONDUITS -
METHODE PAR EXPLORATION**

**TECHNIK DER LUFTECHNISCHEN MESSUNGEN FÜR
PRÜFSTANDSVERSUCHE AN WARMUFTERZEUGERN
FÜR LEITUNGSANSCHLUSS -
NETZMESSUNGSMETHODE**

**TECHNIQUE OF AERAILIC MEASUREMENTS FOR
LABORATORY TESTS OF FANNED WARM AIR
GENERATORS FOR DUCTS-EXPLANATORY METHOD**

**TECHNIQUE DES MESURES AERAILIQUES POUR
ESSAIS EN PLATE-FORME DES GENERATEURS
PULSEURS D'AIR CHAUD POUR CONDUITS -
METHODE PAR EXPLORATION**

**TECHNIK DER LUFTECHNISCHEN MESSUNGEN FÜR
PRÜFSTANDSVERSUCHE AN WARMUFTERZEUGERN
FÜR LEITUNGSANSCHLUSS -
NETZMESSUNGSMETHODE**

EUROVENT 5/4

**Published by EUROVENT
15 rue Montorgueil
F - 75001 PARIS**

Tel 33.1.40.26.00.85
Fax 33.1.40.26.01.26

TABLE DES MATIERES

	Page		Page
1.	Objet du document	2	
2.	Installation d'essai		
2.1	Local	4	
2.2	Circuit d'essai	4	
2.3	Appareillage de mesure	10	
3.	Mise en oeuvre de la méthode - mesures		
3.1	Conditions d'essai	14	
3.2	Mesures à l'extérieur du circuit d'essai	16	
3.3	Mesures à l'intérieur du circuit d'essai		16
4.	Calcul des caractéristiques aérauliques		
4.1	Symboles et unites		24
4.2	Calcul du débit d'air et de la pression totale à la sortie		28
	Figures 1-6		36

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite		Seite
1.	Gegenstand des Dokumentes	2	
2.	Prüfanlage		
2.1	Prüfraum	4	
2.2	Prüfstrecke	4	
2.3	Meßgeräte		
3.	Vorschriften bezüglich des Verfahrens - Messungen		
3.1	Prüfbedingungen	14	
3.2	Messungen außerhalb der Prüfstrecke	16	
3.3	Messungen innerhalb der Prüfstrecke		16
4.	Berechnung der luft-technischen Daten		24
4.1	Symbole und Einheiten		24
4.2	Berechnung des Luftstroms und des Gesamtdrucks am Austritt		28
	Abbildungen 1-6		36

TABLE OF CONTENTS

	Page		Page
1.	Purpose of the document	3	
2.	Test Arrangement		
2.1	Room	5	
2.2	Test system	5	
2.3	Measuring instrumentation	11	
3.	Prescriptions related to the method - Measurements	15	
3.1	Test Conditions	15	
3.2	Measurements outside the test system	17	
3.3	Measurements inside the test system		17
4.	Calculation of the air performance		25
4.1	Symbols and units		25
4.2	Calcul of the air flow rate and of the total pressure at the outlet		29
	Figures 1-6		36

1. OBJET DU DOCUMENT

Le document EUROVENT n° 5/3 décrit une méthode de mesure en plate forme des caractéristiques aérauliques des générateurs-pulseurs d'air chaud. Cette méthode est précise, mais peut être d'une application difficile, en particulier lorsque l'appareil à essayer est de grandes dimensions, ou lorsqu' on a affaire à un écoulement d'air de gros débit pour une faible pression (cf. par. 1.2.5 du document précédent).

C'est pour de tels cas que le présent document propose une autre méthode, moins précise pourtant que la précédente malgré la durée plus grande des manipulations, vu les difficultés propres aux méthodes par exploration qui se trouvent accrues aux faibles vitesses d'écoulement de l'air.

Cette méthode pourra être appliquée en particulier à des essais en plateforme lorsque l'application de la méthode décrite dans le document 5/3 nécessiterait l'emploi d'un caisson de diamètre D_4 supérieur à 1,5 mètre.

1. GEGENSTAND DES DOKUMENTS

Das Dokument EUROVENT Nr. 5/3 beschreibt ein Verfahren zur Messung der lufttechnischen Charakteristiken von Warmluft-erzeugern (WLE) auf dem Prüfstand. Dieses Verfahren ist genau, kann jedoch Schwierigkeiten bei der Anwendung bieten, vor allem, wenn das zu prüfende Gerät große Abmessungen besitzt, oder wenn eine Luftströmung mit großem Volumenstrom bei geringem Druck vorliegt (siehe Abschnitt 1.2.5 des vorgenannten Dokumentes).

Für eben diese Fälle schlägt das vorliegende Dokument ein anderes Verfahren vor, das trotz der langen Dauer der Manipulation, wegen der den Netzmessungsverfahren eigenen Schwierigkeiten, die sich bei geringen Luftströmungsgeschwindigkeiten noch vergrößern, jedoch weniger genau als das vorgenannte ist.

Dieses Verfahren kann vor allem bei Prüfungen auf dem Prüfstand benutzt werden, wenn die Anwendung des im Dokument 5/3 beschriebenen Verfahrens den Gebrauch eines Caissons, dessen Durchmesser D_4 größer als 1,5 m ist, verlangen würde.

1. PURPOSE OF THE DOCUMENT

The document EUROVENT No 5/3 describes a method for measuring the air performance of fanned warm air generators in the laboratory. This method is accurate, may however, be of difficult application, particularly when the apparatus to be tested is large-sized, or when there is an important air flow rate for a low pressure (cf. par. 1.2.5 of the referred document).

For these cases the present document proposes another method, yet less accurate than the preceding one (despite the longer time of the measurements) because of the difficulties peculiar to the traverse methods, which increase in case of low velocities of the air flow.

This method may be applied in particular to tests in the laboratory, when the application of the method described in document 5/3 would necessitate the use of a caisson, whose diameter D_4 exceeds 1.5 meter.

2. INSTALLATION D'ESSAI

2.1 Local

Sauf spécification contraire de son constructeur, le générateur-pulseur d'air chaud doit être installé dans un local de dimensions telles qu'il assure un espace libre, à l'entrée comme à la sortie de l'air, au moins égal à deux fois le diamètre (ou le diamètre équivalent) du circuit d'essai. Par ailleurs, les caractéristiques de l'air ambiant ne doivent pas être modifiées notablement pendant la période d'essai.

2.2 Circuit d'essai

Le schéma d'ensemble du circuit d'essai est représenté à la figure 1; cet ensemble comprend de l'amont vers l'aval:

- l'appareil à essayer,
- éventuellement un coude muni d'aubes directrices,
- éventuellement une pièce de raccordement,
- le conduit de mesure,
- un dispositif de réglage du débit d'air.

2. PRÜFANLAGE

2.1 Prüfraum

Vorbehaltlich der gegenteiligen detaillierten Angabe seines Herstellers soll der Heißluft-generator in einem Raum mit solchen Abmessungen installiert werden, daß am Lufteintritt wie auch am Luftaustritt ein freier Raum bleibt, der zumindest dem doppelten Durchmesser (oder Äquivalentdurchmesser) der Prüf-strecke entspricht. Weiterhin sollen die Kennwerte der Um-gebungsluft während der Prüf-ungsdauer nicht merklich ver-ändert werden.

2.2 Prüfstrecke

Das Schema der Prüfstrecke ist in Abbildung 1 dargestellt; sie umfaßt in Strömungsrichtung:

- das zu prüfende Gerät,
- eventuell ein mit Leitschaufeln versehenes Bogenstück,
- eventuell ein Anschlußstück,
- das Meßrohr,
- eine Luftstrom-Regelvorrichtung.

2. TEST ARRANGEMENT

2.1 Room

Unless otherwise specified by the manufacturer, the fanned warm air generator should be installed in a room of such size as to provide a free space at the air inlet and outlet, which is at least twice the diameter (or equivalent diameter) of the test system. Furthermore, the thermodynamic quantities pertaining to the ambient air should not be notably modified during the test period.

