



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

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

**TECHNIK DER LUFTECHNISCHEN MESSUNGEN
FÜR VERSUCHE IM LABORATORIUM AN
WARMLUFTERZEUGERN FÜR LEITUNGSANSCHLUSS**

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

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

**TECHNIK DER LUFTECHNISCHEN MESSUNGEN
FÜR VERSUCHE IM LABORATORIUM AN
WARMLUFTERZEUGERN FÜR LEITUNGSANSCHLUSS**

AIMS AND OBJECTIVES

Founded in 1959, the European Committee of Air Handling and Air Conditioning Equipment Manufacturers, EUROVENT, is made up of fourteen national trade associations representing the manufacturers of air handling equipment in Europe.

EUROVENT has the aim, on a European level, to facilitate closer ties between the companies of the profession, to promote all desirable and possible exchanges between European manufacturers, and to contribute to an improvement of the marketing conditions and the general development of the profession.

EUROVENT represents the profession in relations with the European authorities and the International Organizations.

DEFINITION ET BUTS

Fondé en 1959, le Comité Européen des Constructeurs de Matériel Aéraulique EUROVENT rassemble quatorze associations professionnelles nationales représentatives des constructeurs de matériel aéraulique en Europe.

EUROVENT se propose de faciliter sur le plan européen un rapprochement des entreprises de la profession, d'aider à tous les échanges souhaitables et possibles entre les constructeurs européens et de contribuer à une amélioration des conditions d'exploitation des marchés et au développement général de la profession.

EUROVENT représente la profession auprès des autorités européennes et des organismes internationaux.

AUFGABEN UND ZIELE

Das 1959 gegründete europäische Komitee der Hersteller von lufttechnischen Geräten und Anlagen, EUROVENT, umfasst vierzehn nationale Fachverbände, die die Hersteller dieser Erzeugnisse in Europa repräsentieren.

EUROVENT hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Annäherung zwischen den Firmen auf europäischer Ebene zu erleichtern, beim wünschenswerten und möglichen Erfahrungsaustausch zwischen den europäischen Herstellern zu helfen, die Marktbedingungen zu verbessern und zu einer allgemeinen Förderung des Fachbereiches beizutragen.

EUROVENT vertritt die Interessen des Berufszweiges gegenüber den europäischen Behörden und den internationalen Organisationen.

INTRODUCTION

Le présent document d'EUROVENT a pour objet de définir une méthode d'essai en plate forme, pour déterminer uniquement les caractéristiques aérauliques des générateurs-pulseurs d'air chaud.

En effet, compte tenu des résolutions de l'ISO/TC 116/SC 5, la puissance thermique de ces appareils est déduite seulement du bilan sur la combustion et des pertes par les parois, sans faire intervention pour caractéristiques aérauliques.

La détermination de la puissance thermique fera l'objet d'un document EUROVENT actuellement en préparation.

EINFÜHRUNG

Der Zweck dieses EUROVENT-Dokumentes ist es, eine Prüfmethode ausschließlich zur Bestimmung der lufttechnischen Eigenschaften eines Warmlufterzeugers mit einer Prüfstrecke festzulegen.

Dabei werden die Beschlüsse von ISO/TC 116/SC 5 berücksichtigt, wonach die thermische Leistung dieser Apparate aus der Wärmebilanz der Verbrennung unter Abzug der Wandverluste ohne Berücksichtigung der lufttechnischen Eigenschaften zu bestimmen ist.

Die Bestimmung der thermischen Leistung wird der Zweck eines weiteren EUROVENT-Dokumentes sein, das zur Zeit vorbereitet wird.

INTRODUCTION

The objective of this EUROVENT Document is to define a test method on a test bench to determine solely the air handling characteristics of fanned warm air generators (with combustion).

Resolutions have been taken by ISO/TC 116/SC 5 to the effect that thermal output shall be deduced from the difference between combustion energy and heat loss from the casing, without taking into account the air handling characteristics.

The determination of thermal output will be the objective of another EUROVENT Document currently being prepared.

TABLE DES MATIERES

| | | Page | | | Page |
|-----|---|------|---|---|------|
| 1. | Dispositif d'essai aéraulique | 2 | 1 | Calcul de la puissance ther- mique dissipée par les parois du circuit d'essai | 22 |
| 1.1 | Schéma du circuit d'essai aéraulique | 2 | | | |
| 1.2 | Conditions d'essais | 10 | 2 | Détermination du diamètre D_5 du diaphragme à partir des caractéristiques de fonctionnement annoncées par le constructeur | 22 |
| 1.3 | Mesures | 12 | | | |
| 2. | Calculs des caractéristiques de fonctionnement | 16 | | | |
| 2.1 | Symboles et unités | 16 | 3 | Calcul du coefficient de cor- rection κ du circuit d'essai | 24 |
| 2.2 | Calculs des caractéristiques de fonctionnement | 18 | 4 | Figures | 26 |

INHALT

| | | Seite | | | Seite |
|-----|--|-------|---|---|-------|
| 1. | Lufttechnische Mess- vorrichtung | 2 | 1 | Berechnung der Wärmeenergie, die durch die Wandungen der Meßstrecke verloren geht | 22 |
| 1.1 | Schema der lufttechni- schen Meßstrecke | 2 | | | |
| 1.3 | Versuchsbedingungen | 10 | 2 | Bestimmung des Durchmessers D_5 der Blende aufgrund der Betriebskennwerte, die vom Her- steller angegeben werden | 22 |
| 1.3 | Messungen | 12 | | | |
| 2. | Berechnungen der Betriebs- kennwerte | 16 | | | |
| 2.1 | Symbole und Einheiten | 16 | 3 | Berechnung des Korrektur- faktors κ für die Meßstrecke | 24 |
| 2.2 | Berechnungen der Betriebs- kennwerte | 18 | 4 | Bilder | 26 |

TABLE OF CONTENTS

| | | Page | | | Page |
|-----|---|------|---|--|------|
| 1. | Aeraulic test device | 3 | 1 | Calculation of thermal power dissipated by the test circuit walls | 23 |
| 1.1 | Diagram of the aeraulic test circuit | 3 | | | |
| 1.2 | Test conditions | 11 | 2 | Determination of the orifice Diameter D_5 starting from the working characteristics given by the manufacturer | 23 |
| 1.3 | Measurements | 13 | | | |
| 2. | Working characteristics calculations | 17 | | | |
| 2.1 | Symbols and units | 17 | 3 | Calculation of the correction coefficient κ of the test device | 25 |
| 2.2 | Working characteristics calculations | 19 | 4 | Figures | 26 |

I. DISPOSITIF D'ESSAI AÉRAULIQUE

1.1 Schéma du circuit d'essai aéraulique

Le circuit d'essai aéraulique (voir annexe 4, fig.1) comprend successivement d'amont en aval suivant le sens de l'écoulement:

- le générateur pulseur d'air chaud en essai,
- un raccordement,
- un croisillon,
- un divergent conique à 7° ,
- un caisson cylindrique avec un dispositif de régularisation et la prise de pression effective,
- un diaphragme en mince paroi.

1.1.1 Générateur pulseur d'air chaud

S'il n'existe qu'un seul orifice de sortie d'air chaud, celui-ci sera assimilé à la buse de refoulement d'un ventilateur et il sera relié au croisillon par un raccordement, comme il est indiqué sous 1.1.2. L'axe du dispositif de mesure sera disposé horizontalement pour éviter le tirage. Un coude à persiennes sera éventuellement interposé entre l'orifice de sortie et l'entrée du divergent, conformément aux indications sous 1.1.2.2.

S'il existe plusieurs orifices de sortie d'air chaud, il est possible d'utiliser autant de divergents qu'il y a de buses ou un caisson collecteur à un seul orifice de sortie dirigé suivant un axe horizontal. Ce caisson établi avec l'accord du constructeur, devra offrir la perte de charge minimale.

1.1.2 Raccordement

1.1.2.1 Raccordement sans coude intermédiaire (cas d'une bouche de sortie coaxiale au caisson) (voir annexe 4, figures 2a et 2b)

Entre la section de sortie du générateur et l'entrée du croisillon, on disposera un raccordement conforme à l'une des deux variantes suivantes:

- a) Raccordement progressif sans variation de section de longueur L_1 égale à la plus grande dimension de l'orifice de sortie D_1 du générateur si l'aire de la section S_2 à l'entrée du croisillon est égale à celle de

I. LUFTECHNISCHE MESSVORRICHTUNG

1.1 Schema der lufttechnischen Meßstrecke

Die lufttechnische Meßstrecke (siehe Anhang 4, Bild 1) umfasst nacheinander von vorne nach hinten im Strömungssinne:

- den zu untersuchenden Warmlufterzeuger,
- einen Anschluss,
- einen Kreuzblechgleichrichter,
- einen konischen Diffusor von 7°
- eine zylindrische Kammer mit einer Ausgleichsvorrichtung und der Meßstelle für den effektiven Druck (statischen Überdruck),
- eine Blende mit dünner Wandung.

1.1.1 Warmlufterzeuger

Falls nur eine Austrittsöffnung für Warmluft vorhanden ist, wird diese wie die Förderdüse eines Ventilators behandelt und, wie in 1.1.2 gezeigt, über einen Anschluss mit dem Kreuzblechgleichrichter verbunden. Die Achse der Messvorrichtung ist waagrecht anzuordnen, um Zegerscheinungen zu vermeiden. Ein Krümmer mit Leitblechen wird ggf. zwischen die Austrittsöffnung und den Eintritt des Diffusors nach den Angaben von 1.1.2.2 eingeschaltet.

Falls mehrere Austrittsöffnungen für die Warmluft vorhanden sind, so können genausoviel Diffusoren wie Öffnungen verwendet werden, oder auch ein Sammelkasten mit einer einzigen Austrittsöffnung in waagrecht Achsrichtung. Diese im Einverständnis mit dem Hersteller errichtete Kammer sollte einen möglichst geringen Druckverlust haben.

1.1.2 Anschluss

1.1.2.1 Anschluss ohne zwischengeschalteten Krümmer (wenn die Austrittsöffnung koaxial zur Kammer liegt) (siehe Anhang 4, Bild 2a und 2b)

Zwischen dem Austrittsquerschnitt des Warmlufterzeugers und dem Beginn des Kreuzblechgleichrichters ist ein Anschluss nach einer der beiden nachstehend aufgeführten Möglichkeiten anzubringen:

- a) Allmählicher Anschluss ohne Querschnittsveränderung mit einem Rohrstück der Länge L_1 , die gleich der grössten Abmessung der Austrittsöffnung D_1 des Warmlufterzeugers ist, wenn die Querschnitts-

I. AERAULIC TEST DEVICE

1.1 Diagram of the aeraulic test circuit

The aeraulic test circuit (see Appendix 4, Fig.1) comprises successively from up-stream to down-stream, according to the flow direction:

- the fanned warm air generator under test,
- a connecting piece,
- a cross-piece straightener
- a 7° conical expander,
- a cylindrical chamber with an air flow equilizer and measuring point of the effective pressure (static pressure above ambient),
- a thin wall orifice.

1.1.1 Fanned warm air generator

If there is only one warm air discharge outlet, it will be likened to a fan discharge and it will be connected with the cross-piece straightener by a connecting piece as indicated under 1.1.2. The measuring device axis will be disposed horizontally to avoid convection effects. A bend with guide vanes will, if necessary, be interposed between the discharge outlet and the expander inlet, as indicated in 1.1.2.2.

If there are several warm air discharge outlets it is possible to use as many expanders as there are discharge outlets or a collection chamber with a single discharge outlet directed along an horizontal axis. This chamber established in accordance with the manufacturer shall offer the minimum pressure loss.

1.1.2 Connecting piece

1.1.2.1 Connecting piece without intermediate elbow (case of discharge outlet coaxial with the chamber)

(See Appendix 4, Figs. 2a and 2b)

Between the generator outlet section and the cross-piece straightener inlet a connecting piece will be set up according to one of the two following variants:

- a) Progressive connection without variation of the cross section with a ducting piece of the length L_1 equal to the biggest dimension of the discharge outlet D_1 of the generator, if the area of the S_2 section of

la section de la sortie S_1 du générateur.

- b) Raccordement progressif de longueur L_1 égale à la plus grande dimension de l'orifice de sortie du générateur pour passer progressivement sans variation de section de la forme non nécessairement circulaire de la sortie du générateur à une forme circulaire, suivi d'un divergent d'angle total de 7° pour passer d'une section égale à celle de la sortie du générateur à la section S_2 du croisillon, le rapport des aires S_2/S_1 étant compris entre 1 et 1,2.

1.1.2.2 Raccordement avec coude intermédiaire (cas d'une bouche de sortie non coaxiale au circuit)

Dans le cas où la bouche de sortie du générateur n'est pas axiale au circuit, il faudra prévoir un dispositif coudé. Si la bouche de sortie est rectangulaire et de section de passage S_1 , on raccordera à la bouche de sortie un coude à persiennes (voir annexe 4, fig. 3). Ce dispositif sera monté au raccordement défini sous 1.1.2.1. On devra toujours choisir le montage conduisant à la valeur minimale de l'angle X du coude.

1.1.3 Croisillon

Le croisillon prévu sur l'installation d'essai a pour but de réduire la giration pouvant éventuellement exister au refoulement du générateur.

Le croisillon de longueur $2D_2$ est constitué par deux lames métalliques disposés diamétralement et se croisant à angle droit. L'épaisseur des lames ne dépassera pas trois millièmes du diamètre D_2 . Ce croisillon est monté rigidement dans un tronçon de conduit cylindrique ($D_2 = D_3$).