2.2 Test system

The general scheme of the test system is represented in figure 1; it comprises from upstream to downstream:

- the unit to be tested;
- possibly an elbow provided with turning vanes;
- possibly a connection piece;
- the measuring duct;
- an air flow rate control device.

2.2.1 Coude

Si l'orifice de sortie de l'air du générateur n'est pas coaxial au conduit de mesure, le raccordement se fera par l'intermédiaire d'un coude; dans le cas où l'orifice est rectangulaire ce coude comprendra quatre aubes directrices, comme indiqué à la figure 2. On devra toujours choisir le montage conduisant à la valeur minimale de l'angle χ du coude.

2.2.2 Pièce de raccordement

Dans le cas où la section du conduit de mesure n'est pas identique à celle de l'orifice de sortie de l'air chaud sur l'appareil, une pièce de raccordement doit être utilisée. Si cette pièce est divergente, la section du conduit de mesure ne doit pas différer de plus de 7,5% de celle de l'orifice de sortie de l'air chaud du générateur et tout angle d'une paroi de la pièce de raccordement avec l'axe de l'écoulement ne doit pas excéder 7° . Si la pièce est convergente, la différence relative des sections doit être au plus égale à 12,5%, et les angles des aubes directrices dans la pièce de raccordement ne doivent pas dépasser 15° .

2.2.1 Bogenstück

Wenn die Luftaustrittsöffnung des WLE nicht coaxial zum Meßrohr ist, wird die Verbindung über ein Bogenstück hergestellt; bei einer rechteckigen Öffnung umfaßt dieses Bogenstück - wie in Abbildung 2 gezeigt - vier Leitschaufeln. Es sollte immer ein Aufbau, der zu einem Kleinstwert des Winkels χ des Bogenstücks führt, gewählt werden.

2.2.2 Anschlußstück

Wenn der Meßrohr-Querschnitt nicht mit dem der Austrittsöffnung der Warmluft des Gerätes identisch ist, soll ein Anschlußstück verwendet werden. Wenn dieses Stück divergent ist, sollte der Meßrohrquerschnitt nicht mehr als 7,5% von der Fläche der Warmluftaustrittsöffnung des WLE abweichen und jeder Winkel zwischen den Leitblechen des Anschlußstückes und der Achse der Strömung sollte nicht größer als 7° sein. Wenn das Stück konvergent ist, sollte der Unterschied hinsichtlich der Querschnitte höchstens 12,5% betragen und die Abwinkelung der Leitbleche im Verbindungsstück höchstens 15° .

2.2.1 Elbow

If the air outlet of the generator is not coaxial to the measuring duct, the connection shall be made by means of an elbow; if the orifice is rectangular, this elbow comprises four turning vanes, as indicated in figure 2. That assembly, which leads to the smallest value of the angle χ of the elbow should always be chosen.

2.2.2 Connection piece

If the cross-section of the measuring duct is not identical to that of the outlet of warm air on the unit, a connection piece should be used. If this piece is divergent then the measuring section of the duct should not differ by more than 7,5% of the area of the warm air outlet of the generator and every angle between the guide vanes of the connection piece and the axis of the flow should not exceed 7° . If the piece is convergent the difference relating to these sections should not be more than 12,5% and the angles of the guide vanes in the connection piece should not be more than 15° .

2.2.3 Conduit de mesure

La section du conduit de mesure peut être soit circulaire, soit rectangulaire; toutefois on utilisera de préférence la section circulaire.

Le conduit de mesure sera disposé horizontalement. Il doit avoir une longueur d'au moins 11 fois son diamètre intérieur D (dans le cas où il est à section circulaire) ou la moyenne arithmétique (qu'on appellera aussi D) des côtés du rectangle dans le cas d'une section rectangulaire.

À une distance égale à $2 D$ de l'entrée du conduit de mesure doit être placé un élément antigiratoire destiné à assurer un écoulement sensiblement axial dans la section de mesure (voir fig. 3).

Les mesures des pressions totale et dynamique réalisées avec un tube de Pitot double sont effectuées dans une section située à une distance égale à $3 D$ à l'amont de l'extrémité aval du conduit de mesure les mesures de

2.2.3 Meßrohr

Der Meßrohrquerschnitt kann entweder rund oder rechteckig sein; man benutze jedoch vorzugsweise den runden Querschnitt.

Das Meßrohr wird horizontal angebracht. Seine Länge soll mindestens 11 x seinem Innendurchmesser D (bei rundem Querschnitt), oder 11 x dem arithmetischen Mittel (das ebenfalls mit D gekennzeichnet wird) der Rechteckseiten bei einem rechteckigen Querschnitt entsprechen.

In einer Entfernung von $2 D$ vom Meßrohreintritt soll eine Antidrallvorrichtung angeordnet werden, die dazu dient, eine vorwiegend axiale Strömung im Meßquerschnitt zu gewährleisten (siehe Abb. 3).

Die Messungen des Gesamtdrucks und des dynamischen Drucks werden unter Verwendung eines doppelten Staurohrs in einem Querschnitt $3 D$ vorgenommen, der einen Abstand von dem Austrittsende des Meßrohrs hat. Die Temperaturmessungen wer-

2.2.3 Measuring duct

The cross-section of the measuring duct may be either circular or rectangular, yet the circular cross-section shall be used in preference.

The measuring duct shall be set horizontally. It should have a length of at least 11 times its inner diameter D (if it is of circular cross-section), or the arithmetic mean value (which is also called D) of the rectangle sides in the case of a rectangular cross-section.

An anti-swirl device intended for ensuring a substantially axial flow in the measuring section should be mounted at a distance $2 D$ from the upstream part of the measuring duct (see fig. 3).

The measurements of the total and the velocity pressure are carried out by means of a Pitot-static tube in a cross-section located at the distance $3 D$ upstream of the downstream end of the measuring duct; the temperature measurements

température sont effectuées en des emplacements homologues dans une section située à une distance de $2,5 D$ à l'amont de cette extrémité.

2.2.4 Dispositif de réglage du débit d'air

A la sortie du conduit d'essai doit être aménagé un dispositif d'étranglement symétrique, permettant d'obtenir une résistance réglable.

Si la section de mesure est circulaire, ce dispositif est constitué d'un cône qui peut être déplacé, parallèlement à l'écoulement, comme le montre la figure 4. Si la section de mesure est rectangulaire, il est recommandé d'utiliser des volets inversés.

2.3 Appareillage de mesure

La détermination du débit d'air et de la pression totale à la sortie de l'appareil nécessite la mesure de la pression totale, de la pression dynamique et de la température en un certain nombre d'emplacements des sections de mesure.

den an entsprechenden Stellen in einem Querschnitt, der $2,5 D$ Abstand von dem Austrittsende hat, durchgeführt.

2.2.4 Luftstrom-Regelvorrichtung

Als Regelwiderstand wird eine symmetrische Drosselvorrichtung am Austritt des Meßrohrs angeordnet.

Wenn der Meßquerschnitt kreisförmig ist, ist dieses Teil ein Konus, der parallel zur Strömungsrichtung bewegt werden kann, wie in Abbildung 4 gezeigt. Wenn der Meßquerschnitt rechteckig ist, wird die Verwendung von gegenläufigen Jalousieklappen empfohlen.

2.3 Meßgeräte

Die Bestimmung des Luftstroms und des Gesamtdrucks am Austritt des Gerätes verlangt die Messung des Gesamtdrucks, des dynamischen Drucks und der Temperatur in einer gewissen Anzahl von Punkten in den Meßquerschnitten.

are made in corresponding locations in a cross-section situated at the distance $2,5 D$ upstream of this end.