1.1.4 Divergent

Le divergent est de forme conique et de révolution. Il présente un angle au sommet de 7° et son diamètre de sortie D_4 est au moins égal à $2D_3$.

fläche S_2 am Eintritt des Kreuzblechgleichrichters gleich dem Austrittsquerschnitt S_1 des Warmlufterzeugers ist.

- b) Allmählicher Anschluss mit einem Rohrstück der Länge L_1 , die gleich der grössten Abmessung der Austrittsöffnung des Warmlufterzeugers ist, um allmählich ohne Querschnittsveränderung von der nicht unbedingt kreisrunden Form am Austritt des Warmlufterzeugers auf eine kreisrunde Form überzugehen, mit einem nachgeschalteten Übergangsstück von 7° Öffnungswinkel, um von einem Querschnitt, der gleich demjenigen am Austritt des Warmlufterzeugers ist, auf den Querschnitt S_2 des Kreuzblechgleichrichters überzugehen, wobei das Verhältnis der Flächen S_2/S_1 zwischen 1 und 1,2 liegen muss.

1.1.2.2 Anschluss mit Zwischenkrümmer (wenn die Austrittsöffnung nicht coaxial zur Meßstrecke liegt)

Falls die Austrittsöffnung des Warmlufterzeugers nicht coaxial zur Meßstrecke liegt, ist ein Krümmer vorzusehen. Falls die Austrittsöffnung rechteckig ist und einen Durchgangsquerschnitt S_1 aufweist, ist an die Austrittsöffnung ein Krümmer mit Leitblechen (siehe Anhang 4, Bild 3) anzuschliessen. Diese Vorrichtung ist an dem in 1.1.2.1 festgelegten Anschluss anzubauen. Der Einbau ist immer so vorzunehmen, dass der Winkel X des Krümmers ein Minimum wird.

1.1.3 Kreuzblechgleichrichter

Der in der Versuchsanlage vorgesehene Kreuzblechgleichrichter hat den Zweck, den gegebenenfalls auf der Förderseite des Warmlufterzeugers vorhandenen Drall zu verringern.

Das Kreuzblech in der Länge von $2D_2$ besteht aus zwei diametral angeordneten und sich im rechten Winkel schneidenden Metallblättern. Die Wandstärke der Blätter darf nicht mehr als drei Tausendstel des Durchmessers D_2 betragen. Dieses Kreuzblech wird starr in ein zylindrisches Leitungsstück ($D_2 = D_3$) eingebaut.

1.1.4 Diffusor

Der Diffusor hat eine konische rotationssymmetrische Form. Er weist einen Öffnungswinkel von 7° auf, und sein Austrittsdurchmesser D_4 ist mindestens gleich $2D_3$.

the cross-piece straightener inlet is equal to that of the S_1 outlet section of the generator.

- b) Progressive connection with a ducting piece of the length L_1 equal to the biggest dimension of the generator discharge outlet to progressively pass without cross section variation from the form, not necessarily circular, of the generator outlet to a circular form followed by a 7° total angle connecting piece, to pass from a section equal to that of the generator outlet to the cross piece straightener section S_2 , the ratio of the areas S_2/S_1 being comprised between 1 and 1,2.

1.1.2.2 Connecting piece with intermediate elbow (case of discharge outlet not coaxial with the test circuit)

In the case where the generator discharge outlet is not coaxial with the test circuit, a bend device will be provided. If the discharge outlet is rectangular and with a cross section S_1 a bend with guide vanes (see Appendix 4, Fig. 3) will be connected to the discharge outlet. This device will be set up at the connection defined under 1.1.2.1. The mounting shall always be fitted in such a way that the value of the bend angle X will show a minimum.

1.1.3 Cross-piece straightener

The cross-piece straightener provided for the test installation is intended to reduce the swirl eventually existing at the generator discharge.

The cross-piece straightener of length $2 D_2$ is formed of two metallic plates diametrically disposed and intersecting at a right angle. The thickness of the plates shall not exceed three thousandths of the D_2 diameter. This cross-piece straightener is rigidly set up in a cylindrical duct ($D_2 = D_3$).

1.1.4 Expander

The expander is of a conical and revolution form. It presents a total angle of 7° and its outlet diameter D_4 is at least equal to $2 D_3$.

1.1.5 Caisson

C'est un élément cylindrique de section circulaire dont le diamètre est égal à D_4 et dont la longueur est égale à $1,2 D_4$.

1.1.5.1 Dispositif régularisateur

Dans le caisson à l'entrée se trouve un dispositif régularisateur: il est formé de deux séries orthogonales comportant chacune cinq lames de tôle parallèles entre elles: les lames parallèles sont disposées de manière équidistante à un pas égal à $0,15 D_4$ et ont une épaisseur maximale de $0,003 D_4$. Le dispositif régularisateur n'occupe qu'une longueur égale à trois fois le pas des lames, soit $0,45 D_4$ (voir annexe 4, fig. 4).

1.1.5.2 Disposition de la prise de pression p_{e4}

La prise de pression effective p_{e4} est disposée sur la paroi du caisson, à une distance de $0,375 D_4$ comptée à partir du diaphragme.

La tubulure métallique et cylindrique de cette prise sera soudée radialement à la paroi et son extrémité interne devra affleurer la face intérieure de celle-ci.

Le diamètre intérieur de la tubulure sera de l'ordre de 6 à 10 millimètres tandis que la longueur de la partie cylindrique sera d'au moins 4 fois le diamètre à partir de la paroi.

La prise de pression sera raccordée au manomètre par un tuyau souple sensiblement horizontal rigoureusement étanche, sans longueur inutile, sans coude brusque ni étranglement et présentant le moins possible de boucles.

1.1.6 Diaphragme

Le diaphragme circulaire constituant un orifice en mince paroi sert en même temps de système déprimogène de mesure de débit et de dispositif de réglage de ce dernier. (voir annexe 4, fig. 5).

Le dispositif de fixation du diaphragme doit être étanche et ne pas faire saillie sur la face intérieure du caisson.

Le diaphragme a des faces planes et parallèles et présente une symétrie de révolution: on réputera la face amont de la plaque d'épaisseur e' plane si la pente d'une ligne droite joignant deux points quelconques de sa surface par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de révolution (plan qui devra être

1.1.5 Kammer

Es handelt sich um ein zylindrisches Bauelement mit kreisrundem Querschnitt, dessen Durchmesser gleich D_4 und dessen Länge gleich $1,2 D_4$ ist.

1.1.5.1 Gleichrichter

Am Eintritt der Kammer befindet sich ein Gleichrichter: er besteht aus zwei orthogonalen Reihen zu je fünf untereinander parallelen Blechblättern; diese parallelen Blätter sind in gleichen Abständen mit einer Teilung von $0,15 D_4$ angeordnet und haben eine maximale Wandstärke von $0,003 D_4$. Der Gleichrichter nimmt nur eine Länge von drei mal der Blatteilung, d.h. $0,45 D_4$ ein (siehe Anhang 4, Bild 4).

1.1.5.2 Anordnung der Druckmeßstelle p_{e4}

Die Meßstelle für den effektiven Druck p_{e4} ist an der Wand der Kammer in einer Entfernung von $0,375 D_4$, vom Beginn der Blende an gerechnet, angebracht.

Der zylindrische Metallstutzen dieser Meßstelle wird radial an der Wandung verschweißt, und sein inneres Ende muss mit der Innenseite derselben bündig sein.

Der Innendurchmesser des Stutzens soll etwa die Grösse von 6 bis 10 mm haben, während die Länge des zylindrischen Teils wenigstens dem 4-fachen Durchmesser, von der Wand aus gerechnet, entsprechen muss.

Die Druckmeßstelle wird mit dem Manometer durch einen absolut dichten, im wesentlichen waagrecht verlaufenden flexiblen Schlauch verbunden, welcher ohne überflüssige Länge, ohne scharfen Knick oder Engstellen verlegt ist und so wenig Schleifen wie möglich aufweist.

1.1.6 Blende

Die runde Blende stellt eine Öffnung in einer dünnen Wandung dar und dient gleichzeitig als Unterdrucksystem für die Durchflussmessung und zur Einstellung der Durchflussmenge (siehe Anhang 4, Bild 5).

Die Befestigungsvorrichtung der Blende muss dicht sein und darf nicht über die Innenfläche der Kammer vorstehen.

Die Blende hat planparallele Flächen und ist rotationssymmetrisch: Die oberstromseitige Fläche der Platte mit der Wandstärke e' wird als eben angesehen, falls die Neigung einer Geraden, die zwei beliebige Punkte ihrer Oberfläche verbindet, in bezug auf eine zur Symmetrieachse senkrechte Ebene (eine Ebe-

1.1.5 Chamber

It is a cylindrical element of circular section, the diameter of which is equal to D_4 and its length being equal to $1,2 D_4$.

1.1.5.1 Straightener

At the inlet of the chamber a straightener is placed; it is formed of two perpendicular series each comprising five metal plates parallel to one another: the parallel plates are disposed equally at a space of $0,15 D_4$ and have a maximum thickness of $0,003 D_4$. The straightener occupies only a length equal to 3 times the spacing of the plates, i.e. $0,45 D_4$ (see Appendix 4, Fig. 4).

1.1.5.2 Position of the pressure tapping p_{e4}

The measuring point (tapping) for the effective pressure p_{e4} is placed on the chamber wall at a distance of $0,375 D_4$ measured from the orifice plate.

The cylindrical metallic socket of this measuring point shall be welded radially to the wall and its internal extremity shall be flush with the internal face of same.

The internal diameter of the socket shall be of the order of 6 to 10 millimeters, whereas the length of the cylindrical part shall be at least 4 times the diameter, starting from the wall.

The pressure measuring point shall be connected to the manometer by means of a flexible tube fairly horizontal, strictly air tight, without any unnecessary length, without either sharp bend or throttling and presenting as few loops as possible.

1.1.6 Orifice plate

The circular orifice plate constituting a thin wall orifice serves at the same time as a means of reducing the pressure for the flow measurement and as a device for the flow control. (see Appendix 4, Fig. 5).

The orifice plate fixing device shall be air tight and shall not project into the chamber internal face.

The orifice plate has plane and parallel faces and is concentric; the up-stream face of the plate with the thickness e' shall be considered as plane if the slope of a straight line connecting any two points of its surface, in relation to a perpendicular plane to the circular axis (plane which shall be taken at the cham-

matérialisé à l'aval du caisson à un diamètre compris entre D_5 et D_4) est inférieure à 1 % abstraction faite des défauts locaux invisibles à l'oeil nu; on réputera les faces de la plaque d'épaisseur e' parallèles lorsque son épaisseur contrôlée en divers points ne varie pas de plus d'un millième du diamètre de l'orifice.

La rugosité maximale de la face amont du diaphragme (exprimée en hauteur totale) ne doit pas dépasser $0,0003 D_5$ à l'intérieur d'un cercle concentrique à l'orifice de diamètre égal au plus petit des deux diamètres ci-dessous:

$$D'_5 \text{ et } 1,5 D_5$$

Le diamètre D_5 ne peut dépasser une certaine proportion de D_4 .

$$\frac{D_5}{D_4} \leq 0,45.$$

La tolérance sur le diamètre de l'orifice D_5 est limitée à un millième de sa valeur, sauf s'il est inférieur à 100 mm, auquel cas elle sera de 0,1 mm.

Il faudra vérifier de plus le respect des conditions suivantes:

- a) $D'_5 \geq 1,25 D_5 + 4_e''$;
- b) $e' \geq 0,003 D_5$
ou $e' \geq 0,003 D_4$ (s'il n'y a pas de portediaphragme)
- c) $e' \leq 0,10 D_5$
si $\frac{D_5}{D_4} \geq 0,03$
(cas le plus fréquent)
- d) si $e' > 0,01 D_5$

prévoir un chanfrein de demi angle de cône de 30° pour ne laisser sur la plaque percée de l'orifice qu'une longueur cylindrique d'orifice ne dépassant pas $0,01 D_5$.

L'arête amont, et les arêtes aval éventuelles du chanfrein ne présentent ni morfil, ni bavure, ni singularité visible à l'oeil nu. L'arête amont est vive: on la réputera telle si elle semble ne pas réfléchir un rayon lumineux lorsqu'on l'examine à l'oeil nu.

La valeur du diamètre D_5 de l'orifice du diaphragme du caisson correspondant au

ne, die unterstromseitig der Kammer mit einem Durchmesser zwischen D_5 und D_4 dargestellt werden muss) unter 1 % liegt, wobei örtliche, mit blossem Auge nicht sichtbare Fehler unberücksichtigt bleiben; die Flächen der Platte mit der Wandstärke e' werden als parallel angesehen, wenn die an verschiedenen Stellen gemessene Wandstärke um nicht mehr als ein Tausendstel des Öffnungsdurchmessers schwankt.

Die maximale Rauigkeit der oberstromseitigen Seite der Blende (in gesamter Höhe ausgedrückt) darf im Inneren eines zur Öffnung konzentrischen Kreises mit einem Durchmesser, der gleich dem kleineren der beiden nachstehenden Werte ist, nicht über $0,0003 D_5$ hinausgehen:

$$D'_5 \text{ und } 1,5 D_5$$

Der Durchmesser D_5 darf nicht über einen gewissen Bruchteil von D_4 hinausgehen.

$$\frac{D_5}{D_4} \leq 0,45.$$

Die Toleranz für den Öffnungsdurchmesser D_5 ist auf ein Tausendstel seines Wertes beschränkt, außer wenn er unter 100 mm liegt. Dann muss sie 0,1 mm betragen.