2.2.4 Air flow rate control device

A symmetrical throttling device to obtain an adjustable resistance should be arranged at the measuring duct outlet. If the measuring section is circular, this part is a cone which can be moved parallel to the flow as shown in Fig. 4. If the measuring section is rectangular the use of opposed blade multiple leaf dampers is recommended.

2.3 Measuring instrumentation

The determination of the air flow rate and of the total pressure at the apparatus outlet required the measurement of the total pressure, the velocity pressure and of the temperature in a certain number of locations of the measuring section.

2.3.1 Pressions totale et dynamique

Elles sont mesurées au moyen d'un tube de Pitot double conforme aux prescriptions de Recommandation établi par ISO/TC 30 pour ce type d'appareil.

TC 30 pour ce type d'appareil. Le diamètre extérieur de l'antenne du tube n'excédera pas 2 % de celui du conduit de mesure lorsque ce dernier est circulaire ou du plus petit côté du rectangle lorsque le conduit de mesure est de section rectangulaire.

Le tube de Pitot double doit être parallèle à l'axe du conduit de mesure, l'erreur de parallélisme n'excédant pas 3°.

Le manomètre utilisé pour les mesures de pression devra permettre d'évaluer la pression mesurée à 0,5 Pa au plus.

2.3.2 Température

L'exploration des températures peut être réalisée directement à l'aide de plusieurs éléments sensibles fixes au lieu d'un seul élément mobile. Dans ce cas leur dimension doit être assez réduite pour ne pas influencer l'écoulement d'air.

2.3.1 Gesamtdruck und dynamischer Druck

Sie werden mittels eines doppelten Staurohrs, das konform mit der von ISO/TC 30 für diesen Gerätetyp erstellten Empfehlung ist, gemessen. Der Außendurchmesser über die "Antennen" des Staurohrs soll nicht größer sein als 2% des Durchmessers des Meßrohrs, wenn dieses rund ist oder der kleineren Rechteckseite, wenn der Querschnitt des Meßrohrs rechteckig ist.

Das doppelte Staurohr soll parallel zur Meßrohrachse liegen; der Fehler in der Parallelität soll nicht größer als 3° sein.

Das für die Druckmessungen benutzte Manometer soll es erlauben, den gemessenen Druck mit einer Genauigkeit von mindestens 0,5 Pa anzugeben.

2.3.2 Temperatur

Die Temperatur-Netzmessung kann direkt unter Verwendung von mehreren fest verbundenen, empfindlichen Geräten, anstatt eines einzigen beweglichen Elementes durchgeführt werden. In diesem Falle sollen sie jedoch klein genug sein, um die Luftströmung nicht zu beeinflussen.

2.3.1 Total and velocity pressures

They are measured by means of a Pitot-static tube that conforms to the prescriptions of the recommendation established by ISO/TC 30 for this type of apparatus. The outer diameter of the head of the tube should not exceed 2% of the measuring duct diameter, when this latter is circular, or of the smaller rectangle side, when the measuring duct has a rectangular cross-section.

The Pitot-static tube should be substantially parallel to the measuring duct axis, the parallelism error being not greater than 3° .

The manometer used of the pressure measurements should allow to determine the measured pressure within 0,5 Pa at most.

2.3.2 Temperature

The temperature traverses may be directly carried out by means of several sensitive elements fixed together instead of only one movable element. In this case their size should, however, be sufficiently small in order not to influence the air flow.

3. MISE EN OEUVRE DE LA METHODE
- MESURES -

3.1 Conditions d'essai

Les caractéristiques aérauliques pour de l'air à l'entrée de l'appareil sont:

- température = 20°C
- humidité relative = 65 %
- pression atmosphérique = 101 325 Pa

Cet air a une masse volumique de 1,200 kg/m³.

Pour les essais, la température de l'air à l'entrée de l'appareil doit être comprise entre 10° et 30°C.

Au moyen du dispositif de réglage du débit d'air (§ 2.2.4), on fait varier le débit et la pression du générateur de manière à mesurer ses caractéristiques dans toute la plage de fonctionnement indiquée par son constructeur.

Les mesures sont faites en régime thermique stable. Ce régime est considéré comme établi lorsque la température des produits de combustion ne varie plus de façon notable.

3. VORSCHRIFTEN BEZÜGLICH DES
VERFAHRENS - MESSUNGEN -

3.1 Prüfbedingungen

Die lufttechnischen Daten für die Luft am Geräte-Eintritt sind:

- Temperatur = 20°C
- relative Feuchtigkeit = 65 %
- atmosphärischer Druck = 101 325 Pa

Diese Luft besitzt eine Dichte von 1,200 kg/m³.

Für die Prüfungen soll die Temperatur der Luft am Geräte-eintritt zwischen 10° und 30°C liegen.

Mit Hilfe der Luftstrom-Regelvorrichtung (§ 2.2.4) ändert man den Durchfluß und den Druck des WLE so, daß seine Charakteristiken über den ganzen vom Hersteller angegebenen Betriebsbereich gemessen werden können.

Die Messungen werden im thermischen Beharrungszustand vorgenommen; dieser Zustand kann als erreicht angesehen werden, wenn die Temperatur der Verbrennungsprodukte nicht mehr merklich variiert.

3. PRESCRIPTIONS RELATED TO
THE METHOD - MEASUREMENTS -

3.1 Test Conditions

The characterizing data
for the air at the inlet
of the apparatus are:

- temperature = 20°C
- relative humidity = 65 %
- atmospheric pressure = 101 325 Pa

This air has a mass density
of 1,200 kg/m³.

For the tests, the air temperature
at the apparatus inlet should
be comprised between 10° and
30°C.

By means of the air flow rate
control device (§ 2.2.4) the
generator's flow rate and
pressure are so varied that
its characteristics are measured
all over the operation range
indicated by its manufacturer.

The measurements are carried
out at steady thermal state
conditions. These conditions are
considered as established when
the temperature of the com-
bustion products does no longer
notably vary.

3.2 Mesures à l'extérieur du circuit d'essai

- Température de l'air ambiant au voisinage de l'entrée de l'appareil, au moyen d'un instrument de mesure sensible placé au centre de chacune des orifices d'entrées;
- températures sèche et humide de l'air ambiant, ou autres grandeurs permettant d'en déterminer l'humidité;
- pression atmosphérique;
- vitesse de rotation du ventilateur.

3.3 Mesures à l'intérieur du circuit d'essai

3.3.1 Grandeurs à mesurer

Aux emplacements définis au paragraphe 3.3.3 on mesurera:

- la pression totale P_{ti}
- la pression dynamique P_{di}
- la température θ_i

3.2 Messungen außerhalb der Prüfstrecke

- Temperatur der Umgebungsluft in der Nähe des Geräte-Eintritts unter Verwendung eines empfindlichen Meßgerätes, das im Zentrum von jeder Eintrittsöffnung angebracht wird;
- Trocken- und Feuchttemperatur der Umgebungsluft, oder andere Größen, die es gestatten, deren Feuchtigkeit zu bestimmen;
- atmosphärischer Druck;
- Ventilatorendrehzahl.

3.3 Messungen innerhalb der Prüfstrecke

3.3.1 Meßgrößen

In den im Abschnitt 3.3.3 angegebenen Punkten werden gemessen:

- der Gesamtdruck p_{ti}
- der dynamische Druck p_{di}
- die Temperatur θ_i

3.2 Measurements outside the test system

- Ambient air temperature near the apparatus inlet by means of a sensitive measuring instrument located in the center of each inlet opening;
- dry-bulb and wet-bulb temperatures of ambient air or other quantities allowing to determine its humidity;
- atmospheric pressure;
- rotational fan speed.

3.3 Measurements inside the test system

3.3.1 Quantities to be measured

At the locations defined under paragraph 3.3.2 shall be measured:

- the total pressure p_{ti}
- the velocity pressure p_{di}
- the temperature θ_i

3.3.2 Conditions de validité des mesures

- La vitesse moyenne de l'air dans le conduit de mesure devra être au moins égale à 4 m/s.
- Le nombre de Reynolds Re_d rapporté au diamètre de l'orifice de pression totale du tube de Pitot et à la vitesse V_i au point considéré devra être au moins égal à 200.
- Le diamètre de l'étrave du tube de Pitot ne peut excéder la distance de l'axe de l'étrave à la paroi la plus proche.

3.3.3 Détermination des emplacements des points de mesure

Les sections où sont mesurées les pressions et la température sont définies au paragraphe 2.2.3.

L'emplacement des points de mesure pour les mesures de pression et de température dans ces sections sont déterminés par la méthode dite "Log-Tchebycheff", et définis aux paragraphes suivants.

Dans tous les cas, l'erreur sur la position de chacun de

3.3.2 Gültigkeitsbedingungen für die Messungen

- Die mittlere Luftgeschwindigkeit im Meßrohr soll mindestens 4 m/s sein.
- Die Reynoldszahl bezogen auf den Durchmesser der Öffnung für den Gesamtdruck des Staurohrs und auf die Geschwindigkeit V_i im betreffenden Punkt soll mindestens 200 sein.
- Der Durchmesser des Druckkopfes des Staurohrs darf nicht die Entfernung zwischen der Druckkopfachse und der nächstgelegenen Trennwand überschreiten.

3.3.3 Bestimmung der Lage der Meßpunkte

Die Querschnitte, in denen die Drucke und die Temperatur gemessen werden, sind in Abschnitt 2.2.3 angegeben.

Die Lage der Meßpunkte für die Messung von Druck und Temperatur in diesen Querschnitten wird durch die sogenannte "Log - Tchebycheff"-Methode bestimmt und in den folgenden Abschnitt erläutert. In allen Fällen soll ein Fehler in der Lage jedes dieser Punkte geringer als

3.3.2 Validity conditions for the measurements

- The mean air velocity in the measuring duct should be at least 4 m/s.
- The Reynolds number related to the diameter of the total pressure orifice of the Pitot tube and to the velocity V_1 in the considered point should be at least 200.
- The diameter of the nose of the Pitot tube should not exceed the distance from the nose axis to the nearest wall.

3.3.3 Determination of the locations of the measuring points

The cross-sections for pressure and temperature measurements are specified under par. 2.2.3.

The location of the measuring points to measure the pressure and temperature in these sections are determined according to the so called "Log-Tchebycheff-method" defined in the following paragraphs. In any case, the error relating to the position of each of these points should be smaller than

ces points doit être inférieure à 0,5 % du diamètre intérieur du conduit de mesure s'il est de section circulaire, ou à 0,5 % du plus petit côté du rectangle s'il est à section rectangulaire, et de plus inférieure à 5 % de la distance de l'axe de l'étrave du tube de Pitot à la paroi la plus proche.

0,5 % des Innendurchmessers des Meßrohres sein, wenn dieses einen runden Querschnitt besitzt, oder geringer als 0,5 % der kleineren Rechteckseite, wenn ein rechteckiger Querschnitt vorliegt, und weiterhin geringer als 5 % der Entfernung zwischen der Druckkopfachse und der nächstgelegenen Trennwand.

3.3.3.1 Conduit de section circulaire

24 points de mesure sont répartis sur trois diamètres, à raison de huit points par diamètre.

Les trois diamètres font entre eux des angles de 60°; l'un d'eux est horizontal. Les distances des huit points à la paroi sont:

1er point	(0,024) D
2è point	(0,100) D
3è point	(0,194) D
4è point	(0,335) D
5è point	(0,665) D
6è point	(0,806) D
7è point	(0,900) D
8è point	(0,976) D

3.3.3.1 Rohr mit rundem Querschnitt

24 Meßpunkte werden auf drei Durchmessern verteilt, und zwar acht Punkte pro Durchmesser.

Die drei Durchmesser stehen in Winkeln von 60° zueinander; einer von ihnen ist horizontal. Die Entfernungen zwischen den acht Punkten und der Wand sind:

1. Punkt	(0,024) D
2. Punkt	(0,100) D
3. Punkt	(0,194) D
4. Punkt	(0,335) D
5. Punkt	(0,665) D
6. Punkt	(0,806) D
7. Punkt	(0,900) D
8. Punkt	(0,976) D

0,5 % of the inner duct diameter if it is of circular cross-section, or smaller than 0,5 % of the smaller side of the rectangle if it is of rectangular cross-section, and, moreover, smaller than 5 % of the distance from the nose axis of the Pitot tube to the nearest wall.

3.3.3.1 Duct with circular cross-section

24 measuring points are distributed on three diameters, at the rate of eight points per diameter.

The three diameters stand at angles of 60° between themselves; one of them is horizontal. The distance of the eight points to the wall are

1st point	(0,024) D
2nd point	(0,100) D
3rd point	(0,194) D
4th point	(0,335) D
5th point	(0,665) D
6th point	(0,806) D
7th point	(0,900) D
8th point	(0,976) D

3.3.3.2 Conduit de section rectangulaire

36 points de mesure sont disposés selon le schéma de la figure 5. Les abscisses et ordonnées de ces points sont définies par:

Y et Z étant les dimensions des deux côtés du rectangle.

3.3.3.2 Rohr mit rechteckigem Querschnitt

36 Meßpunkte werden gemäß dem Schema der Abb. 5 angeordnet. Die Abszissen und Ordinaten dieser Punkte sind festgelegt durch:

Y und Z sind dabei die beiden Seitenlängen des Rechtecks.

$$\frac{y_1}{Y} = \frac{z_1}{Z} = 0,061$$

$$\frac{y_2}{Y} = \frac{z_2}{Z} = 0,235$$

$$\frac{y_3}{Y} = \frac{z_3}{Z} = 0,437$$

$$\frac{y_4}{Y} = \frac{z_4}{Z} = 0,563$$

$$\frac{y_5}{Y} = \frac{z_5}{Z} = 0,765$$

$$\frac{y_6}{Y} = \frac{z_6}{Z} = 0,939$$

3.3.3.2 Duct with rectangular cross-section

36 measuring points are distributed according to the diagram of figure 5. The abscissas and ordinates of these points are defined by:

Y and Z are as well the both side lengths of the rectangle

4. CALCUL DES CARACTERISTIQUES AERAULIQUES

4.1 Symboles et unites

A	aire de la section de mesure (m^2)
C	longueur du conduit de mesure (m)
D	diamètre intérieur du conduit de mesure de section circulaire (m)
E,F	dimensions des côtés de la section rectangulaire du coude (m)
k	coefficient correcteur
n	nombre de points de mesure dans la section de mesure
p_a	pression atmosphérique (Pa)
p_{dm}	pression dynamique correspondant à la vitesse V_m (Pa)
p_{ei}	pression effective au point i (Pa)
p_{ti}	pression totale au point i (Pa)
p_{tm}	pression totale moyenne dans la section de mesure (Pa)
p_{ts}	pression totale à l'orifice de sortie du générateur (Pa)
p'_v	pression de vapeur d'eau saturante à la température Θ_s (Pa)
p_{va}	pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air ambiant (Pa)
q_m	valeur calculée du débit-masse d'air chaud (kg/s)
q_v	valeur calculée du débit-volume d'air chaud dans la section de mesure (m^3/s)
Re_d	nombre de Reynolds "relatif au tube de Pitot"