Weiterhin müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

- a) $D'_5 \geq 1,25 D_5 + 4_e''$
- b) $e' \geq 0,003 D_5$
oder $e' \geq 0,003 D_4$ (falls kein Blendhalter vorhanden ist)
- c) $e' \leq 0,10 D_5$
falls $\frac{D_5}{D_4} \geq 0,03$
(häufigster Fall)
- d) falls $e' > 0,01 D_5$

ist eine Anfasung unter 30° halbem Kegelswinkel so vorzusehen, dass in der durchbohrten Platte nur eine zylindrische Öffnungslänge von höchstens $0,01 D_5$ bleibt.

Die oberstromseitige Kante und ggfs. die unterstromseitigen Kanten der Fase dürfen weder einen Grat noch mit blossem Auge erkennbare Unregelmässigkeiten aufweisen. Die oberstromseitige Kante ist scharf; sie wird als solche angesehen, wenn sie unter Beobachtung mit blossem Auge einen Lichtstrahl nicht zu reflektieren scheint.

Die Grösse des Durchmessers D_5 der Blendöffnung in der Kammer, die dem vom Her-

ber down-stream face, at a diameter between D_5 and D_4) is less than 1%, no account being made of the local defects invisible to the naked eye: the plate faces with the thickness e' shall be considered as parallel when its thickness, checked up in different points, does not vary more than a thousandth of the orifice diameter.

The maximum roughness of the orifice up-stream face (expressed in total height) shall not exceed $0,0003 D_5$ at the inside of a circle concentric to the orifice of diameter equal to the smallest of

$$D'_5 \text{ and } 1,5 D_5$$

The D_5 diameter must not exceed a certain ratio of D_4

$$\frac{D_5}{D_4} \leq 0,45.$$

The tolerance on the diameter of the D_5 orifice is limited to one thousandth of its value, except if it is less than 100 mm, in which case it shall be 0,1 mm.

Additionally, it will be necessary to verify that the following conditions have been complied with:

a) $D'_5 \geq 1,25 D_5 + 4 e''$

b) $e' \geq 0,003 D_5$

or $e' \geq 0,003 D_4$ (if there is no orifice holder)

c) $e' \leq 0,10 D_5$

if $\frac{D_5}{D_4} \geq 0,03$

(the more frequent case)

d) if $e' > 0,01 D_5$

a chamfer of cone half angle of 30° shall be provided so as to leave on the drilled orifice plate a cylindrical length not exceeding $0,01 D_5$.

The up-stream edge and the down-stream edges of the chamfer shall have neither wire-edge, nor burr, nor irregularity visible to the naked eye. The up-stream edge is sharp: it will be considered as such if it does not reflect a luminous ray when it is examined by the naked eye.

The value of diameter D_5 , the orifice of the chamber corresponding to the flow and to the

débit et à la pression indiqués par le constructeur sera calculée d'après la formule donnée à l'annexe 2.

Les essais seront exécutés avec plusieurs diaphragmes de façon à permettre le tracé des courbes caractéristiques en fonction du débit.

1.2 Conditions d'essais

1.2.1 Température de l'air à l'entrée du générateur

Les caractéristiques aérauliques sont établies pour l'air d'entrée de l'appareil pour les conditions de référence suivantes:

- température = 20°C
- humidité relative = 65 %
- pression atmosphérique = $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$
(masse volumique de l'air dans ces conditions = $1,200 \text{ kg/m}^3$).

Pour les essais, la température et l'humidité relative de l'air à l'entrée de l'appareil doivent être comprises dans les limites suivantes:

- température: 10 à 30°C
- humidité relative: 45 à 85 %

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

1.2.2 Réalisation du dispositif d'essai aéraulique

Les dimensions relatives aux différentes parties du circuit d'essai à réaliser doivent être conformes à celles indiquées dans le schéma du dispositif d'essai (fig. 1).

1.2.3 Calorifugeage

La partie extérieure du circuit sera isolée thermiquement, de telle sorte que les déperditions calorifiques soient inférieures à 10% de la puissance utile du générateur. On vérifiera la qualité du calorifugeage par la formule donnée dans l'annexe 1.

1.2.4 Local d'essai et évacuation de l'air chaud

Les dimensions du local d'essai doivent être établies de telle façon que l'air reste calme le long du circuit d'essai. Si le diamètre hydraulique de toute section du local perpendiculaire à l'axe du circuit d'essai est supérieur à $2,5 D_4$, cette condition est réalisée.

Tout obstacle susceptible de gêner la libre sortie de l'air par l'orifice circulaire du caisson

steller angegebenen Massenstrom und dem Druck entspricht, wird nach der in Anhang 2 angegebenen Formel berechnet.

Die Versuche werden mit mehreren Blenden gefahren, um die Kennlinien in Abhängigkeit des Massenstroms aufzeichnen zu können.

1.2 Versuchsbedingungen

1.2.1 Lufttemperatur am Eintritt des Warmluft-erzeugers

Als Referenzbedingungen der lufttechnischen Kennwerte der Luft am Eintritt des Gerätes sind festgelegt:

- Temperatur = 20°C
- relative Feuchtigkeit = 65%
- atmosphärischer Druck = $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$
(Dichte der Luft bei diesen Bedingungen = $1,200 \text{ kg/m}^3$).

Für die Versuche müssen die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit am Eintritt des Gerätes zwischen folgenden Grenzen liegen:

- Temperatur: 10 bis 30°C
- relative Feuchtigkeit: 45 bis 85 %

Die Messungen werden im thermischen Beharrungszustand ausgeführt. Dieser Zustand wird als gegeben angesehen, wenn die Temperatur der Verbrennungsprodukte nicht beträchtlich schwankt.

1.2.2 Ausführung der lufttechnischen Versuchsstrecke

Die Abmessungen der verschiedenen Teile der herzustellenden Meßstrecke müssen den Angaben auf dem Schema der Versuchsstrecke entsprechen (Bild 1).

1.2.3 Wärmedämmung

Der äussere Teil der Meßstrecke ist thermisch so zu isolieren, dass die Wärmeverluste kleiner als 10% der Wärmenutzleistung des Warmluft-erzeugers sind. Die Güte der Wärmedämmung ist nach der im Anhang 1 gegebenen Formel nachzuprüfen.

1.2.4 Versuchsraum und Abführung der Warmluft

Die Dimensionen des Versuchsraums müssen so festgesetzt werden, dass die Luft entlang der Meßstrecke ruhig bleibt. Wenn der hydraulische Durchmesser in jedem Querschnitt des Raumes, der senkrecht zur Versuchsstreckenachse verläuft, über $2,5 D_4$ liegt, ist diese Bedingung erfüllt.

Alle Hindernisse, die möglicherweise den freien Austritt des Luftstroms aus der runden

pressure indicated by the manufacturer will be calculated according to the formula shown in Appendix 2.

The tests shall be carried out with several orifice plates, so as to allow the sketching of the characteristic curves as a function of the flow.

1.2 Test conditions

1.2.1 Air temperature at the generator inlet

The air characteristics are set up for the inlet air of the apparatus for the following design conditions:

- Temperature = 20°C
- relative humidity = 65 %
- atmospheric pressure = $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$
(density of the air under these conditions = $1,200 \text{ kg/m}^3$).

For the tests, temperature and relative air humidity at the apparatus inlet must be comprised in the following limits:

- Temperature: 10 to 30°C
- relative humidity: 45 to 85 %

Measurements are carried out at a steady thermal state. This state is considered to be reached when the temperature of the combustion products is practically constant.

1.2.2 Arrangement of the aeraulic test device

The relative dimensions to the various parts of the test circuit shall conform with those indicated within the diagram of the test device (Fig. 1).

1.2.3 Thermal insulation

The outside part of the test circuit will be heat-insulated in such a manner so as to ensure heat losses less than 10% of the useful heat output of the generator. The quality of thermal insulation shall be checked up with the formula indicated in Appendix 1.

1.2.4 Test room and warm air discharge

The dimensions of the test room must be such that the air remains still along the test rig. If the hydraulic diameter of any section of the room perpendicular to the test rig axis is higher than $2,5 D_4$, this condition is realized.

Any obstacle capable of hindering the free air exhaust from the circular orifice of the cham-

devra être éliminé. Il ne devra en tout cas se trouver aucun obstacle à moins de dix fois le diamètre D_5 du diaphragme (voir annexe 4, fig. 7).

Des dispositions doivent être prises pour que l'air chaud à la sortie du caisson ne modifie pas, au cours de l'essai, les caractéristiques de l'air ambiant.

1.2.5 Coefficient de débit de l'orifice du diaphragme

La valeur de a indiquée sur la courbe de la figure 9 (voir 2.2) suppose que le nombre de Reynold de l'écoulement rapporté à l'orifice du diaphragme, est supérieur à $1,1 \cdot 10^5$, valeur au-dessus de laquelle ses variations sont pratiquement sans influence sur a . C'est pourquoi on devra s'assurer que l'on a:

La figure 8 permet de vérifier cette condition. Le point représentatif de l'essai doit être situé au-dessus de la courbe correspondant à la puissance thermique utile de l'appareil.

1.3 Mesures

1.3.1 Mesures de la pression effective p_{e4} dans le caisson réduit

Les mesures de la pression effective p_{e4} dans le caisson sont effectuées lorsque le générateur fonctionne en régime établi.

L'écoulement entretenu par un ventilateur n'est jamais rigoureusement permanent. Il en résulte que pour faire des mesures précises, il faut éliminer les oscillations.

Avant de commencer les relevés de mesures pour un point de fonctionnement correspondant à un diaphragme donné, on vérifiera donc que le manomètre utilisé pour la mesure de p_{e4} est correctement amorti.

La mesure de la pression p_{e4} doit être faite avec une erreur relative inférieure à 4 % pour les appareils pour lesquels l'échauffement de l'air est compris entre 0 et 100°C, et inférieure à 2 % dans le cas où l'échauffement est compris entre 100 et 300°C.

Pour éviter les erreurs dues à la variation de masse volumique de l'air dans la partie MN du tube (fig.6), la prise de pression se fera au moyen d'un tube horizontal. Ce tube aura

Blende der Kammer behindern könnten, sind zu entfernen. Auf jeden Fall darf sich kein Hindernis in einer Entfernung von mindestens dem 10-fachen Durchmesser D_5 der Blende befinden (siehe Anhang 4, Bild 7).

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, damit die warme Luft am Kammeraustritt während des Versuchs die Kennwerte der Umgebungsluft nicht ändert.

1.2.5 Durchflusskoeffizient der Blendenöffnung

Der auf der Kurve von Bild 9 (siehe 2.2) angegebene Wert von a setzt voraus, dass die Reynold'sche Zahl für den Blendendurchfluß, auf die Blendenöffnung bezogen, höher als $1,1 \cdot 10^5$ ist, ein Wert, über den hinaus deren Schwankungen praktisch keinen Einfluss auf a haben. Daher ist nachzuprüfen, ob man hat:

$$\sqrt{p_{e4}} > \frac{2}{D_5} \left(1 + 2,2 \cdot 10^{-6} \frac{Q_u}{D_5} \right)$$

Bild 8 erlaubt, diese Bedingung nachzuprüfen. Der repräsentative Punkt des Versuchs muss sich oberhalb der Kurve der thermischen Nutzleistung des Gerätes befinden.

1.3 Messungen

1.3.1 Messungen des effektiven Druckes p_{e4} in der reduzierten Kammer

Die Messungen des effektiven Druckes p_{e4} in der reduzierten Kammer sind erst vorzunehmen, wenn der Warmlufterzeuger stationär im Betriebspunkt arbeitet.

Die von einem Ventilator bewirkte Strömung ist in ihrem zeitlichen Verlauf niemals gleichförmig. Daraus ergibt sich, daß man, um zu genauen Messwerten zu kommen, die Oszillationen ausschalten muss.

Ehe die Messungen für einen, einer gegebenen Blende entsprechenden Betriebspunkt vorgenommen werden, ist also nachzuprüfen, ob das für die Messung von p_{e4} verwendete Manometer korrekt gedämpft ist.

Die Messung des Druckes p_{e4} ist mit einem relativen Fehler, der kleiner als 4 % ist für Geräte, bei denen die Erwärmung der Luft zwischen 0 und 100°C liegt, und kleiner als 2 % ist in den Fällen, wo die Erwärmung zwischen 100 und 300°C liegt, vorzunehmen.

Um Fehler aufgrund der Schwankungen der Luftdichte in dem Teil MN des Rohres auszuschalten (Bild 6), erfolgt die Druckentnahme durch ein waagerechtes Rohr. Dieses Rohr

ber shall be eliminated. In any case, there shall be no obstacle within at least ten times the diameter D_5 of the orifice plate (see Appendix 4, Fig. 7).

Provisions must be taken in order that the hot air at the outlet of the chamber does not alter the characteristics of the ambient air during the test.

1.2.5 Flow-rate coefficient of the orifice diameter

The value of a indicated on the curve of the Figure 9 (see 2.2) assumes that Reynold's number of the flow, related to the orifice diameter, is superior to $1,1 \cdot 10^5$, value above which its variations are practically without influence on a . That is why it is necessary to ascertain if we have:

Fig. 8 allows to verify this condition. The representative point of the test must be above the curve corresponding to the useful heat output of the apparatus.

1.3 Measurements

1.3.1 Measurements of the effective pressure p_{e4} in the reduced chamber

The measurements of the effective pressure p_{e4} in the reduced chamber shall be taken when the generator is working under steady conditions.

Any fan generated flow is never completely permanent. It results therefrom that, in order to make accurate measurements, it is necessary to eliminate the oscillations.

Before beginning to record the measurements for a working point corresponding to a given orifice plate, it, therefore, shall be ascertained that the manometer relative to the measurement of p_{e4} is correctly damped.

The measurement of the pressure p_{e4} is to be taken with a relative error inferior to 4 % for the apparatus for which the heating of the air is comprised between 0 and 100°C, and inferior to 2% in the cases where this heating is comprised between 100 and 300°C.

In order to avoid errors due to the variation of the air density in the MN tube part (Fig.6) the pressure inlet will take place by means of a horizontal tube. This tube will have a suffi-

une longueur suffisante pour qu'à son extrémité, l'air à l'intérieur de celui-ci soit à la température ambiante T_a .

On contrôlera si l'air au bout du tube horizontal est à la température T_a en déplaçant verticalement le manomètre; si la lecture est la même, on est sûr que l'air en bout de tube horizontal est à la température T_a .

1.3.2 Mesure de la température de l'air d'entrée

Elle est mesurée dans l'air ambiant à l'amont de la bouche d'aspiration du générateur.

1.3.3 Mesure du degré hygrométrique de l'air

Le degré hygrométrique de l'air mesuré au moyen d'un psychromètre dans l'air ambiant et la pression de saturation de la vapeur p'_v en fonction de la température sera déterminée d'après la courbe fig. 11.

1.3.4 Mesures d'autres grandeurs nécessaires au calcul du débit d'air

Les autres grandeurs nécessaires au calcul du débit masse de l'air sont relevés au cours des essais (voir 2.2).

1.3.5 Pression d'air chaud à la sortie

Les grandeurs nécessaires au calcul de la pression totale moyenne à l'orifice de sortie sont relevés au cours des essais (voir 2.2.3).

muss eine ausreichende Länge haben, damit die Temperatur der Luft im Inneren dieses Rohres im Rohrende gleich der Umgebungstemperatur T_a ist.

Man kontrolliert, ob die Luft am Ende des waagerechten Rohres die Temperatur T_a hat, indem man das Manometer senkrecht verschiebt; wenn die Ablesung die gleiche bleibt, so ist man sicher, dass die Luft am Ende des waagerechten Rohres die Umgebungstemperatur T_a hat.

1.3.2 Messung der Lufttemperatur am Eintritt

Diese Messung erfolgt in der Umgebungsluft vor der Ansaugöffnung des Warmluftzeugers.

1.3.3 Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft

Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wird mit einem Psychrometer in der Umgebungsluft ermittelt, und der Sättigungsdruck des Dampfes p'_v wird in Abhängigkeit der Temperatur nach der Kurve von Bild 11 festgestellt.

1.3.4 Messung anderer für die Berechnung des Luftstroms erforderlicher Grössen

Die anderen für die Berechnung des Massenstroms der Luft erforderlichen Grössen werden während der Versuche gemessen (siehe 2.2).

1.3.5 Druck der warmen Luft am Austritt

Die für die Berechnung des mittleren Gesamtdruckes an der Austrittsöffnung erforderlichen Grössen werden während der Versuche gemessen (siehe 2.2.3).

cient length so that at its end the air inside shall be at the ambient temperature T_a .

It will be ascertained if the air at the horizontal tube end is at the T_a temperature by vertically displacing the manometer; if the reading is the same, it is certain that the air at the horizontal tube end is at the ambient temperature T_a .

1.3.2 Measurement of the temperature of the air at the inlet

It is measured in the ambient air upstream of the generator inlet.

1.3.3 Measurement of the relative humidity of the air

The relative humidity of the air measured by means of a psychrometer in the ambient air and the vapour saturation pressure p'_v as a function of the temperature shall be determined according to the curve Fig. 11.

1.3.4 Measurements of other necessary sizes for air flow-rate calculation

The other necessary sizes for the calculation of air mass flow-rate are recorded in the course of the tests (see 2.2).

1.3.5 Warm air pressure at the outlet

The necessary sizes for the mean total pressure calculation at the outlet orifice are recorded in the course of the tests (see 2.3.3).

2. CALCULS DES CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

2.1 Symboles et unités

2.1.1 Dispositif d'essai

| | |
|---------------|---|
| S_1 | section 1 du circuit d'essai (m^2) |
| S_2 | section 2 du circuit d'essai (m^2) |
| S_4 | section 4 du circuit d'essai (section de mesure) (m^2) |
| S_5 | section de l'orifice du diaphragme (m^2) |
| D_4 | diamètre du caisson (m) |
| D_5 | diamètre de l'orifice du diaphragme (m) |
| $\frac{A}{B}$ | rapport des côtés de la section rectangulaire du coude à persiennes |
| χ | angle du coude à persiennes |
| κ | coefficient de correction du dispositif d'essai |
| α_o | coefficient de débit de l'orifice du diaphragme |

2.1.2 Air

| | |
|-----------------------|---|
| T_a | température moyenne de l'air ambiant (K) |
| T_o | température de l'air à l'entrée du générateur (K) |
| $\theta_s - \theta_h$ | différence de température entre le thermomètre "sec" et le thermomètre "humide" dans l'air à l'entrée du générateur ($^{\circ}C$) |
| T_4 | température moyenne de l'air chaud dans la section de mesure S_4 du caisson (K) |
| T_2 | température moyenne de l'air chaud à l'orifice de sortie du générateur (K) |
| ρ_o | masse volumique de l'air à l'entrée du générateur (kg/m^3) |
| ρ_a | masse volumique de l'air ambiant (kg/m^3) |
| ρ_4 | masse volumique de l'air dans le caisson à la température T_4 (kg/m^3) |
| p_a | pression de l'air ambiant (N/m^2) |
| p_{va} | pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air ambiant (N/m^2) |
| p'_v | pression de saturation de la vapeur d'eau à la température T_a (N/m^2) |
| p_{e4} | pression effective de l'air dans le caisson |

2. BERECHNUNGEN DER BETRIEBSKENNWERTE

2.1 Symbole und Einheiten

2.1.1 Versuchsstrecke

| | |
|---------------|--|
| S_1 | Querschnitt 1 der Meßstrecke (m^2) |
| S_2 | Querschnitt 2 der Meßstrecke (m^2) |
| S_4 | Querschnitt 4 der Meßstrecke (Meßquerschnitt) (m^2) |
| S_5 | Querschnitt der Blendenöffnung (m^2) |
| D_4 | Durchmesser der Kammer (m) |
| D_5 | Durchmesser der Blendenöffnung (m) |
| $\frac{A}{B}$ | Seitenverhältnis des rechteckigen Querschnitts mit Leitblechen |
| χ | Winkel des Krümmers mit Leitblechen |
| κ | Korrekturkoeffizient der Versuchsstrecke |
| α_o | Durchflusskoeffizient der Blendenöffnung |

2.1.2 Luft

| | |
|-----------------------|---|
| T_a | Mittlere Temperatur der Umgebungsluft (K) |
| T_o | Temperatur der Luft am Eintritt des Warmlufterzeugers (K) |
| $\theta_s - \theta_h$ | Temperaturunterschied zwischen dem "trockenen" und dem "feuchten" Thermometer in der Luft am Eintritt des Warmlufterzeugers ($^{\circ}C$) |
| T_4 | Mittlere Warmlufttemperatur im Messquerschnitt S_4 der Kammer (K) |
| T_2 | Mittlere Warmlufttemperatur an der Austrittsöffnung des Warmlufterzeugers (K) |
| ρ_o | Dichte der Luft am Eintritt des Warmlufterzeugers (kg/m^3) |
| ρ_a | Dichte der Umgebungsluft (kg/m^3) |
| ρ_4 | Dichte der Luft in der Kammer bei der Temperatur T_4 (kg/m^3) |
| p_a | Druck der Umgebungsluft (N/m^2) |
| p_{va} | Teildruck des Wasserdampfes in der Umgebungsluft (N/m^2) |
| p'_v | Sättigungsdruck des Wasserdampfes bei der Temperatur T_a (N/m^2) |
| p_{e4} | Effektiver Druck der Luft im Messquerschnitt |

2. WORKING CHARACTERISTICS CALCULATIONS

2.1 Symbols and units

2.1.1 Test devices

| | |
|---------------|---|
| S_1 | Section 1 of the test circuit (m^2) |
| S_2 | Section 2 of the test circuit (m^2) |
| S_4 | Section 4 of the test circuit (measurement section) (m^2) |
| S_5 | Section of the orifice (m^2) |
| D_4 | Chamber diameter (m) |
| D_5 | Orifice diameter (m) |
| $\frac{A}{B}$ | Ratio of the rectangular section sides of the bend with guide vanes |
| χ | Angle of the bend with guide vanes |
| κ | Correction coefficient of the test device |
| α_0 | Flow-rate coefficient of the orifice |

2.1.2 Air

| | |
|-----------------------|--|
| T_a | Mean temperature at the ambient air (K) |
| T_0 | Air temperature at the generator inlet (K) |
| $\theta_s - \theta_h$ | Temperature difference between the „dry” bulb and the „wet” bulb thermometer, in the air, at the generator inlet ($^{\circ}C$) |
| T_4 | Warm air mean temperature in the chamber measurement section S_4 (K) |
| T_2 | Warm air mean temperature at the generator discharge outlet (K) |
| ρ_0 | Density of the air at the generator inlet (kg/m^3) |
| ρ_a | Density in the ambient air (kg/m^3) |
| ρ_4 | Density of the air in the chamber at the temperature T_4 (kg/m^3) |
| p_a | Ambient air pressure (N/m^2) |
| p_{va} | Partial pressure of water vapour in the ambient air (N/m^2) |
| p'_v | Saturation pressure of the water vapour at the temperature T_a (N/m^2) |
| p_{e4} | Effective pressure of the air in the |

son mesurée dans la section S_4 (fig.6)
(N/m^2)

P_{ts} pression d'air à la sortie du générateur
(N/m^2)

V_1 vitesse moyenne de l'air à la sortie du
générateur (m/s)

q_m débit masse de l'air chaud (kg/s)

2.1.3 Puissance calorifique

Q_u puissance calorifique utile (W)

ΔQ pertes calorifiques par des parois du
dispositif d'essai (W)

2.2 Calculs des caractéristiques de fonctionne- ment

La puissance calorifique utile Q_u est supposée
déterminée par le bilan thermique de la
combustion.

La méthode de calcul des pertes thermiques
du dispositif d'essai est donnée dans l'an-
nexe 1.

On utilise par ailleurs, pour les calculs, les
quantités suivantes qui sont définies par les
formules ci-après:

dans laquelle p'_v est donnée par la courbe de
la fig. 11.

dans laquelle a est donné, en fonction de

par la courbe de la fig. 10 sous réserve que
la condition de § 1.2.5 soit remplie.

avec $c_p = 1.000 \text{ J/kg K}$.

schnitt S_4 (Bild 6) der Kammer (N/m^2)

P_{ts} Luftdruck am Austritt des Warmluftfer-
zeugers (N/m^2)

V_1 Mittlere Luftgeschwindigkeit am Aus-
tritt des Warmluftzeugers (m/s)

q_m Massenstrom der Warmluft (kg/s)

2.1.3 Wärmeleistung

Q_u Wärmenutzleistung (W)

ΔQ Wärmeverluste durch die Wandungen
der Testvorrichtung (W)

2.2 Berechnungen der Betriebskennwerte

Man setzt voraus, dass die Wärmenutzlei-
stung Q_u durch die Wärmebilanz des Brenn-
stoffs bestimmt ist.

Die Berechnungsmethode der Wärmeverluste
der Testvorrichtung ist im Anhang 1 gegeben.

Für die Berechnungen benutzt man auch die
folgenden Mengen, die durch die nachstehen-
den Formeln näher bestimmt sind:

$$P_{va} = p_a \left[\frac{p'_v}{p_a} - 0,00066 (\theta_s - \theta_h) \right] \text{ (N/m}^2\text{)}$$

in der p'_v durch die Kurve des Bildes 11 ge-
geben ist.

$$\rho_o = 3,485 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{p_a}{T_o} \left(1 - \frac{3}{8} \frac{P_{va}}{p_a} \right) \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$q_o = \frac{\pi}{4} D_s^2 a \sqrt{2 \rho_o \frac{p_a + P_{e4}}{p_a} \cdot P_{e4}} \text{ (kg/s)}$$

in der a als Funktion von

$$\frac{D_s}{D_4}$$

durch die Kurve in Bild 10 gegeben ist unter
dem Vorbehalt, dass die Bedingung des
§ 1.2.5 erfüllt ist.

$$c = \frac{Q_u - \Delta Q}{2 T_o c_p q_o} ; \quad c' = \frac{Q_u}{2 T_o c_p q_o}$$

mit $c_p = 1.000 \text{ J/kg K}$.

chamber, recorded in the measuring section S_4 (Fig. 6) (N/m^2)

p_{ts} Air pressure at the generator outlet (N/m^2)

V_1 Air mean velocity at the generator outlet (m/s)

q_m Warm air mass flow-rate (kg/s)

2.1.3 Heat output

Q_u Useful heat output (W)

ΔQ Heat losses through the walls of the testing system (W)

2.2 Calculations of working characteristics

The useful output Q_u is presupposed to be determined by the combustion heat balance.

The calculation method of the heat losses of the testing system is given in Appendix 1.