4. BERECHNUNG DER LUFTECHNISCHEN DATEN

4.1 Symbole und Einheiten

A	Fläche des Meßquerschnitts (m^2)
C	Länge des Meßrohrs (m)
D	Innendurchmesser des Meßrohrs mit rundem Querschnitt (m)
E,F	Seitenlängen des rechteckigen Querschnitts des Bogenstücks (m)
k	Berichtigungsfaktor
n	Anzahl der Meßpunkte im Meßquerschnitt
p_a	Atmosphärendruck (Pa)
p_{dm}	dynamischer Druck, der der Geschwindigkeit V_m entspricht (Pa)
p_{ei}	Wirkdruck im Punkt i (Pa)
p_{ti}	Gesamtdruck im Punkt i (Pa)
p_{tm}	mittlerer Gesamtdruck im Meßquerschnitt (Pa)
p_{ts}	Gesamtdruck an der Austrittsöffnung des Generators (Pa)
p'_v	Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei der Temperatur Θ_s (Pa)
p_{va}	Teildruck des Wasserdampfes in der Umgebungsluft (Pa)
q_m	errechneter Wert des Warmluft-Massenstroms (kg/s)
q_v	errechneter Wert des Warmluft-Volumenstroms im Meßquerschnitt (m^3/s)
Re_d	Reynoldszahl "bezogen auf das Staurohr"

4. CALCULATION OF THE AIR PERFORMANCE

4.1 Symbols and units

A	measuring section area (m^2)
C	length of the measuring duct (m)
D	inner diameter of the measuring duct of circular cross-section (m)
E,F	dimensions of the sides of the rectangular cross-section of the elbow (m)
k	correction factor
n	number of measuring points in the cross-section
p_a	atmospheric pressure (Pa)
p_{dm}	velocity pressure corresponding to the velocity V_m (Pa)
p_{ei}	effective pressure at the point i (Pa)
p_{ti}	total pressure at the point i (Pa)
p_{tm}	mean total pressure in the measuring section (Pa)
p_{ts}	total pressure at the generator's outlet (Pa)
p'_v	saturation water vapour pressure at temperature θ_s (Pa)
p_{va}	partial water vapour pressure in ambient air (Pa)
q_m	calculated value of the warm air mass flow rate (kg/s)
q_v	calculated value of the warm air volume flow rate in the measuring section (m^3/s)
Re_d	Reynolds number "relating to the Pitot tube"

Re	nombre de Reynolds dans la section de mesure, rapporté à son diamètre hydraulique (1) à la vitesse V_m	Re	Reynoldszahl im Meßquerschnitt bezogen auf seinen hydraulischen Durchmesser (1) bei der Geschwindigkeit V_m
V_i	vitesse de l'air déterminée au point i (m/s)	V_i	im Punkt i bestimmte Luftgeschwindigkeit (m/s)
V_m	vitesse moyenne calculée de l'air dans la section de mesure (m/s)	V_m	errechnete mittlere Luftgeschwindigkeit im Meßquerschnitt (m/s)
Y,Z	dimensions intérieure du conduit de mesure de section rectangulaire (m)	Y,Z	Innenabmessungen des Meßrohrs mit rechteckigem Querschnitt (m)
ρ_i	masse volumique de l'air au point i (kg/m^3)	ρ_i	Luftdichte im Punkt i (kg/m^3)
ρ_m	masse volumique moyenne de l'air dans la section de mesure (kg/m^3)	ρ_m	mittlere Luftdichte im Meßquerschnitt (kg/m^3)
θ_i	température de l'air au point i ($^{\circ}\text{C}$)	θ_i	Lufttemperatur im Punkt i ($^{\circ}\text{C}$)
θ_s, θ_h	températures sèche et humide de l'air ambiant ($^{\circ}\text{C}$)	θ_s, θ_h	Trocken- und Feuchttemperatur der Umgebungsluft ($^{\circ}\text{C}$)
K	angle du coude (rad)	K	Winkel des Bogenstücks (rad)

(1) Dans le cas d'un conduit de section rectangulaire, le diamètre hydraulique sera calculé au moyen de l'expression:

(1) Im Falle eines Rohres mit rechteckigem Querschnitt wird der hydraulische Durchmesser mit Hilfe der Formel

$$D = \left[\frac{Y^5 + Z^5}{(Y+Z)^2} \right]^{0,125}$$

berechnet.

Re	Reynolds number in the measuring section related to its hydraulic diameter (1) at the velocity V_m
V_i	air velocity determined at point i (m/s)
V_m	calculated mean air velocity in the measuring section (m/s)
Y, Z	inner dimensions of the measuring duct of rectangular cross-section (m)
ρ_i	value of air mass density at point i (kg/m^3)
ρ_m	mean value of air mass density in the measuring section (kg/m^3)
θ_i	air temperature at point i ($^{\circ}C$)
θ_s, θ_h	dry and wet bulb temperatures of ambient air ($^{\circ}C$)
χ	elbow angle (rad)

(1) In the case of a duct with rectangular cross-section, the hydraulic diameter shall be calculated by means of the expression

4.2 Calcul du débit d'air et de la pression totale à la sortie

Pour chaque point de fonctionnement de l'appareil, les mesures donnent les valeurs des paramètres suivants:

pour l'atmosphère

pour chacun des n points i

On détermine le rapport de la pression de vapeur d'eau dans l'air ambiant à la pression atmosphérique au moyen de l'expression:

dans laquelle p'_v est donnée, en fonction de θ_s , par la courbe de la figure 6.

4.2 Berechnung des Luftstroms und des Gesamtdrucks am Austritt

Für jeden Betriebspunkt des Gerätes liefern die Messungen die Werte der folgenden Parameter:

für die Atmosphäre

für jeden der n Punkte i

$$p_a \quad \theta_s \quad \theta_h$$

$$p_{ti} \quad p_{ei} \quad \theta_i$$

Das Verhältnis des Wasserdampfdrucks in der Umgebungsluft zum atmosphärischen Druck wird mit Hilfe des folgenden Ausdrucks bestimmt:

$$\frac{p_{va}}{p_a} = \frac{p'_v}{p_a} - 0,00066 (\theta_s - \theta_h)$$

in der p'_v in Abhängigkeit von θ_s durch die Kurve der Abb. 6 gegeben ist.

4.2 Calcul of the air flow rate
and of the total pressure
at the outlet

For each operating point of the unit, the measurements give the values of the following parameters:

for the atmosphere:

for each of the n points i

The ratio between water vapour pressure in ambient air and atmospheric pressure is determined by means of the expression:

in which p'_v is given, versus θ_s , by the plot of figure 6.

4.2.1 Masse volumique de l'air au point i

En posant:

on a:

4.2.2 Vitesse de l'air déterminée au point i

4.2.3 Débit d'air chaud

On calcule les valeurs suivantes:

Vitesse moyenne de l'air dans la section de mesure:

Débit-volume de l'air dans la section de mesure:

4.2.1 Luftdichte im Punkt i

Wenn man setzt:

$$\rho = 3,485 \cdot 10^{-3} \left(1 - \frac{3}{2} \frac{p_{va}}{p_a}\right)$$

erhält man:

$$\rho_i = \frac{p_d + p_{ei}}{\rho (273,16 + \theta_i)}$$

4.2.2 Im Punkt i bestimmte Luftgeschwindigkeit

$$v_i = \sqrt{\frac{2 (p_{ti} - p_{ei})}{\rho_i}}$$

4.2.3 Warmluftstrom

Die folgenden Werte werden berechnet:

Mittlere Luftgeschwindigkeit im Meßquerschnitt:

$$v_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

Volumenstrom der Luft im Meßquerschnitt

$$q_v = A v_m$$

4.2.1 Air mass density
at point i

Setting:

we get:

4.2.2 Air velocity determined
at point i

4.2.3 Warm air flow rate

The following values are
calculated:

Mean air velocity in the
measuring section:

Volume flow rate of the
air in the measuring section:

Débit-masse de l'air:

Massenstrom der Luft

$$q_m = \frac{A}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \rho_i V_i$$

Masse volumique moyenne
de l'air dans la section
de mesure:

Mittlere Luftdichte im
Meßquerschnitt:

$$\rho_m = \frac{q_m}{q_v}$$

4.2.4 Calcul de la pression totale
à la sortie

4.2.4 Berechnung des Gesamtdrucks
am Austritt

Valeur moyenne de la pression
totale dans la section de
mesure:

Mittelwert des Gesamtdrucks
im Meßquerschnitt:

$$p_{tm} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_i p_{ti}}{\sum_{i=1}^{i=n} V_i}$$

Pression dynamique de la
vitesse moyenne:

Dynamischer Druck der mitt-
leren Geschwindigkeit:

$$p_{dm} = \frac{1}{2} \rho_m V_m^2$$

Coefficient correcteur:

Berichtigungsfaktor:

- pour un conduit droit
de section circulaire:

- für ein gerades Rohr mit
rundem Querschnitt:

$$k_1 = 0,014 \cdot \text{Re}^{-0,17} \frac{C}{D}$$

Mass flow rate of the air:

Mean value of air mass
density in the measuring
section:

4.2.4 Calculation of the total
pressure at the outlet

Mean value of the total
pressure in the measuring
section:

Velocity pressure corresponding
to the mean velocity:

Correction factor:

- for a straight duct of
circular cross-section:

- pour un conduit droit de section rectangulaire:

- für ein gerades Rohr mit rechteckigem Querschnitt:

$$k_1 = 0,007 \cdot \text{Re}^{-0,17} \cdot C \frac{Y + Z}{YZ}$$

- pour l'élément antigiratoire:

- für die Antidrallvorrichtung:

$$k_2 = 0,20$$

- pour le coude (s'il y a lieu):

- für das Bogenstück (wenn vorhanden):

$$k_3 = \frac{\chi}{2\pi} \left(\frac{E}{F} \right)^{1/6}$$

$$k = k_1 + k_2 + k_3$$

Pression totale à la sortie de l'appareil:

Gesamtdruck am Geräteaustritt:

$$p_{ts} = p_{tm} + k p_{dm}$$

- for a straight duct of
rectangular cross-section:

- for the antiswirl device:

- for the elbow
(if provided):

Total pressure at the
apparatus outlet:

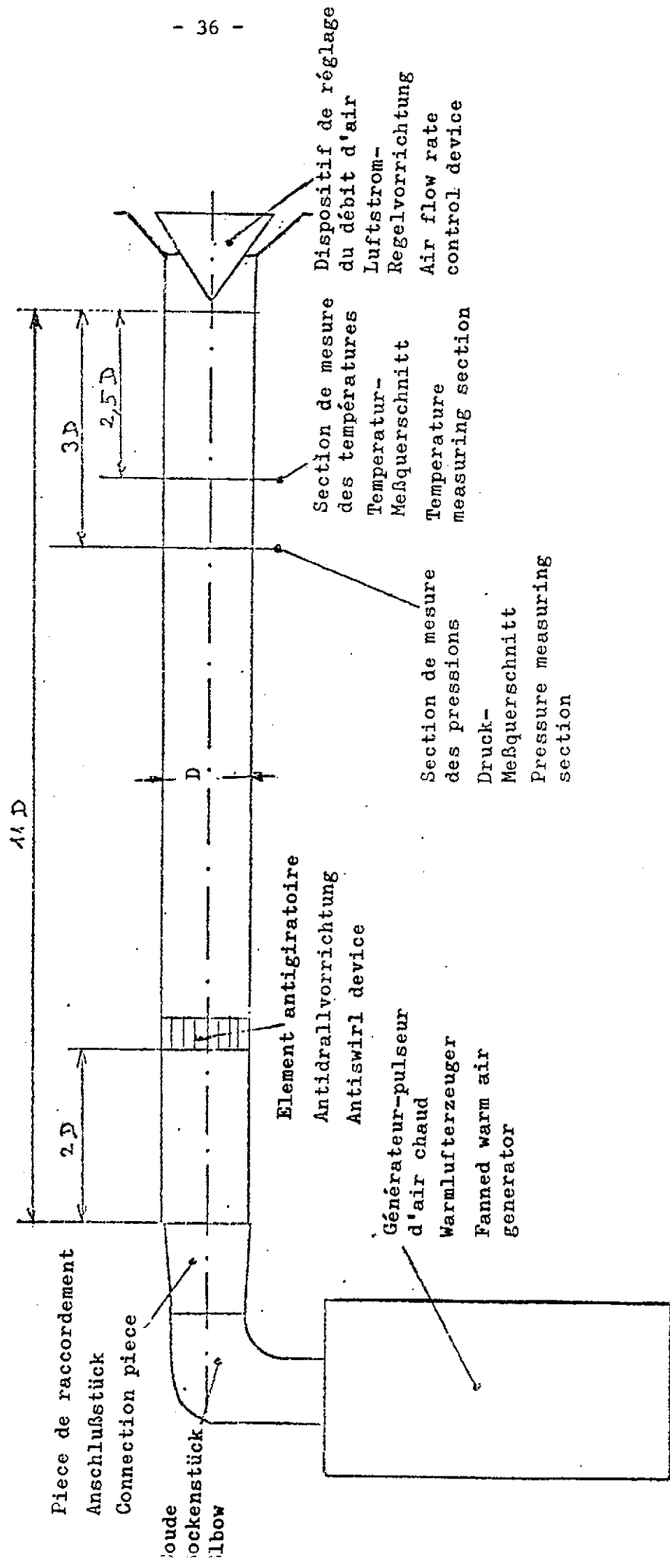


Figure 1 Circuit d'essai

Abbildung 1 Prüfstrecke

Figure 1 Test system

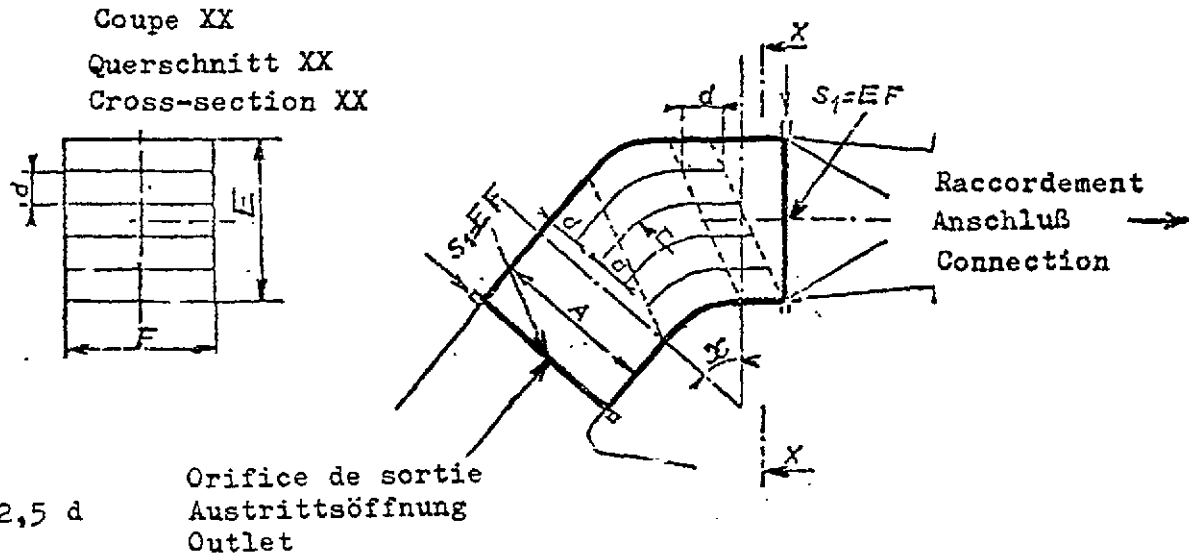
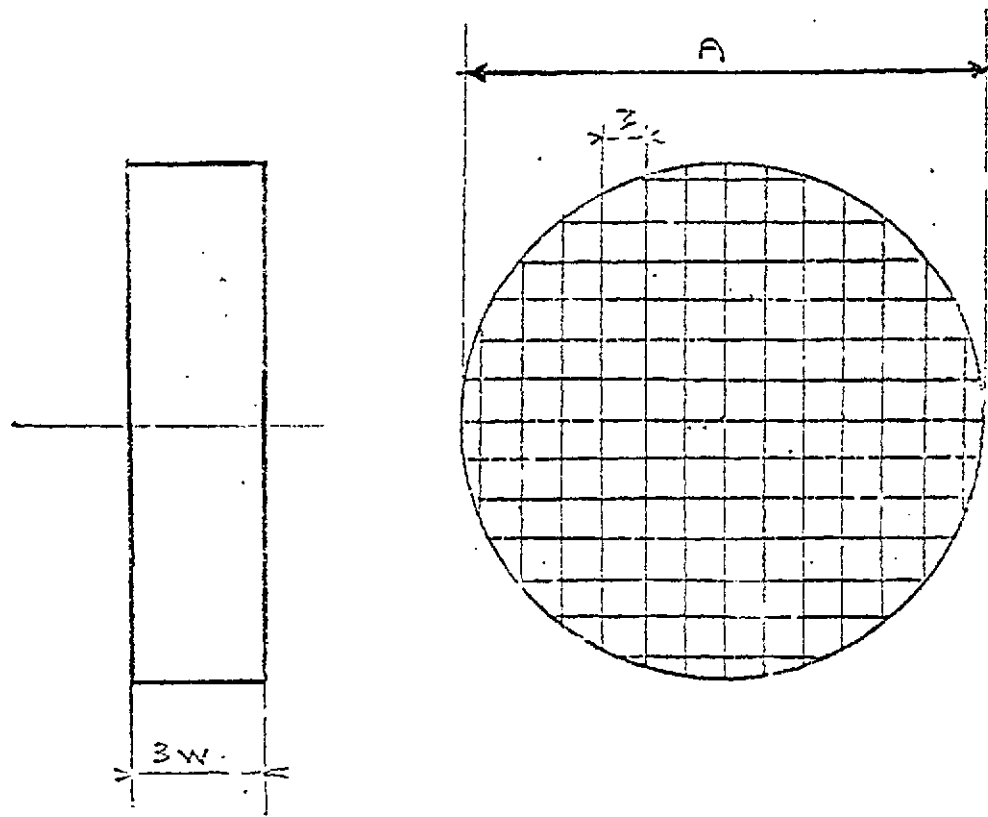