We also utilize the following quantities which are defined by the formula below for the calculations:

in which p'_v is given by the curve of the Fig. 11.

in which a is given versus

by the curve of the Fig. 10 provided that the condition of § 1.2.5 is fulfilled.

with $c_p = 1.000 \text{ J/kg K}$

2.2.1 Température de l'air chaud

2.2.1.1 Température moyenne dans le caisson

La température absolue moyenne de l'air dans le caisson réduit est donnée par la formule:

2.2.1.2 Température moyenne à l'orifice de sortie du générateur

Elle se calcule au moyen de la formule:

2.2.2 Débit masse de l'air chaud

Le débit masse de l'air chaud est donné par la formule:

2.2.3 Pression de l'air à la sortie de l'appareil

avec:

et:

La méthode de détermination du coefficient K fait l'objet de l'annexe 3.

2.2.1 Warmlufttemperatur

2.2.1.1 Mittlere Temperatur in der Kammer

Die mittlere absolute Lufttemperatur in der Kammer ist durch die Formel gegeben:

$$T_4 = T_0 \left(1 + 2c \frac{q_0}{q_m} \right) \text{ (K)}$$

2.2.1.2 Mittlere Temperatur an der Austrittsöffnung des Warmluftherzeugers

Sie wird berechnet mit Hilfe der Formel:

$$T_2 = T_0 \left(1 + 2c' \frac{q_0}{q_m} \right) \text{ (K)}$$

2.2.2 Massenstrom der Warmluft

Der Massenfluss der Warmluft ist durch die Formel gegeben:

$$q_m = q_0 \left(\sqrt{1 + c^2} - c \right) \text{ (kg/s)}$$

2.2.3 Luftdruck am Austritt des Gerätes

$$p_{ts} = p_{e4} + K \rho_4 \frac{V_1^2}{2} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

mit:

$$\rho_4 = \rho_0 \frac{T_0}{T_4} \cdot \frac{p_a + p_{e4}}{p_a} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

und:

$$V_1 = \frac{q_m}{\rho_4 S_1}$$

Die Bestimmungsmethode des Koeffizienten K ist Gegenstand des Anhangs 3.

Le calcul de q_m est indiqué au paragraphe 2.2.2

Die Berechnung von q_m ist im Paragraph 2.2.2 angegeben.

2.2.1 Warm air temperature

2.2.1.1 Mean temperature in the chamber

The mean absolute temperature of the air in the chamber is given by the formula:

2.2.1.2 Mean Temperature at the generator outlet orifice

It is calculated by means of the formula:

2.2.2 Warm air mass flow-rate

The warm air mass flow-rate is given by the formula:

2.2.3 Air pressure at the apparatus outlet

with

and:

The determination method of the coefficient K is the subject of Appendix 3.

The calculation of q_m is indicated in paragraph 2.2.2.

ANNEXE 1

Calcul de la puissance thermique dissipée par les parois du circuit d'essai

La quantité de chaleur perdue par unité de temps ΔQ par les parois du circuit d'essai se calcule d'après la formule suivante:

- k = étant le coefficient de transmission globale
- S_e = étant la surface extérieure du circuit d'essai
- T_4 = étant la température moyenne de l'air chaud
- T_a = étant la température ambiante

Le coefficient de transmission globale sera déterminé par expérience.

ANNEXE 2

Détermination du diamètre D_5 du diaphragme à partir des caractéristiques de fonctionnement annoncées par le constructeur

On détermine la valeur de D_5 à l'aide de la formule suivante:

(pour les symboles voir 2.1).

On calcule l'expression du 2-ème membre de cette relation à partir des valeurs garanties et on déduira aussitôt en se reportant à la figure 10 le diamètre D_5 d'un diaphragme correspondant au point garanti de fonctionnement.

Cette formule permet de choisir dans une série de diaphragmes adaptés à un caisson donné, les diaphragmes donnant les valeurs de débit les plus proches du débit nominal.

ANHANG 1

Berechnung der Wärmeenergie, die durch die Wandungen der Meßstrecke verloren geht.

Die durch die Wandungen der Meßstrecke pro Zeiteinheit verloren gehende Wärmemenge ΔQ kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$\Delta Q = k S_e (T_4 - T_a)$$

- k = Gesamtwärmeübergangszahl
- S_e = Äussere Oberfläche der Meßstrecke
- T_4 = Mittlere Temperatur der Warmluft
- T_a = Temperatur der Umgebungsluft

Die Gesamtwärmeübergangszahl wird nach Erfahrung bestimmt.

ANHANG 2

Bestimmung des Durchmessers D_5 der Blende aufgrund der Betriebskennwerte, die vom Hersteller angegeben werden

Der Wert von D_5 wird nach folgender Formel bestimmt:

$$\alpha_o \frac{D_5^2}{D_4^2} = \frac{q_m}{S_4 \sqrt{2 p_{e4} \rho_4}}$$

(Hinsichtlich der Symbole siehe 2.1).

Man berechnet die rechte Seite dieser Gleichung von den garantierten Werten ausgehend und ermittelt dann mit Hilfe von Bild 10 den Durchmesser D_5 für die Blende entsprechend dem garantierten Betriebspunkt.

Diese Formel ermöglicht es, aus einer Reihe von Blenden, die einer gegebenen Kammer angepasst sind, die Blenden auszuwählen, die Werte für den Massenstrom ergeben, der dem Nenndurchsatz am nächsten liegt.

APPENDIX 1

Calculation of thermal power dissipated by the test circuit walls

The quantity of heat losses per time unit ΔQ from the test circuit walls is calculated according to the following formula:

k = coefficient of overall transmission

S_e = external surface of the test circuit

T_4 = warm air mean temperature

T_a = ambient air temperature

The coefficient of overall transmission will be determined by experience.

APPENDIX 2

Determination of the orifice diameter D_5 starting from the working characteristics given by the manufacturer

The value of D_5 is determined with the aid of the following formula:

(As regards symbols see 2.1).

The expression of the second term of that relation is calculated starting from the guaranteed values. The diameter D_5 of an orifice corresponding to the guaranteed point of working will be deduced by referring to Fig. 10.

This formula allows the choice of the orifice plates, in a series of orifice plates adjusted to a given chamber, giving the nearest flow-rate values to the nominal flow-rate.

ANNEXE 3

Calcul du coefficient de correction κ du circuit d'essai

Le coefficient de correction κ se calcule à l'aide de la formule:

dans laquelle

S_1, S_2, S_3, S_4 sont les diverses sections du circuit d'essai indiquées dans la figure 1.

$\frac{A}{B}$ et χ sont respectivement le rapport des côtés de la section rectangulaire du coude à persiennes et l'angle du coude à persiennes (voir annexe 4, fig. 3).

La figure 12 représente en fonction de $\frac{D_2}{D_4}$ la courbe de variation de:

$\frac{D_2}{D_4}$ étant le rapport des diamètres des sections S_2 et S_4 .

La figure 13 présente la courbe de variation de

pour diverses valeurs de χ .
Ce qui permet donc d'obtenir la valeur κ à utiliser.

ANHANG 3

Berechnung des Korrekturfaktors κ für die Meßstrecke

Der Korrekturfaktor κ wird nach folgender Formel berechnet:

$$\kappa = \left(0,11 + 0,15 \sqrt{1 - \frac{S_2}{S_4} + \frac{S_2^2}{S_4^2}} \right) \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^2 + \frac{\chi}{2\pi} \left(\frac{A}{B} \right)^{\frac{1}{6}}$$

mit

S_1, S_2, S_3, S_4 den verschiedenen auf Bild 1 gezeigten Querschnitten der Meßstrecke.

$\frac{A}{B}$ und χ stellen das Seitenverhältnis des rechteckigen Querschnitts des Krümmers mit den Leitblechen bzw. den Krümmerwinkel dar (siehe Anhang 4, Bild 3).

Bild 12 gibt in Abhängigkeit von $\frac{D_2}{D_4}$ die Werte von

$$\left(0,11 + 0,15 \sqrt{1 - \frac{S_2}{S_4} + \left(\frac{S_2}{S_4} \right)^2} \right)$$

$\frac{D_2}{D_4}$ ist das Durchmesser Verhältnis der Querschnitte S_2 und S_4 .

Bild 13 stellt die Werte von

$$\frac{\chi}{2\pi} \left(\frac{A}{B} \right)^{\frac{1}{6}}$$

in Abhängigkeit von χ dar.
Auf diese Weise kann man also den zu verwendenden Wert κ finden.

APPENDIX 3

Calculation of the correction coefficient κ of the test device

The correction coefficient κ is calculated with the formula:

with

S_1, S_2, S_3, S_4 are the various sections of the test circuit indicated in Fig. 1.

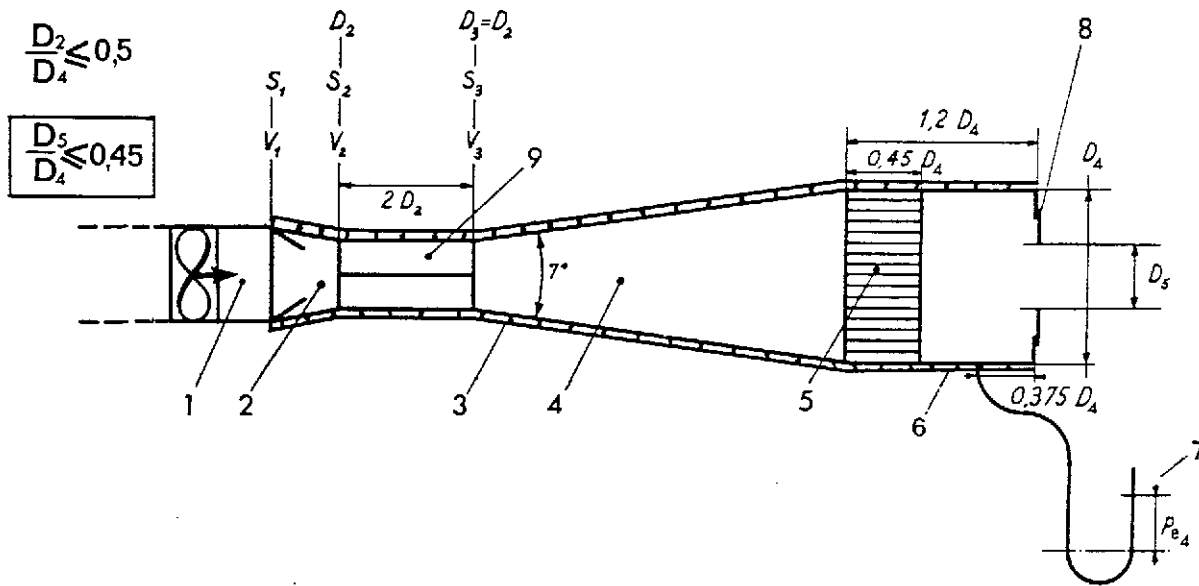
$\frac{A}{B}$ and χ are respectively the ratio of the rectangular section sides of the bend with guide vanes and the bend angle (see Appendix 4, Fig. 3).

Fig. 12 represents in function of $\frac{D_2}{D_4}$ the variation curve of:

$\frac{D_2}{D_4}$ being the ratio of section diameters S_2 and S_4 .

Figure 13 represents the variation curve of

for various values of χ which therefore permits one to obtain the value of κ to be utilized.



- | | | |
|--|--|--|
| 1 Générateur | 1 Warmluftzeuger | 1 Generator |
| 2 Raccordement | 2 Anschluß | 2 Connecting piece |
| 3 Isolant thermique | 3 Wärmedämmung | 3 Thermal insulation |
| 4 Divergent 7° | 4 Diffusor 7° | 4 Conical expander 7° |
| 5 Dispositif régularisateur | 5 Ausgleichsvorrichtung | 5 Air flow equalizer |
| 6 Section de mesure | 6 Meßquerschnitt | 6 Measuring section |
| 7 Dénivellation correspondant à p_{e4} | 7 Höhenunterschied entsprechend p_{e4} | 7 Variation in level corresponding to p_{e4} |
| 8 Diaphragme | 8 Meßblende | 8 Orifice plate |
| 9 Croisillon | 9 Kreuzblechgleichrichter | 9 Cross-piece straightener |

Fig. 1 Schéma de l'installation d'essai dans la méthode du caisson réduit
Bild 1 Schema der Meßstrecke nach der Methode des caissona réduit
Fig. 1 Diagram of the test installation for the reduced chamber method

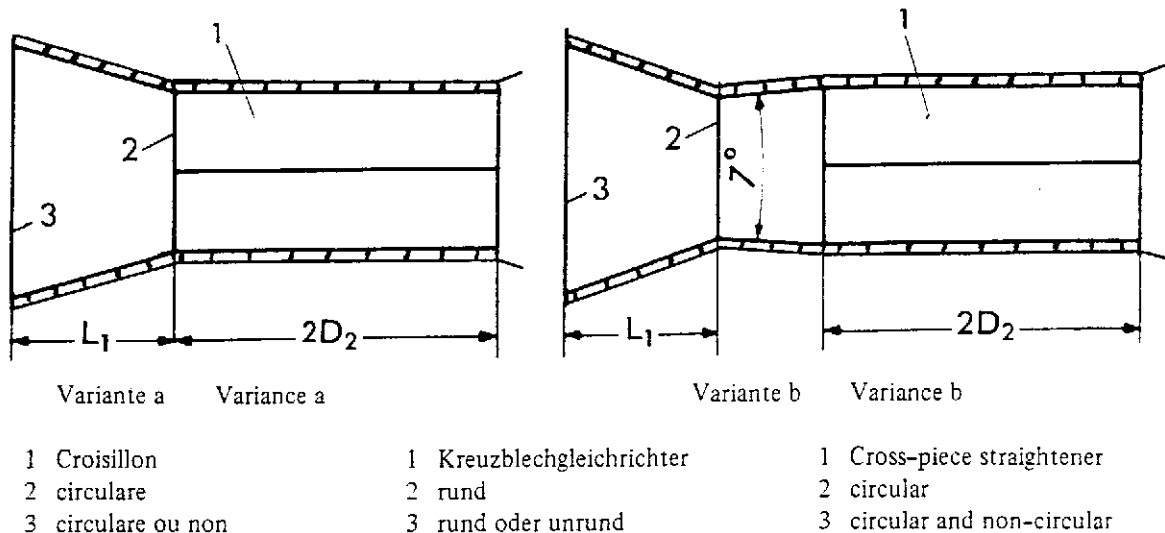


Fig. 2 Raccordement sans intercalage de coudes dans le cas où l'orifice de sortie est coaxial au caisson
Bild 2 Anschluß ohne zwischengeschaltete Krümmer, wenn die Austrittsöffnung koaxial zur Kammer liegt
Fig. 2 Connection without insert of bends in the case where the discharge outlet is coaxial to the chamber

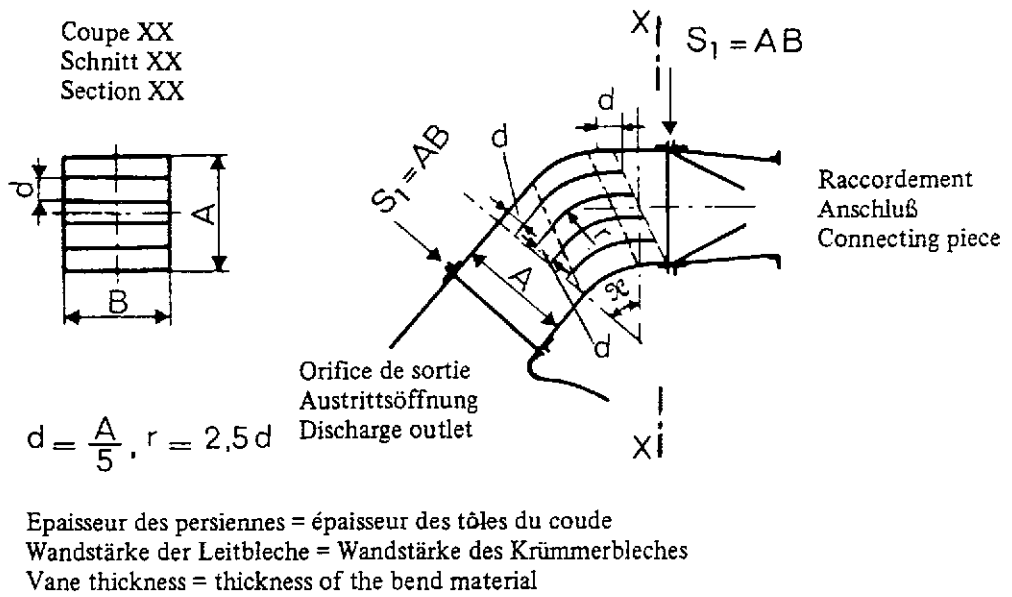


Fig. 3 Raccordement avec un coude intermédiaire dans le cas où l'orifice de sortie n'est pas coaxial au caisson
Bild 3 Anschluß mit Zwischenkrümmer, wenn die Austrittsöffnung nicht coaxial zur Kammer liegt
Fig. 3 Connection with intermediate bend in the case where the discharge outlet is not coaxial to the chamber

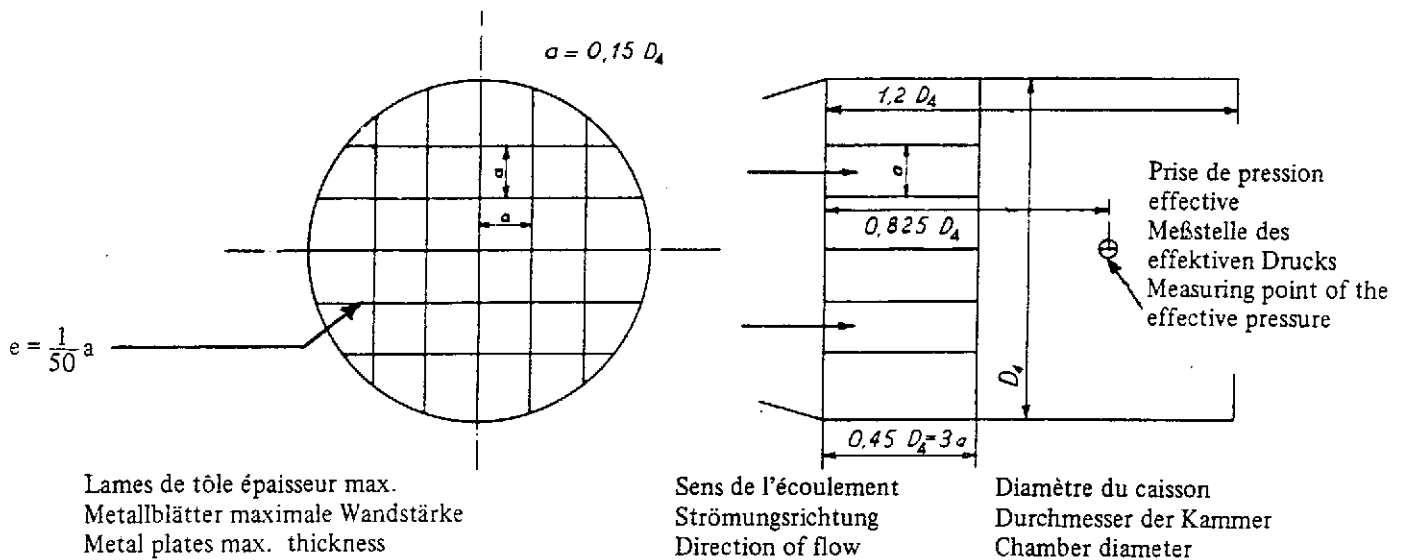


Fig. 4 Redresseur
Bild 4 Gleichrichter
Fig. 4 Straightener

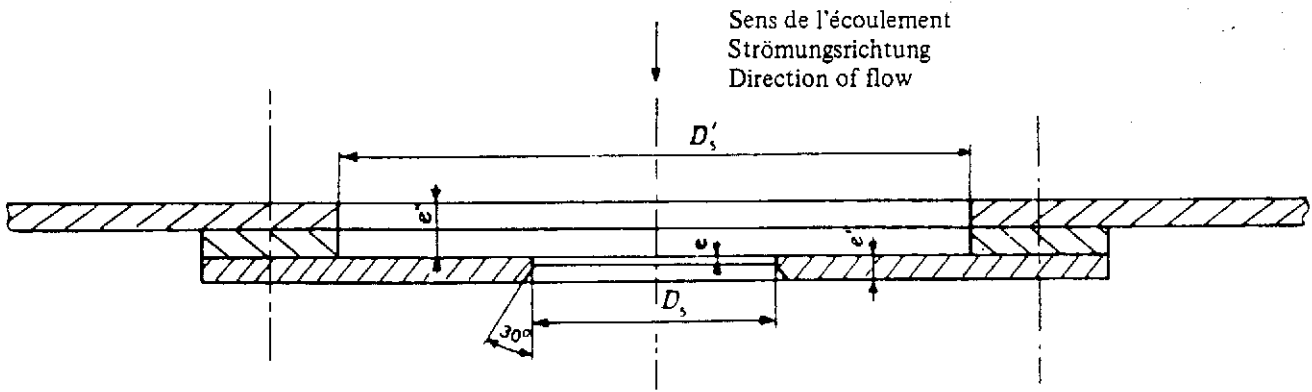


Fig. 5 Disposition du diaphragme
 Bild 5 Anordnung der Blende
 Fig. 5 Disposition of the orifice plate

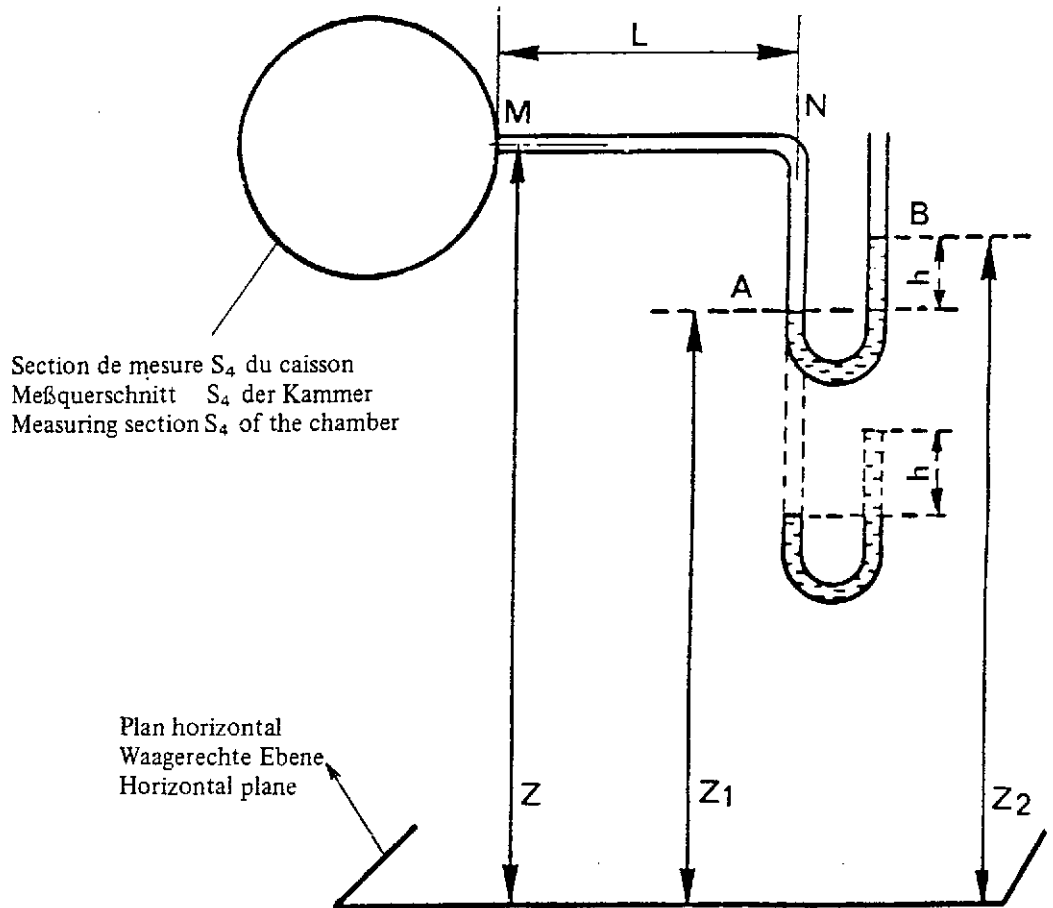
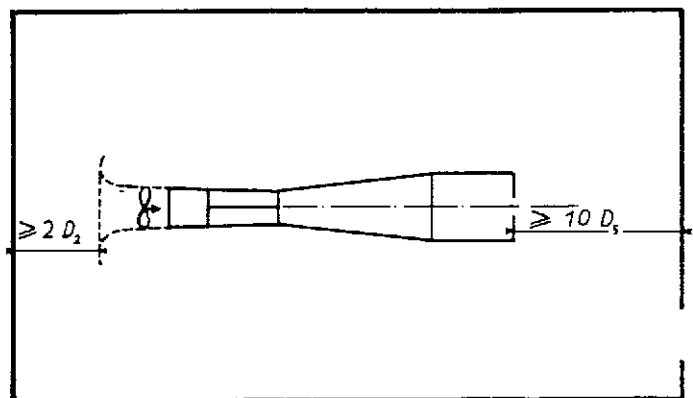


Fig. 6 Disposition des prises de pression effective dans le caisson
 Bild 6 Anordnung der Meßstellen für den effektiven Druck in der Kammer
 Fig. 6 Disposition of the measuring points for the effective pressure in the chamber

Fig. 7 Vue en plan du local d'essai
 Bild 7 Grundriß des Versuchsraumes
 Fig. 7 Plan view of the test room