Figure 2 Installation d'essai avec coude à aubes directrices
Abbildung 2 Prüfanordnung mit einem mit Leitschaufeln ausgestatteten Bogenstück
Figure 2 Test installation with elbow equipped with guide vanes



$(0,075) \cdot D$ W $(0,15) \cdot D$

$$D = \frac{\sqrt{4 a b}}{\pi}$$

Figure 3 Element antigiratoire
Abbildung 3 Antidrallvorrichtung
Figure 3 Antiswirl device

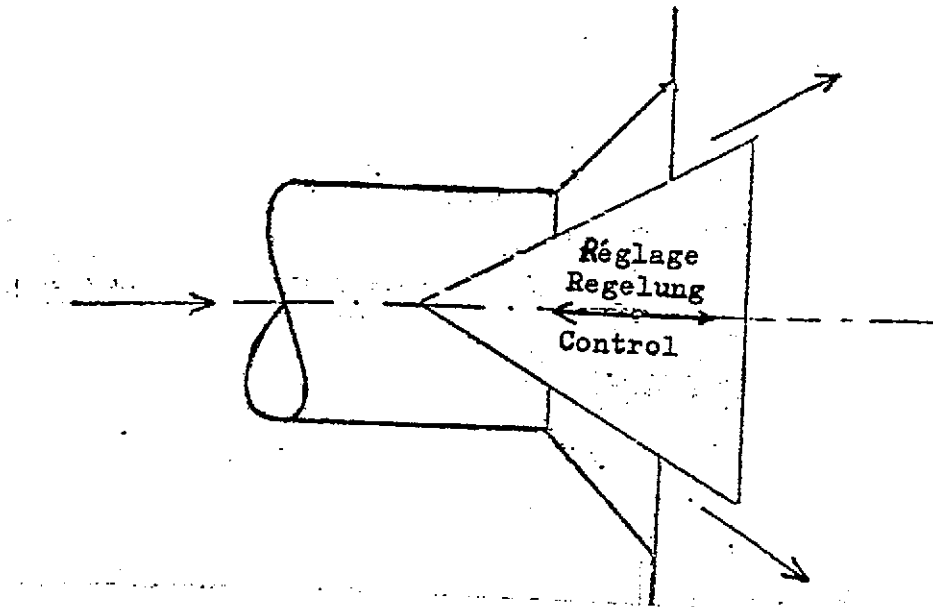


Figure 4 Dispositif de réglage du débit d'air pour circuit d'essai avec section de mesure circulaire
Abbildung 4 Luftstrom-Regelvorrichtung für Meßstrecke mit rundem Meßquerschnitt
Figure 4 Air flow rate control device for test system with circular cross-section