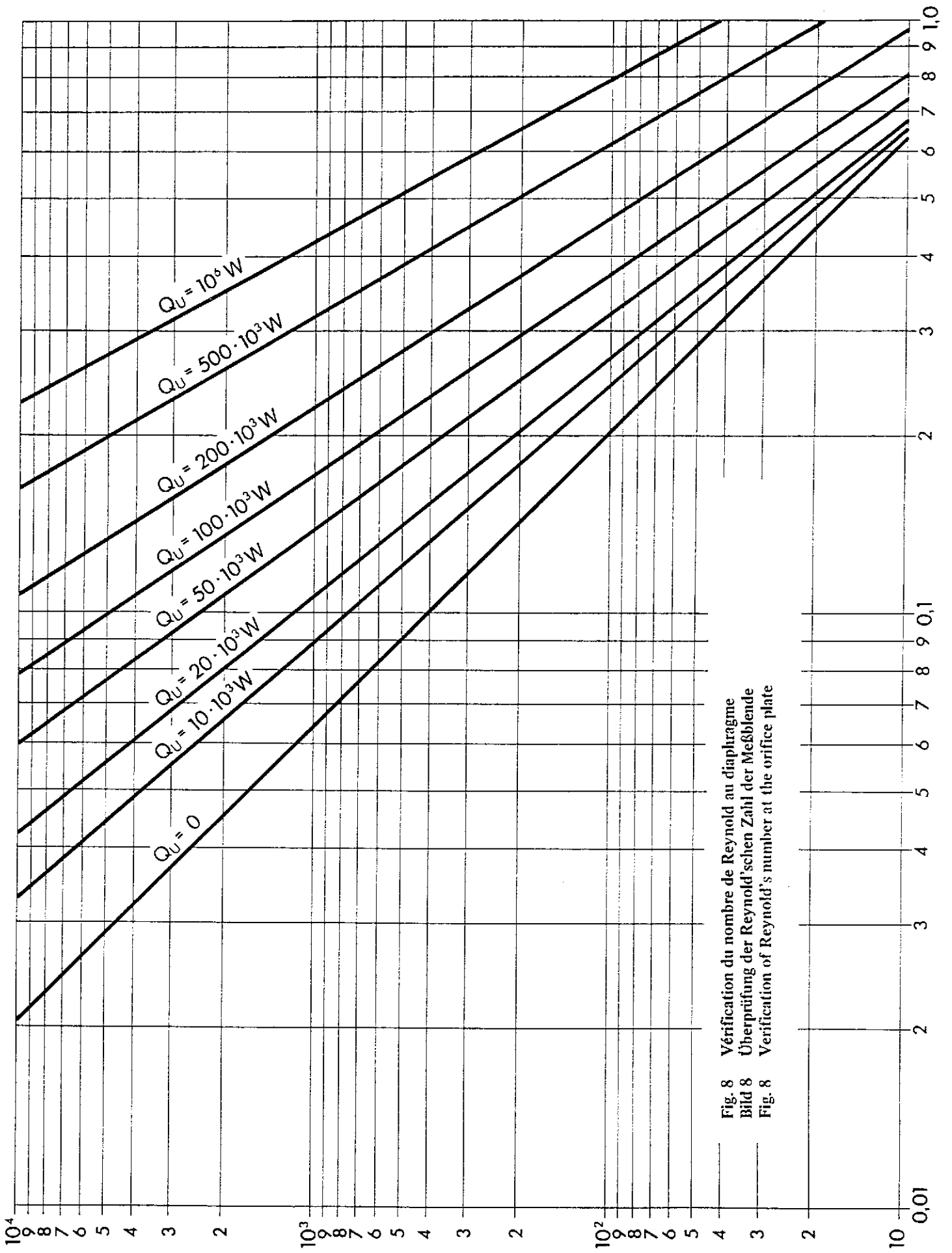


Fig. 8 Vérification du nombre de Reynold au diaphragme
 Bild 8 Überprüfung der Reynold'schen Zahl der Meßblende
 Fig. 8 Verification of Reynold's number at the orifice plate

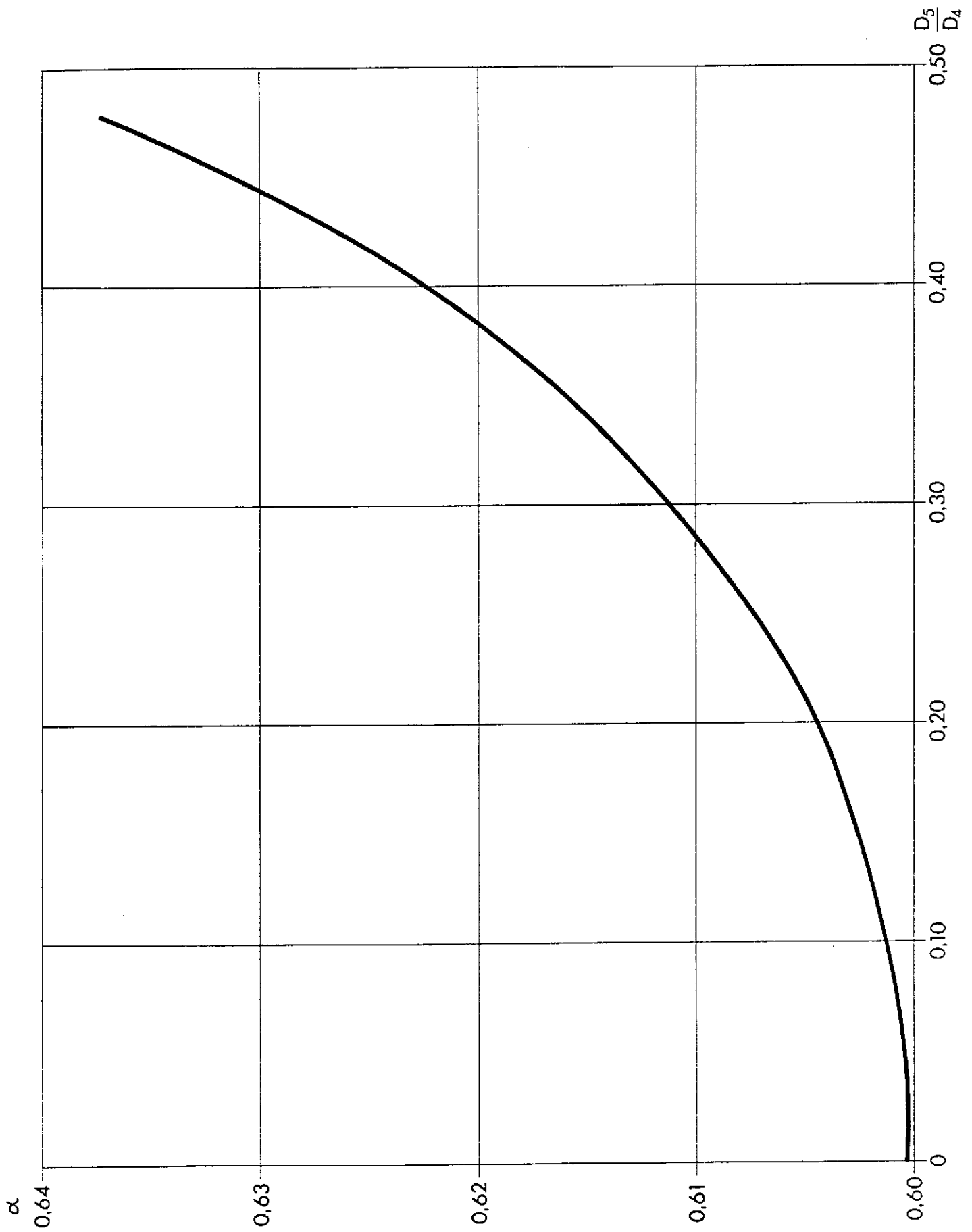


Fig. 9 Variation de α en fonction de $\frac{D_5}{D_4}$
 Bild 9 Veränderung von α in Abhängigkeit von $\frac{D_5}{D_4}$
 Fig. 9 Variation of α in function of $\frac{D_5}{D_4}$

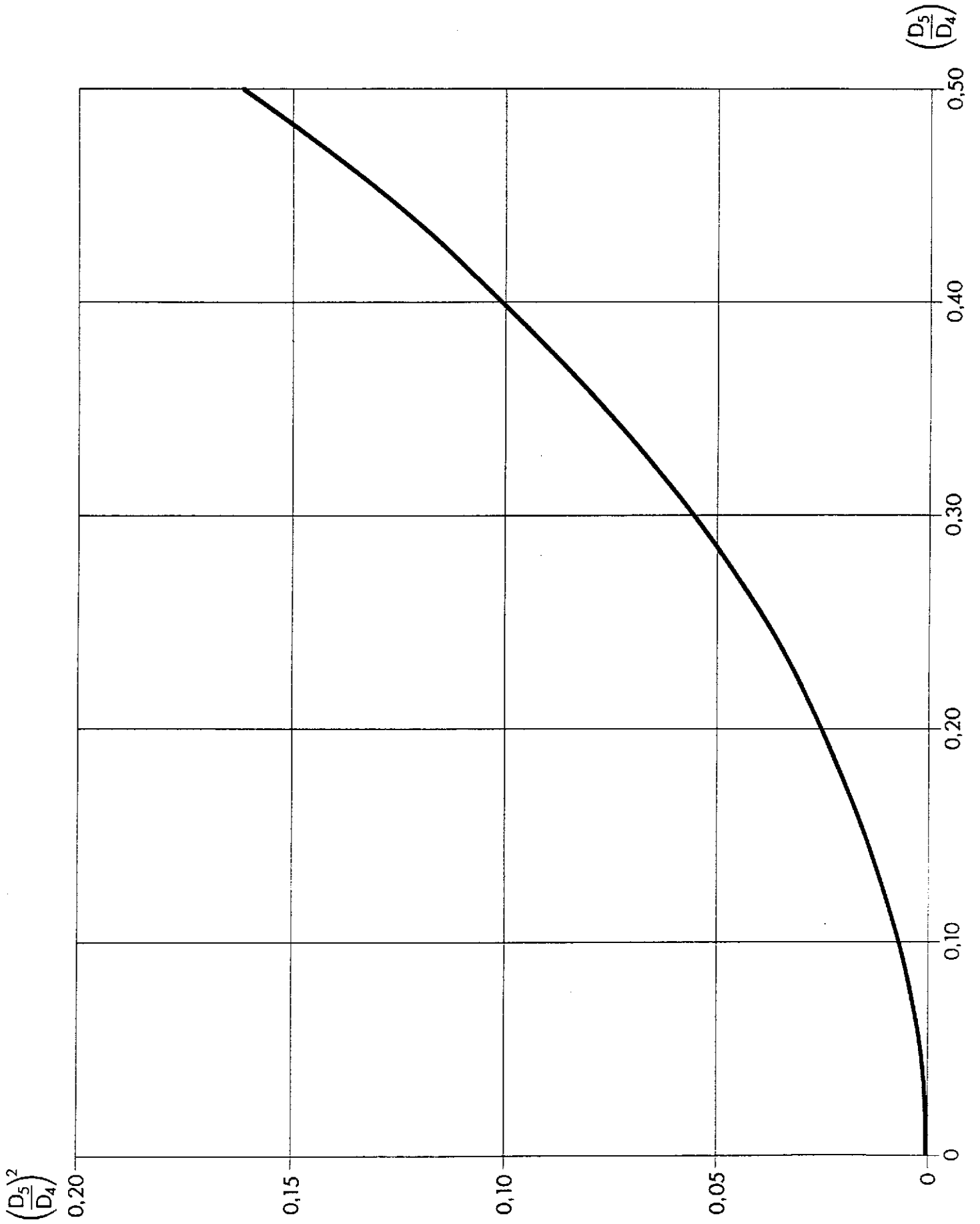


Fig. 10 Variation de $\left(\frac{D_5}{D_4}\right)^2$ en fonction de $\frac{D_5}{D_4}$
 Bild 10 $\left(\frac{D_5}{D_4}\right)^2$ in Abhängigkeit von $\frac{D_5}{D_4}$
 Fig. 10 Variation of $\left(\frac{D_5}{D_4}\right)^2$ as a function of $\frac{D_5}{D_4}$

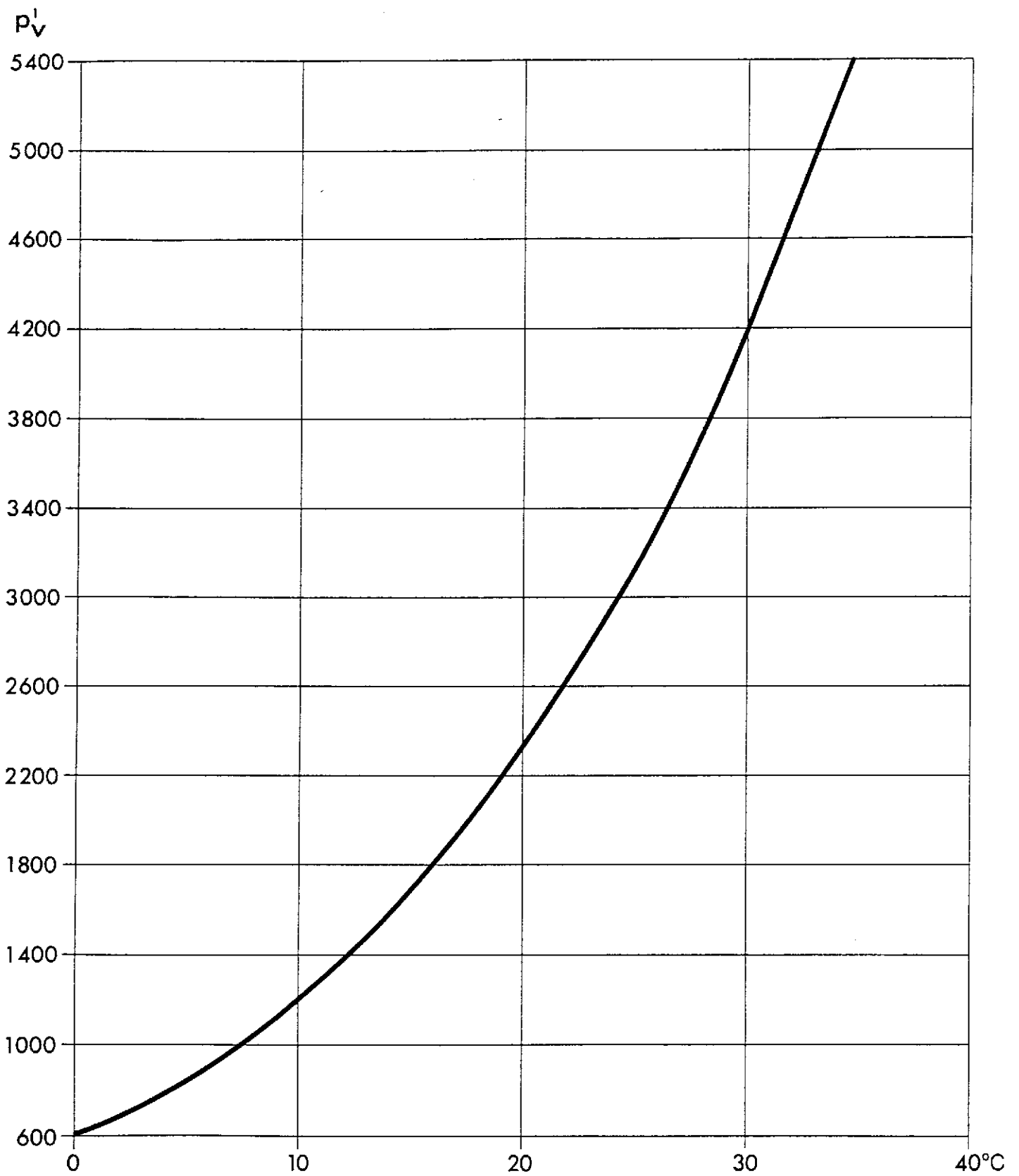


Fig. 11 P'_v - Pression de la vapeur d'eau à la saturation (N/m^2)
 Bild 11 P'_v - Sättigungsdruck des Wasserdampfes (N/m^2)
 Fig. 11 P'_v - Saturation water vapour pressure (N/m^2)

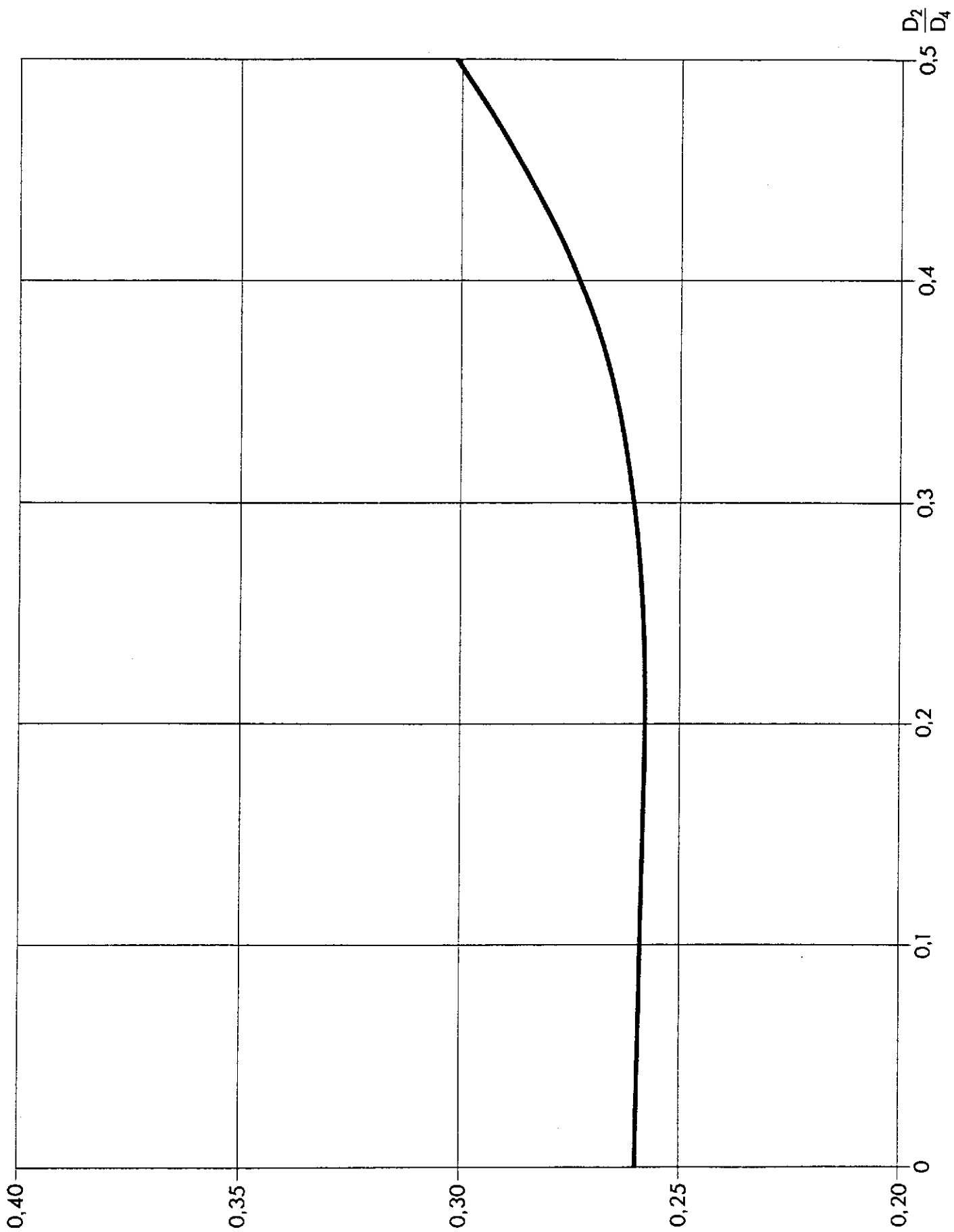


Fig. 12 Variation de $\left[0,11 + 0,15 \sqrt{1 - \frac{S_2}{S_4}} + \left(\frac{S_2}{S_4} \right)^2 \right]$ en fonction de $\frac{D_2}{D_4}$
 Bild 12 Veränderung von $\left[0,11 + 0,15 \sqrt{1 - \frac{S_2}{S_4}} + \left(\frac{S_2}{S_4} \right)^2 \right]$ in Abhängigkeit von $\frac{D_2}{D_4}$
 Fig. 12 Variation of $\left[0,11 + 0,15 \sqrt{1 - \frac{S_2}{S_4}} + \left(\frac{S_2}{S_4} \right)^2 \right]$ as a function of $\frac{D_2}{D_4}$

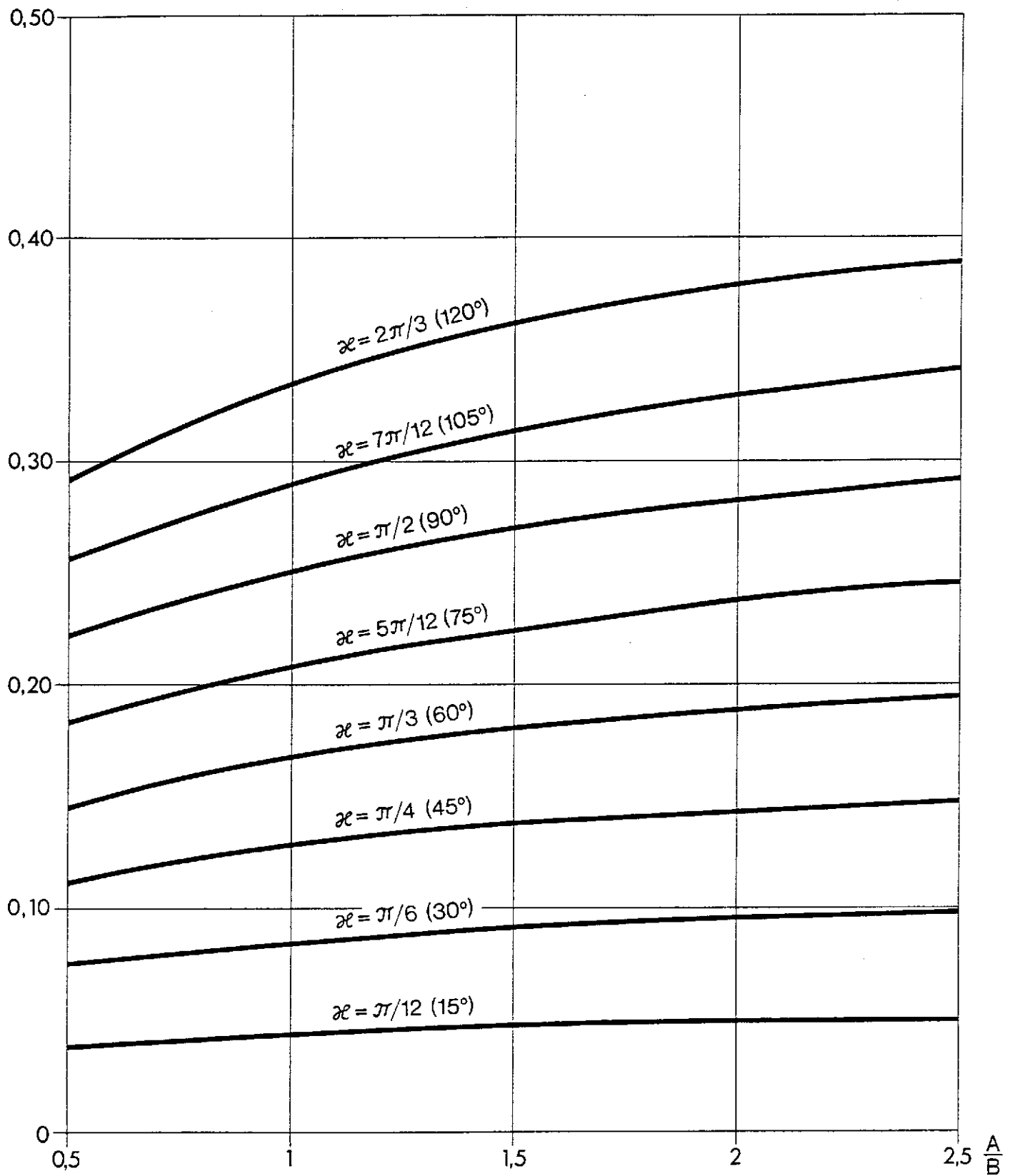


Fig. 13 Variation de $\frac{x}{\pi} \left(\frac{A}{B}\right)^{\frac{1}{6}}$ en fonction de $\frac{A}{B}$
 Bild 13 Veränderung von $\frac{x}{\pi} \left(\frac{A}{B}\right)^{\frac{1}{6}}$ in Abhängigkeit von $\frac{A}{B}$
 Fig. 13 Variation of $\frac{x}{\pi} \left(\frac{A}{B}\right)^{\frac{1}{6}}$ as a function of $\frac{A}{B}$

EUROPEAN COMMITTEE OF AIR HANDLING AND AIR CONDITIONING EQUIPMENT MANUFACTURERS
 COMITE EUROPEEN DES CONSTRUCTEURS DE MATERIEL AERAUQUE
 EUROPÄISCHES KOMITEE DER HERSTELLER VON LUFTTECHNISCHEN UND TROCKUNGSANLAGEN

- | | | |
|-----------|--|--|
| A | FMSO Postfach 430 1045 VIENNA 4 AUSTRIA | Tel. 43 2/ 22 650 53440 Fax 43 2/ 22 505 1020 |
| B | FABRIMETAL 21 Rue des Drapiers B-1050 BRUXELLES BELGIUM | 32 2/ 510 2311 32 2/ 510 2301 |
| CH | VSHL Postfach 73 CH-8024 ZURICH SWITZERLAND | 41 11/ 251 9569 41 11/ 252 9231 |
| D | VDMA Postfach 71.08.64 D-6000 FRANKFURT /M 71 GERMANY | 49 69/ 66 03 227 49 69/ 66 03 511 |
| DK | FAV Norre Voldgade 34 DK-1787 COPENHAGEN DENMARK | 45 / 3377 3377 45 / 3377 3410 |
| E | AFEC Francisco Silvela 69-1° 28028 MADRID SPAIN | 34 1/ 402 73 83 34 1/ 402 76 38 |
| SF | AFMAHE Eteläranta 10 SF-00130 HELSINKI FINLAND | 358 0/ 192 3377 358 0/ 624 462 |
| F | SYNDICAT DE L'AERAUQUE Cédex 72 92308 PARIS LA DEFENSE FRANCE | 33 1/ 47 17 6292 33 1/ 47 17 6427 |
| GB | HEVAC Sterling House 6, Furlong Road, Bourne End BUCKS SL8 5DG UNITED KINGDOM | 44/ 628 531 186/7 44/ 628 810 423 |

| | | |
|-----------|--|---------------------------------------|
| <i>I</i> | <i>ANIMA</i> Via Battistotti Sassi 11 20133 MILAN ITALY | Tel. 39 2/7397 1 Fax 39 2/7397 316 |
| <i>N</i> | <i>NVEF</i> Kongengt. 4 Postboks 850 Sentrum N-0104 OSLO 1 NORWAY | 47 22/ 25 1710 47 22/ 25 0242 |
| <i>NL</i> | <i>VLA</i> Postbus 190 NL-2700 AD ZOETERMEER NETHERLANDS | 31 79/ 531 100 31 79/ 531 365 |
| <i>S</i> | <i>SWEDISH ASSOCIATION OF AIR HANDLING INDUSTRIES</i> Box 17537 S-118 91 STOCKHOLM SWEDEN | 46 8/ 616 0400 46 8/ 668 1180 |
| <i>P</i> | <i>APIRAC</i> Rua do Alecrim, 53-2º 1200 LISBON PORTUGAL | 351/ 1 347 4574 351/ 1 347 4576 |