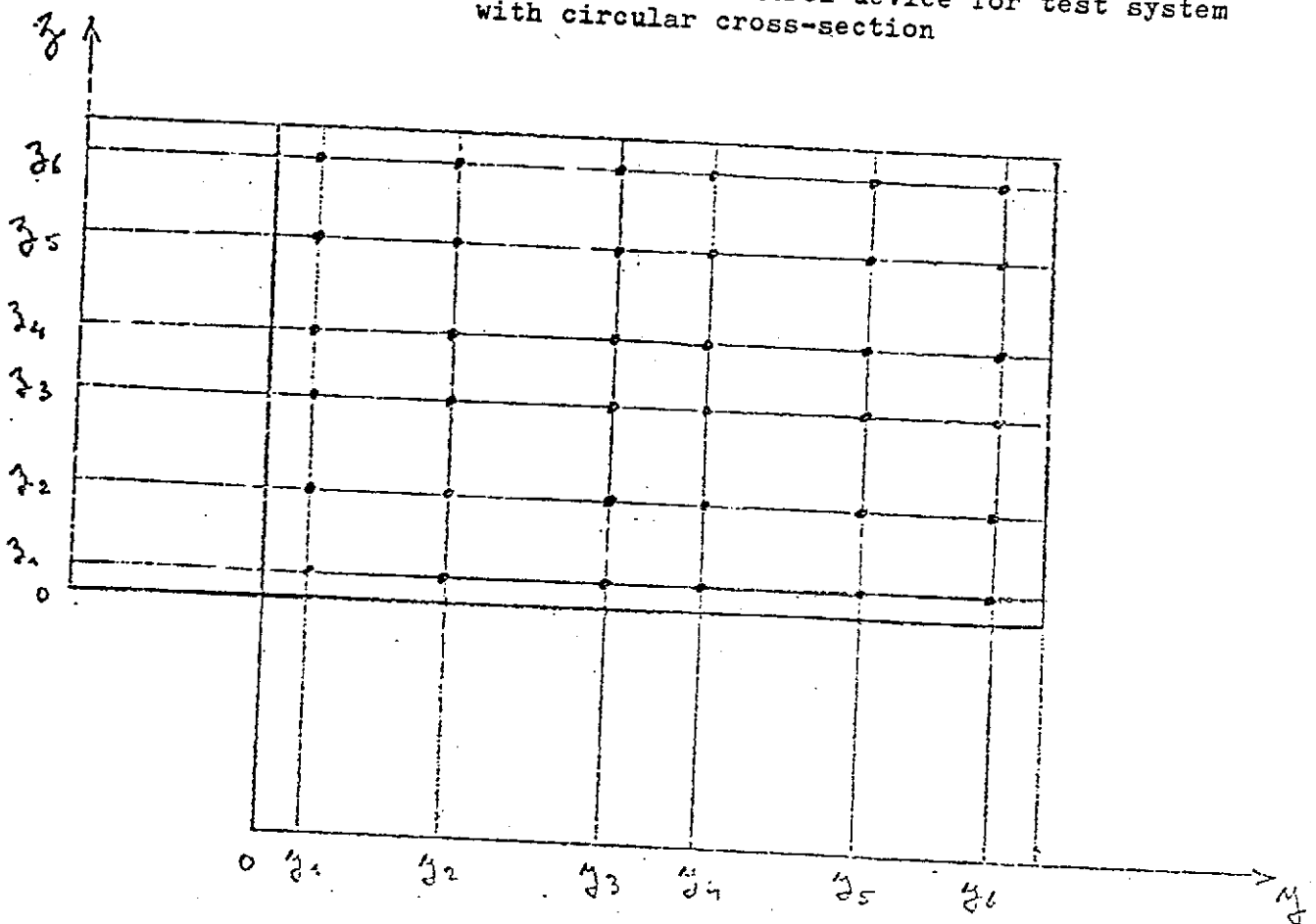


Figure 5 Repartition des points de mesure dans un conduit d'essai à section rectangulaire
Abbildung 5 Verteilung der Meßpunkte in einer Meßstrecke mit rechteckigem Querschnitt
Figure 5 Measuring point distribution in a test duct of rectangular cross-section

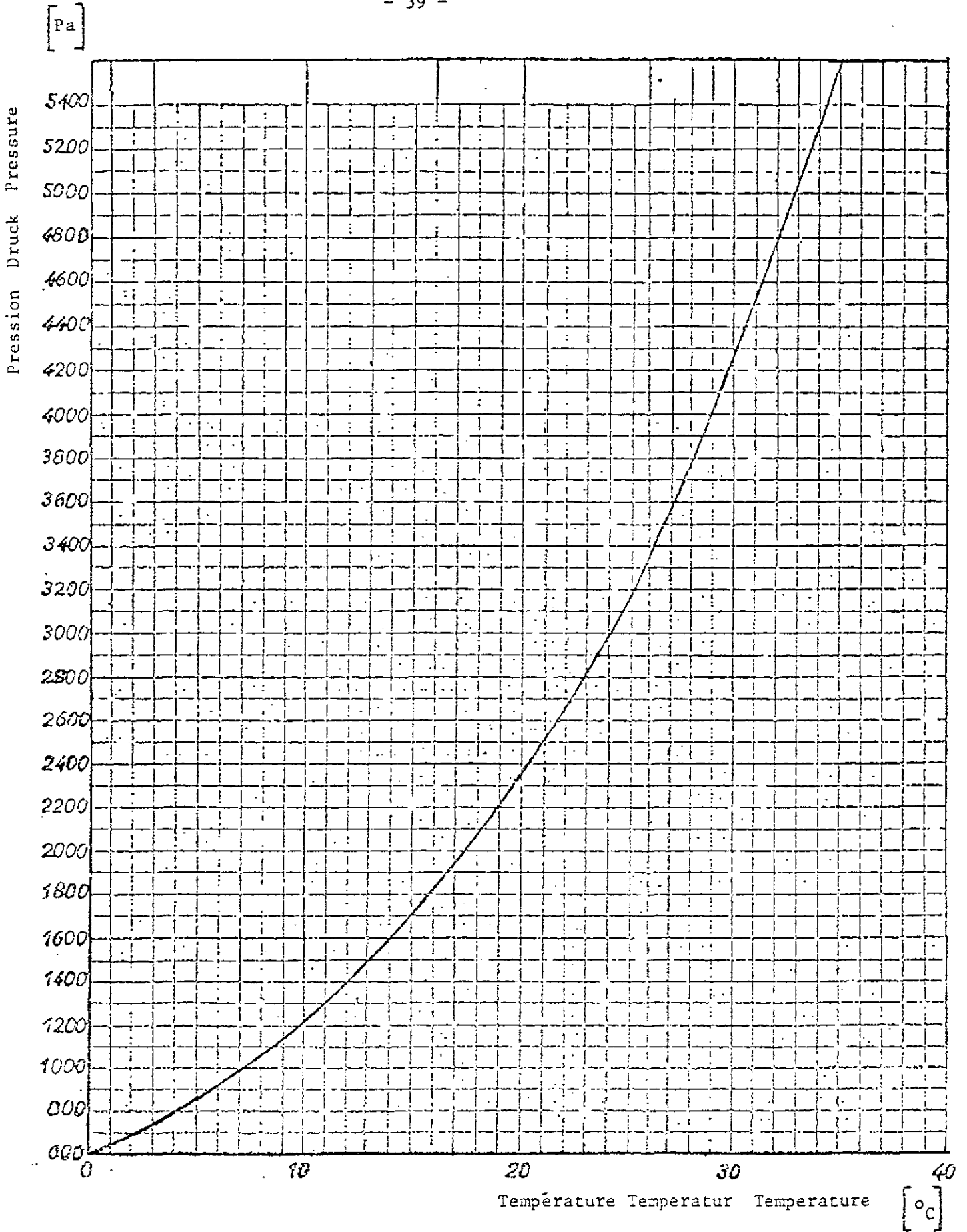


Figure 6 Pression de la vapeur d'eau à la saturation (Pa)
Abbildung 6 Sättigungsdruck des Wasserdampfes (Pa)
Figure 6 Saturation water vapour pressure (Pa)

LIST OF THE MEMBER ASSOCIATIONS « EUROVENT/CECOMAF »

<p>BELGIUM</p> <p>FABRIMETAL 21 rue des Drapiers - B-1050 BRUXELLES Tel. 32/2/5102518 - Fax : 32/2/5102562</p>	<p>FINLAND</p> <p>FREA PL 37 FIN-00801 HELSINKI Tel : 358/0/759 11 66 - Fax : 358/0/755 72 46</p>
<p>FINLAND</p> <p>AFMAHE Etalaranta 10 - FIN-00130 HELSINKI Tel. 358/0/19231 - Fax 358/0/624462</p>	<p>FRANCE</p> <p>UNICLIMA (Syndicat du Matériel Frigorifique, Syndicat de l'Aéraulique) Cedex 72 - F-92038 PARIS LA DEFENSE Tél : 33/1/47176292 - Fax : 33/1/47176427</p>
<p>GERMANY</p> <p>FG ALT im VDMA Postfach 710864 - D-60498 FRANKFURT/MAIN Tel. 49/69/66031227 - Fax : 49/69/66031218</p>	<p>GREAT BRITAIN</p> <p>FETA (HEVAC and BRA) Sterling House - 6 Furlong Road - GB-BUCKS SL 8 5DG Tel : 44/1628/531186 or 7 - Fax : 44/1628/810423</p>
<p>ITALY</p> <p>ANIMA - CO.AER Via Battistotti Sassi, 11 - I-20133 MILANO Tel : 39/2/73971 - Fax : 39/2/7397316</p>	<p>NETHERLANDS</p> <p>VLA Postbus 190 - NL-2700 AD ZOETERMEER Tel. 31/79/531258 - Fax : 31/79/531365</p>
<p>NETHERLANDS</p> <p>NKI Postbus 190 - NL-2700 AD ZOETERMEER Tel : 31/79/531258 - Fax : 31/79/531365</p>	<p>NORWAY</p> <p>NVEF P.O.Box 850 sentrum - N- 0104 OSLO Tel. 47/2/413445 - Fax : 47/2/2202875</p>
<p>SPAIN</p> <p>AFEC Francisco Silvela, 69-1°C - E-28028 MADRID Tel. 34/1/4027383 - Fax : 34/1/4027638</p>	<p>SWEDEN</p> <p>KTG P.O. box 5510 - S-11485 STOCKHOLM Tel. 46/8/7820800 - Fax : 46/8/6603378</p>
<p>SWEDEN</p> <p>SWEDVENT P.O. Box 17537 - S-11891 STOCKHOLM Tel : 46/8/6160400 - Fax : 46/8/6681180</p>	